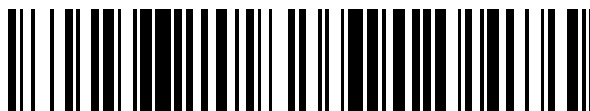


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 401**

51 Int. Cl.:

F03G 7/06 (2006.01)

B29C 33/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.05.2014 PCT/FI2014/050321**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.11.2014 WO14181034**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.05.2014 E 14728596 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.03.2018 EP 2994638**

54 Título: **Superficie con cambio de forma reprogramable, método y aparato**

30 Prioridad:

07.05.2013 FI 20135476
07.05.2013 US 201313888403

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.05.2018

73 Titular/es:

ALLEN, SHANE (100.0%)
Kaislakatu 10 E 41
80130 Joensuu, FI

72 Inventor/es:

ALLEN, SHANE

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 666 401 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

Superficie con cambio de forma reprogramable, método y aparato

Campo de la invención

5 La invención se refiere a estructuras de cambio de forma programable. En particular, la invención se refiere a un nuevo tipo de estructura que se puede obtener por medio de la utilización, por ejemplo, de aleaciones con memoria de forma (SMA, shape memory alloys, por sus siglas en inglés). La invención presenta un nuevo tipo de lámina o película de cambio de forma, un método para dar forma a una superficie y diferentes usos de la lámina.

Antecedentes de la invención

10 Las aleaciones con memoria de forma (SMAs) se han utilizado en muchas aplicaciones para la deformación de objetos con propósitos particulares. Por ejemplo, el documento de patente de EE.UU. n° 2001/021290 describe un actuador de aleación con memoria de forma omnidireccional de tipo flector para la flexión omnidireccional de estructuras de tipo cable o de tubos de capilaridad cuando se conectan a elementos de accionamiento. El actuador se puede utilizar para deformar fibras ópticas, por ejemplo.

15 La solicitud internacional de patente WO 94/19051 describe una película de SMA distribuida espacialmente, que se puede utilizar alrededor de un catéter, por ejemplo, en combinación con un circuito integrado a escala muy grande al objeto de obtener una estructura flexible. Al igual que con el analizado con anterioridad, este diseño también es adecuado para dar forma (flexionar) a estructuras tubulares.

20 El documento de patente de EE.UU. n° 2011/041641 describe una superficie robótica deformable que tiene una pluralidad de puntos de control, una pluralidad de conectores rígidos que se extienden entre los puntos de control, y una cubierta que se extiende sobre la pluralidad de puntos de control. Los puntos de control se pueden desplazar entre sí. El desplazamiento relativo de los puntos de control da lugar a un desplazamiento correspondiente de la cubierta y a un desplazamiento correspondiente de los conectores de los puntos de control. El documento describe además la utilización de materiales deformables en sustitución de los conectores rígidos entre los puntos de control. No obstante, incluso con dicha modificación, el desplazamiento hacia arriba y hacia abajo de la superficie se obtiene utilizando unos tubos extensibles por debajo de la red de conexión y puntos de control grandes. Una estructura de este tipo puede potencialmente generar formas versátiles de superficies posibles, pero da lugar a una estructura gruesa y compleja.

25 El documento de patente de EE.UU. n° 8.057.206 describe una superficie de herramienta reconfigurable que se basa en un principio similar, con una pluralidad de actuadores por debajo de una cubierta de rigidez variable. La superficie, cuando adquiere una nueva forma por medio de la utilización de las columnas actuadoras en un estado suave, se puede utilizar para facilitar un proceso de moldeo de resina en aplicaciones de creación de prototipos, por ejemplo. Al igual que en el documento de patente de EE.UU. n° 2011/041641, los actuadores son mecánicos y tienen un rango de trabajo mecánico muy limitado, lo que da lugar a una estructura compleja con restricciones muy severas en cuanto a las formas posibles de la superficie conformada.

30 El documento de patente de EE.UU. n° 6.474.065 adopta otro enfoque. Describe un actuador termoeléctrico multiunión que utiliza una pluralidad de elementos Peltier en conexión con unas tiras alternas de materiales de diferente conducción eléctrica en una configuración en cuadrícula, de tal manera que se conforma una lámina. La lámina es deformable como un todo hacia un lado o hacia otro de la misma por medio de la aplicación de energía eléctrica a través de la lámina, ya que una de las superficies se calienta y la otra se enfría. Una estructura de este tipo está muy limitada en lo que respecta a las formas potenciales de la superficie deformada.

35 El documento de patente de EE.UU. n° 6.133.547, por otro lado, describe una lámina unitaria de aleación con memoria de forma y un sistema de activación distribuida que comprende una cuadrícula de elementos de calentamiento para el calentamiento local de la lámina de SMA. Una estructura de este tipo tiene también una libertad de desplazamiento fuera del plano relativamente limitada y se ve afectada por la aparición de pliegues si flexiona hacia dos direcciones ortogonales en una posición.

40 El documento de patente de EE.UU. n° 2010007240 describe unos meta-materiales mecánicos, en el que el meta-material incluye una estructura deformable y un conjunto de elementos de activación. Los elementos de activación son controlables entre múltiples estados, correspondiendo un primer valor para una propiedad mecánica cuando los elementos de activación están en un primer estado de activación y un segundo valor para cuando están en un segundo estado de activación.

45 En resumen, las estructuras de cambio de forma analizadas con anterioridad están diseñadas específicamente para la flexión de estructuras tubulares o, si son capaces de conformar estructuras no tubulares con una topología deseada, son muy complejas y/o están limitadas en cuanto a la forma de la superficie. Por lo tanto, no son muy adecuadas para todas las aplicaciones, incluidas la construcción de prototipos y la fabricación, por ejemplo.

En la actualidad, el método que está creciendo más en cuanto a la construcción de prototipos es la impresión 3D. Esta es una tecnología que utiliza un cabezal móvil, el cual realiza la extrusión de plástico fundido sobre una lámina, en capas. Estas capas se acumulan lentamente después de muchos miles de pasadas, desde la parte inferior hasta la superior, al objeto de crear un producto/prototipo final. Esta tecnología de impresión 3D tiene muchas ventajas. Es barata en cuanto a su uso y adquisición. Una impresora 3D puede imprimir cualquier objeto que usted diseñe y además hace posible a un ingeniero o diseñador la capacidad de fabricar su producto prototipo en casa, lo que mejora drásticamente el lanzamiento final del producto por medio de la reducción del tiempo que se requiere para pasar del fabricante a ellos, eliminando el intermediario. Pueden imprimir de forma sencilla el producto, tenerlo en sus manos, decidir sobre los cambios, o si el producto es bueno, proceder a continuación a la obtención de un molde real que producirá el producto vendible.

A pesar de que la impresión 3D tiene muchas ventajas, también tiene algunos inconvenientes que son inherentes a su diseño. El principal es que se tarda mucho tiempo en imprimir. Algo tan pequeño como un ratón de ordenador puede llevar muchas horas para la obtención de una calidad de impresión decente. Para algo tan grande como el parachoques de un coche, se puede tardar muchos días, hasta incluso una semana. Dado que una impresora 3D depende de unos motores paso a paso (para el desplazamiento en X, Y y Z) y del enfriamiento del plástico fundido antes de que se pueda imprimir, presenta un gran impedimento que hará que sea casi imposible realizarla más rápidamente en un futuro. Dicho de otro modo, la impresión 3D será probablemente siempre un proceso lento.

Otro inconveniente de la impresión 3D es que no es adecuada para un producto final. Incluso aunque se realice más rápidamente, no se puede comparar en cuanto a velocidad con una máquina de moldeo por inyección, la cual puede producir piezas hechas de plástico en segundos. El moldeo por inyección es el principal método de fabricación de piezas de plástico en la actualidad. Utiliza dos o más piezas de metal que tienen una imagen precisa hecha por CNC (computer numerical control, por sus siglas en inglés, control numérico por ordenador) tallada en ellas. Estas piezas de metal se juntan entre sí y a continuación se introduce plástico fundido en el interior de un molde conformado por ellas. Una vez lleno de plástico, el molde se abre y se obtiene el nuevo objeto de plástico.

Aunque la máquina de moldeo por inyección es súper rápida y precisa, también tiene inconvenientes importantes. La principal desventaja es que es muy costoso. Tener un molde pequeño puede costar unos pocos miles de euros o más. Tener un molde de un parachoques de coche puede costar más de un millón de euros. Estos moldes tampoco se pueden utilizar para nada más aparte del propósito para el que fueron hechos. Además, tener uno de estos moldes hechos para un producto puede llevar varias semanas, o incluso meses. Asimismo, si el molde no es correcto, todo el molde necesita ser hecho de nuevo, lo que requiere aún más dinero y tiempo.

Por tanto, existe la necesidad de unas nuevas estructuras de cambio de forma para las aplicaciones de creación de prototipos y de fabricación, por ejemplo, al objeto de conformar una parte de molde que tenga una forma que se pueda modificar de manera sencilla.

También existe la necesidad de unas estructuras superficiales que tengan una forma que se pueda modificar más flexiblemente, al objeto de ser utilizadas en muchas otras aplicaciones además de en la creación de prototipos. Existe la necesidad particular de una estructura de cambio de forma delgada.

Compendio de la invención

Es un objetivo de la invención la provisión de una nueva estructura de cambio de forma que resuelva al menos parte de los problemas mencionados con anterioridad.

Un objetivo particular es la provisión de una superficie con forma de lámina que se pueda conformar flexiblemente a topologías predefinidas utilizando control electrónico.

Un objetivo adicional es la provisión de una máquina de moldeo por inyección que se pueda reprogramar fácilmente para producir formas de objetos diferentes.

Un objetivo de la invención es la obtención de un método para producir una superficie con una topología deseada.

La invención se basa en la provisión de una lámina programable, la cual puede cambiar su topología, es decir, se puede conformar según una forma de superficie deseada, con la ayuda de una pluralidad de elementos musculares dispuestos en un conjunto. Cada uno de los elementos musculares está conectado a al menos otro elemento muscular de manera que entre sí conforman una cuadrícula bidimensional, normalmente plana al principio, que define una superficie, la cual, tras la conformación de los elementos individuales por medio de estimulación eléctrica, adopta la forma deseada. Los elementos musculares tienen preferiblemente una estructura en sándwich en la que una capa de cableado, tal como una placa de circuito impreso flexible, está situada entre dos capas de material con memoria de forma (SMM, shape memory material, por sus siglas en inglés) que proporcionan la capacidad de auto-conformación al material muscular. Las señales de estimulación eléctrica se pueden suministrar de manera individual a los elementos musculares a través de la capa de cableado al objeto de ajustar la forma de cada elemento de manera precisa.

Más en concreto, la invención se caracteriza por lo que está especificado en las reivindicaciones independientes.

5 La lámina se puede recubrir con una película de elastómero, la cual encapsula el conjunto de elementos musculares que son programables para la adopción de ciertas formas. Para ilustrar cómo se podría utilizar la lámina, en primer lugar, un usuario puede generar un modelo 3D de un objeto e importarlo a un programa de ordenador de control de la lámina. El programa es capaz de recibir las dimensiones externas del modelo 3D y de proporcionar unas señales de control para la lámina. A continuación, cada uno de los elementos musculares de la lámina flexiona de acuerdo a las señales de control dirigidas a ese elemento. Una vez que se han programado todos los elementos, toda la lámina se ha conformado según la forma deseada. En una aplicación de moldeo por inyección, el proceso puede continuar con la inyección de plástico en el interior de un molde que está parcialmente formado por la lámina conformada, como en un moldeador por inyección estándar, y se fabrica así un objeto de plástico correspondiente al modelo 3D.

10 Los elementos musculares de la lámina son como píxeles en una pantalla digital. Todo elemento muscular (píxel) tiene su propia capacidad para cambiar de forma (color) en función del modelo digital 3D (imagen digital) que debe reproducir.

15 La invención tiene considerables ventajas. En primer lugar, la lámina es completamente programable en cuanto a su forma, es decir, es capaz de conformarse según cualquier forma programada. La lámina puede tener un gran desplazamiento fuera del plano y, por lo tanto, adopta diferentes formas debido a su estructura de elementos. La estructura en sándwich, con dos capas de material muscular en cada elemento, refuerza la estructura y la capa de circuito de actuación permanece bien protegida entre las capas de material muscular. La estructura es además simétrica en la dirección del grosor.

20 La lámina puede tener diferente curvatura en diferentes posiciones de control individual de los elementos musculares.

25 La estructura descrita proporciona una elevada precisión y una vida útil muy larga, incluso millones de formas precisas repetibles, siempre que se utilice una aleación con memoria de forma como material muscular. Esto se debe a que los otros materiales no quedan sujetos a tensiones elevadas, sino que sólo siguen la forma del material muscular.

La lámina se puede fabricar muy delgada, con un grosor de menos de 1 mm siendo completamente realista. La estructura de elementos hace posible generar conjuntos de tiras de elementos musculares, que proporcionan un elevado grado de libertad de desplazamientos y que evitan los problemas de aparición de pliegues.

30 Las aleaciones con memoria de forma permiten obtener una precisión de conformación de hasta nano-escala para los elementos musculares individuales. Esto da lugar a una conformación extremadamente precisa de la forma del conjunto de la lámina.

35 Por ejemplo, aplicada en el moldeo por inyección, la presente lámina de cambio de forma se puede utilizar para definir parte del molde, el cual se puede reprogramar posteriormente de forma sencilla, en solo unos segundos, según la forma deseada. Después de adoptar la forma programada, moldea plástico inyectado según esa forma, y en segundos obtiene un objeto de plástico. El siguiente objeto puede ser de la misma forma, ligeramente diferente o de forma completamente diferente. Hay un potencial enorme para la creación de prototipos, y muy posiblemente para la fabricación con esta técnica. Este método es rápido, flexible y económico. La lámina se puede hacer lisa y rígida, de tal manera que la calidad de los objetos resultantes sea parecida, o la misma, que la obtenida en el moldeo por inyección convencional con moldes prefabricados.

40 Las realizaciones de la invención elegidas son el objeto de las reivindicaciones dependientes.

45 Según un primer aspecto de la invención, se proporciona una superficie de cambio de forma reprogramable, que comprende una pluralidad de elementos musculares dispuestos en conjuntos bidimensionales capaces de cambiar de forma tras una estimulación eléctrica, estando los elementos dispuestos en un conjunto al objeto de definir la superficie, en el que cada uno de dichos elementos musculares incluye dos capas de material muscular capaces de cambiar de forma tras una estimulación eléctrica y una capa de cableado flexible intercalada entre las capas de material muscular y conectada eléctricamente a dichas capas de material muscular para el suministro de unas señales de estimulación eléctrica a las capas de material muscular para cambiar la forma de los elementos musculares y también la topología de la superficie, unas almohadillas de contacto eléctrico en ambos extremos y en ambos lados de la capa de cableado flexible, y una pluralidad de clips alargados que se extienden perpendicularmente a una dirección de flexión de las capas de material muscular, estando dichos clips alargados adaptados para soportar la estructura en sándwich de los elementos musculares al mantener unidas entre sí las capas de material muscular y la capa de cableado flexible.

50 Según un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona una máquina de moldeo por inyección programable, que comprende una cavidad de molde, unos medios para la inyección de material moldeable en la cavidad de molde para la conformación de un objeto cuya forma se corresponde con la forma interna de la cavidad

de molde, en la que al menos parte de la cavidad de molde está definida por una superficie de cambio de forma reprogramable según el primer aspecto.

5 El término “superficie” (de la lámina) se utiliza en la presente memoria para describir una superficie de malla formada por las caras de los elementos individuales y los segmentos que se extienden conectando las caras adyacentes de los elementos entre sí. Dicho de otro modo, no se tienen en cuenta las posibles ranuras o huecos entre los elementos musculares o entre las capas de material muscular. La lámina puede incluso contener aberturas entre los elementos, aunque en un producto acabado, éstas se cubren normalmente por medio de una capa superficial, tal y como se describirá con mayor detalle más adelante.

10 Según una realización preferida, la superficie definida por los elementos es esencialmente una superficie plana cuando los elementos están en un estado sin estimulación, es decir, en su estado inicial. En un estado estimulado, la superficie se puede curvar hacia uno u otro lado de la lámina, o localmente hacia ambos lados.

En una realización preferida, la lámina resultante es autoportante, es decir, no necesita estructuras de soporte mecánico externo al objeto de mantener su forma programada.

15 Según una realización preferida, las capas de material muscular comprenden capas de material con memoria de forma (SMM), tales como capas de aleación con memoria de forma (SMA). Los materiales de SMA comunes incluyen cobre-aluminio-níquel y níquel-titanio (NiTi). El material puede presentar efecto de memoria en una dirección o efecto de memoria en dos direcciones.

20 La actuación del cambio de forma de las capas de material muscular puede tener lugar a través de calentamiento por efecto Joule (calentamiento resistivo) por medio de la utilización de unas señales de estimulación eléctrica tales como pulsos de corriente a través de los circuitos dispuestos entre las capas, con lo que no se necesita ningún componente adicional. No obstante, se pueden disponer unos componentes de calentamiento o enfriamiento que se accionan por medio de las señales de estimulación eléctrica y que proporcionan la temperatura deseada al material con memoria.

25 Según una realización, los conductores de la capa de circuito son capaces de proporcionar las señales eléctricas de forma individual para dicha pluralidad de elementos musculares. Es decir, cada elemento puede tener una temperatura diferente y, en consecuencia, una forma diferente. Las capas de material muscular de los lados diferentes de la capa de circuito están provistas, sin embargo y preferiblemente, de la misma señal de estimulación y están ensambladas de tal manera que el cambio de forma tiene lugar en la misma dirección y de la misma manera. Por lo tanto, cada elemento está “impulsado” por dos “músculos” que cooperan.

30 Los conductores eléctricos pueden estar dispuestos al objeto de hacer posible la demultiplexación de señales individuales, preferiblemente de anchura de pulso variable, para dichos elementos musculares al objeto de programar la lámina. La demultiplexación es beneficiosa ya que reduce el cableado requerido al mínimo, a la vez que sigue haciendo posible la programación rápida de la lámina.

35 Según una realización, el conjunto bidimensional de elementos musculares está conformado por medio de tiras de elementos musculares colocadas una al lado de la otra. Cada tira comprende una pluralidad de elementos musculares conectados sucesivamente en una primera dirección, la cual coincide preferiblemente con uno de los ejes principales de los elementos, normalmente el eje longitudinal en el caso de elementos rectangulares alargados. Hay una pluralidad de tiras dispuestas una al lado de la otra, es decir, de forma sucesiva en una segunda dirección perpendicular a dicha primera dirección. En una realización adicional, los elementos musculares de diferentes tiras están desacoplados mecánicamente por medio de cualesquiera medios de conexión rígidos al objeto de permitir la deformación de las tiras de manera independiente entre sí. Esta realización hace posible la conformación de cada tira individual de forma independiente con respecto a la tira vecina (en este caso no se cumple con la utilización de un potencial material superficial flexible que recubra todos los elementos y tampoco, por lo tanto, con el necesario acoplamiento de los elementos en la segunda dirección).

45 Según una realización, se proporciona una estructura de soporte rígida, es decir, un marco, al que se conectan los elementos o las tiras de elementos. Preferiblemente, las tiras están conectadas en ambos extremos de las mismas a la estructura de soporte rígida por medio de conectores flexibles, preferiblemente elásticos. Los conectores mantienen a la lámina en su posición, a la vez que permiten que los elementos individuales y las tiras adopten la forma programada. El cableado eléctrico hasta los elementos se puede proporcionar por medio de material conductor dispuesto sobre dichos conductores o en su interior.

50 Según una realización, las capas de material muscular están conectadas eléctricamente a los conductores eléctricos de la placa de circuito flexible utilizando unos medios de conexión flexibles, tales como adhesivo conductor, galvanoplastia o conexión por clip. La flexibilidad de la conexión es importante para asegurar que la conexión eléctrica con el material muscular sigue siendo buena incluso después de varios cambios de forma. Una conexión rígida, tal como por soldadura, puede dar lugar al desgaste y la rotura de la conexión en la zona de interfaz entre la placa de circuito y el material muscular.

- 5 Según una realización, se proporciona una pluralidad de elementos estructurales adaptados para soportar la estructura en sándwich de los elementos musculares al mantener unidas entre sí las capas de material muscular y la placa de circuito flexible. Los elementos estructurales son preferiblemente unos clips alargados que se extienden perpendicularmente a la dirección de flexión de las capas de material muscular. Puede haber una pluralidad de elementos estructurales separados entre sí sobre cada elemento muscular. Un sistema estructural de este tipo mejora la precisión de la conformación y la durabilidad de la lámina.
- 10 Según una realización, se proporcionan unos medios para evitar que un flujo de calor llegue a las capas de material muscular desde el exterior de la lámina y/o para enfriar de forma activa los elementos musculares. Dichos medios pueden comprender, por ejemplo, una capa de aislamiento térmico y/o un sistema de circulación de fluido dispuestos en uno o en ambos lados de los elementos musculares. Una configuración de este tipo puede ser beneficiosa en algunas realizaciones en las que la lámina está sometida a temperaturas cambiantes, tal como en el moldeo por inyección.
- 15 Según una realización, se proporcionan dos capas de elementos musculares que están dispuestas una encima de la otra y en diferentes direcciones. Por lo tanto, la lámina realmente comprende dos sub-láminas. El término "diferentes direcciones" significa en la presente memoria que las direcciones características de flexión o deformación de los elementos alineados entre sí en las diferentes láminas no son las mismas. Según una realización preferida, las sub-láminas comprenden unos elementos orientados que tienen una dirección de flexión programada y que son esencialmente similares aunque estando situados según un ángulo de 90 grados entre sí, por lo que respecta a la orientación de los elementos. Una lámina de este tipo hace posibles formas diferentes y lisas por igual, con independencia de la dirección de la superficie de la lámina.
- 20 Tal y como se ha mencionado brevemente con anterioridad, en una realización se proporciona una capa unitaria de material flexible que cubre los elementos musculares individuales por al menos un lado de los elementos musculares. Puede existir dicha capa en ambos lados de la lámina. La capa de recubrimiento alisa la superficie de la lámina, ya que inicialmente pueden existir rugosidades y/o ranuras debidas a las separaciones entre los elementos musculares y/o las capas de material muscular y/o el potencial sistema estructural. Las propiedades de la capa de recubrimiento se eligen para hacer posible la conformación de la lámina (es decir, pequeña dureza/rigidez en comparación con las fuerzas de deformación internas de la lámina proporcionadas por los elementos musculares) aunque proporcionando a la vez una superficie suficientemente dura y estable para la finalidad particular de la utilización de la lámina (es decir, una dureza/rigidez elevada en comparación con las fuerzas externas ejercidas sobre la lámina). El material de recubrimiento puede ser, por ejemplo, caucho u otro material de polímero.
- 25 Además de alisar, la capa o capas de recubrimiento refuerzan la estructura de la lámina. La capa de recubrimiento puede estar fijada a los elementos musculares y/o a la capa de cableado y/o a la capa de recubrimiento dispuesta en el otro lado del recubrimiento por medio de la utilización de adhesivo, por ejemplo.
- 30 La forma de inicio de una lámina recubierta es preferiblemente completamente plana y se asemeja a una pieza del material de recubrimiento. Cuando se programa, la lámina aparece con una forma.
- 35 Según una realización, la lámina comprende una unidad de control eléctrico o un conector eléctrico de una unidad de control para el suministro de las señales eléctricas a los elementos musculares al objeto de conformar la lámina de cambio de forma según la forma deseada. La unidad de control o el conector es capaz preferiblemente de suministrar una señal de demultiplexación en pulsos al conjunto de elementos musculares.
- 40 Según una realización, la lámina al completo, incluyendo toda capa de recubrimiento potencial, tiene un grosor de 5 mm o menos, en particular de 2 mm o menos, preferiblemente de 1 mm o menos. El grosor se puede reducir hasta nano-escala, es decir, a dimensiones por debajo de 1 μm .
- 45 Los elementos musculares pueden tener una huella rectangular en el plano, normalmente con una relación de aspecto en el plano que varía entre 1:1 (cuadrado) y 20:1 (forma de cable). Preferiblemente, los elementos son alargados, teniendo una relación de aspecto de al menos 3:1.
- La dimensión mayor de los elementos individuales puede ser, por ejemplo, de 0,5 mm – 5 cm. Normalmente, todos los elementos de una misma lámina son del mismo tamaño, pero puede haber además elementos de tamaños diferentes. También puede haber elementos no deformables en el interior de una lámina, que sustituyan a uno o más elementos musculares del conjunto.
- 50 También se proporciona un elemento de cambio de forma para su uso en una lámina de cambio de forma reprogramable, comprendiendo el elemento una capa de cableado intercalada entre las capas de material con memoria de forma, comprendiendo la capa de cableado unos medios conductores eléctricos para el suministro de la corriente de estimulación eléctrica a las capas de material con memoria para iniciar el cambio de forma del elemento.
- 55 Según un aspecto de la invención, independiente de la estructura de elementos musculares particularmente ventajosa descrita con anterioridad, también se proporciona una lámina de cambio de forma que comprende unos

- 5 elementos musculares del tipo anterior, o de algún otro tipo, siendo los elementos musculares capaces de cambiar de forma tras una estimulación, y en la que los elementos musculares están dispuestos como tiras, comprendiendo cada una de ellas una pluralidad de elementos musculares conectados sucesivamente en una primera dirección, y se proporciona una pluralidad de tiras dispuestas sucesivamente en una segunda dirección perpendicular a dicha primera dirección. Las tiras contienen un cableado eléctrico para el suministro de unas señales de estimulación electrónica a los elementos musculares para cambiar la forma del elemento y también la topología general de la lámina conformada por medio de las tiras de elementos. Este aspecto de la invención es compatible con otras realizaciones de la invención y puede ser tramitado en una solicitud divisional, por ejemplo.
- 10 Según una realización, el presente método para producir una superficie con una forma predefinida comprende proporcionar una lámina de cambio de forma reprogramable, por ejemplo según una de las realizaciones descritas con anterioridad, y suministrar unas señales de estimulación eléctrica según un esquema de señales correspondiente a dicha forma predefinida a dichos elementos musculares para cambiar la forma de los elementos musculares individuales. En consecuencia, la superficie definida por los elementos musculares adopta la forma predefinida.
- 15 Según una realización, se proporciona una máquina de moldeo por inyección programable que comprende una cavidad de molde y unos medios para la inyección de material moldeable en la cavidad de molde para la conformación de un objeto cuya forma se corresponde con la forma interna de la cavidad de molde. Según la invención, al menos parte de la cavidad de molde está definida por una superficie de cambio de forma reprogramable que comprende una pluralidad de elementos musculares, comprendiendo cada uno de ellos una placa de circuito flexible intercalada entre dos capas de material muscular capaces de cambiar de forma tras una estimulación eléctrica y que están dispuestas al objeto de definir una superficie, y en la que la placa de circuito flexible comprende unos conductores eléctricos conectados eléctricamente a dichas capas de material muscular para el suministro de unas señales de estimulación eléctrica de forma individual a los elementos musculares para cambiar la forma de la superficie.
- 20
- 25 La máquina puede comprender unos medios para almacenar un modelo 3D de al menos parte del objeto en una forma legible por ordenador, y unos medios para el suministro de las señales de estimulación eléctrica a la lámina de cambio de forma reprogramable al objeto de conformar la lámina para que se corresponda con la forma del modelo 3D.
- 30 El término “material muscular” se refiere a una pieza unitaria de material que tiene la capacidad de cambiar de forma reversiblemente en condiciones adecuadas, sin fuerza mecánica externa aplicada al material. Dichos materiales incluyen los materiales con memoria de forma (SMMs) de diferentes tipos, en particular las aleaciones con memoria de forma (SMAs), aunque también se pueden utilizar polímeros con memoria de forma (SMPs, shape memory polymers, por sus siglas en inglés).
- 35 El término “elemento muscular” se refiere a todo elemento capaz de generar internamente una fuerza mecánica que hace que el elemento cambie su forma tras un estímulo adecuado. Un elemento muscular puede componerse de múltiples partes, tales como capas, tal y como se describe más adelante en mayor detalle. Un elemento muscular comprende normalmente una o más unidades independientes de material muscular. El estímulo requerido para el elemento muscular y el material muscular es fundamentalmente eléctrico, pero se puede utilizar un elemento de conversión, tal como un elemento de calentamiento o de enfriamiento o un electroimán, en el interior del elemento al objeto de convertir la energía eléctrica en alguna otra forma para el material muscular, si fuera necesario.
- 40
- 45 El término “capa de cableado” significa una estructura que es capaz de suministrar un estímulo eléctrico al material muscular para iniciar su cambio de forma. La “capa de cableado” también puede servir para aislar, mecánicamente y/o eléctricamente y/o térmicamente, las capas de material muscular entre sí. En una forma sencilla, una capa de cableado comprende una placa de circuito impreso flexible (PCB, printed circuit board, por sus siglas en inglés) conocida de por sí, que tiene unos apropiados cables de cobre en uno o en ambos lados de la misma y/o en una capa interna de la misma para el suministro de las señales de estímulo desde el exterior de la lámina hasta el interior de los elementos de la lámina, y unas almohadillas de contacto en una o en ambas superficies de la misma para transferir las señales al material muscular.
- 50 A continuación, se describen realizaciones, ventajas y usos adicionales de la invención con mayor detalle, haciendo referencia a los dibujos adjuntos.
- Breve descripción de los dibujos**
- La figura 1 muestra una vista despiezada en perspectiva de un elemento muscular según una realización de la invención.
- La figura 2 muestra una vista en perspectiva del elemento muscular de la figura 1 en estado ensamblado.
- 55 La figura 3 ilustra una vista en perspectiva de un elemento muscular provisto de un sistema estructural.

La figura 4 muestra una vista en perspectiva de un conjunto bidimensional de elementos musculares que conforma una lámina según una realización de la invención.

La figura 5 muestra una vista en perspectiva de un conjunto bidimensional de elementos musculares con sistemas estructurales según una realización de la invención.

5 La figura 6 ilustra una vista en perspectiva de una parte de una lámina conformada utilizando tiras de elementos musculares.

La figura 7 es una vista lateral en sección transversal de una unidad muscular provista de un sistema de control de temperatura.

10 La figura 8 muestra una vista en perspectiva de una lámina programable programada según una forma que no es plana.

La figura 9 es una ilustración esquemática de una lámina reprogramable según la invención conectada a un sistema de control de forma.

La figura 10 es una ilustración esquemática que muestra la instrumentación de moldeo por inyección según una realización de la invención.

15 La figura 11 es una ilustración esquemática de una realización de un segmento de tres cables.

La figura 12 es una ilustración esquemática de mecanismos de bloqueo a modo de ejemplo.

La figura 13 es una ilustración esquemática de un ejemplo de un cambio de forma más rápido por medio de enfriamiento.

La figura 14 es una ilustración esquemática de un ejemplo de segmento oculto o adicional.

20 La figura 15 es una ilustración esquemática de un ejemplo de un método de alimentación eléctrica para segmentos de SMA.

Descripción detallada de las realizaciones

25 Haciendo referencia a la figura 1, un elemento muscular utilizable en una lámina de cambio de forma reprogramable según una realización de la invención comprende dos capas planas rectangulares de material muscular 11A, 11B y una capa de cableado 15 dispuesta entre las capas de material muscular 11A, 11B. La capa de cableado 15 comprende unas almohadillas de contacto eléctrico 16A, 16B en ambos extremos de la misma y en ambos lados de la misma. Las capas de material muscular comprenden unas aberturas 12A, 12B en ubicaciones correspondientes en los extremos de las mismas. Las aberturas 12A, 12B están biseladas hacia las superficies exteriores, de manera que se puede utilizar un polímero adhesivo conductor, por ejemplo, al objeto de unir y conectar de forma eficaz las capas de material muscular con las almohadillas de contacto 16A, 16B.

30 La figura 2 muestra un elemento muscular 10 ensamblado. La parte central del elemento muscular, en ambos lados del mismo, se deja preferiblemente sin adhesivo, a fin de que la estructura en su conjunto sea tan flexible como sea posible. Las partes extremas se unen por medio de la utilización de medios no rígidos al objeto de hacer posible la flexión de la estructura sin la rotura de las conexiones eléctricas. También es ventajoso que la corriente óhmica de programación que se suministra a través de la capa de cableado 15 y que pasa por las capas de material muscular circule a través de las capas 11A y 11B por completo, por medio de lo cual el calor se genera de forma uniforme.

35 Siempre y cuando las capas de material muscular sean materiales con memoria preprogramados de forma adecuada, la unidad 10 será capaz de doblarse hacia adelante y hacia atrás.

40 La capa de cableado puede estar formada por un material de placa de circuito impreso (PCB) flexible conocido de por sí. Las PCBs flexibles se utilizan para realizar conexiones eléctricas a través de las bisagras o de otras partes móviles de los dispositivos electrónicos. De forma alternativa, y especialmente en el caso particular en el que el material muscular presenta una contracción en lugar de una flexión, o de forma adicional a la flexión, se puede utilizar un material elástico que contenga cableados conductores elásticos. En ambos casos, la capa de cableado es preferiblemente polimérica. Las trayectorias conductoras y las almohadillas de contacto de la capa de cableado pueden estar hechas de metal, tal como de cobre, o de polímero conductor o tinta conductora, por mencionar algunos ejemplos.

45 Sin considerar las potenciales capas de recubrimiento o los medios de control de temperatura proporcionados sobre la lámina, la capa de cableado puede ser la única estructura que conecta mecánicamente los elementos musculares vecinos entre sí. Por otra parte, se pueden disponer uno o más elementos elásticos de refuerzo al objeto de asegurar la durabilidad y rigidez de la lámina.

50

El material muscular está conectado preferiblemente a cables o almohadillas de conexión de la PCB por medio de conexión por clip, galvanoplastia, por un adhesivo conductor (pegamento/resina epoxi), o por medio de otros métodos de unión a baja temperatura similares. Esto es necesario debido a que los materiales musculares son, por lo general, incapaces de retener la programación si se los calienta a temperaturas elevadas, por ejemplo por soldadura. Algunos materiales pueden verse dañados por completo si se los calienta demasiado. Se ha descubierto además que al menos el níquel-titanio puede soportar la soldadura o algunos otros adhesivos duros de forma deficiente debido a su constante expansión y movimiento, así como debido a su composición química. La conexión por clip, la galvanoplastia y/o el pegamento/resina epoxi conductor proporcionan una conexión fuerte y flexible y conducen la electricidad durante largos periodos de tiempo, además de, por lo tanto, resolver esta cuestión relativa al calor y los problemas relacionados con los materiales que no son capaces de adherirse al material muscular.

Según una realización, los elementos musculares son capaces de flexionar a lo largo de su dirección longitudinal hacia adelante y hacia atrás. Las capas de material con memoria deben estar programadas para hacer posible dicho comportamiento. En otra realización, los elementos musculares son capaces de flexionar en una sola dirección, con lo cual el conjunto se puede organizar de manera que todo segundo elemento sea uno de flexión hacia adelante y todo segundo uno de flexión hacia atrás al objeto de hacer posible que se generen todas las topologías.

La figura 3 muestra una versión de un elemento muscular 30 con elementos estructurales 37. Las zonas adhesivas conductoras situadas en los extremos del elemento muscular 30 se indican por medio de los números de referencia 32A y 32B. La función fundamental del sistema estructural constituido por los elementos estructurales 37 es la de mantener unido el material muscular a la capa de cableado flexible. Los elementos estructurales 37 pueden ser, por ejemplo, clips de plástico o de metal que están adaptados para fijarse a la capa de cableado o a la capa de material muscular situada en el otro lado del elemento.

Normalmente, el cambio de forma del elemento es posible por medio de la utilización de un material muscular capaz de flexionar al recibir una entrada eléctrica, también denominado "cable muscular", hecho de una aleación metálica, por ejemplo de una mezcla de níquel y titanio. En este caso, los elementos estructurales mantienen firmemente unidas entre sí las partes de la estructura en sándwich incluso durante la flexión, sin restringir su movimiento o soportando las tensiones inducidas por el desplazamiento, a diferencia de lo que haría una unión por adhesivo completa.

De forma alternativa, se pueden utilizar otros materiales de tipo muscular que se contraen tras la recepción de una entrada de energía eléctrica. En este caso, la contracción se puede convertir en una flexión de ángulos por medio de la utilización de un sistema estructural.

El material muscular utilizado es normalmente un cable o una pieza plana o una lámina de material muscular, el cual se graba por atacado posteriormente de acuerdo a la forma requerida. En una realización sencilla, la forma es una forma rectangular con unas aberturas de conexión eléctrica situadas simétricamente en dos extremos. Las aberturas de conexión se pueden sustituir por otros medios de conexión eléctrica que sean capaces de ser conectados por clip, de ser sometidos a galvanoplastia o de ser pegados a la capa de cableado utilizando un adhesivo conductor.

La figura 4 ilustra un conjunto de elementos musculares 40A-D, 41A-D, colocados uno al lado del otro tanto en dirección longitudinal como en la de anchura. En este ejemplo, la capa de cableado es común a todos los elementos, aunque las capas de material muscular situadas entre elementos vecinos están separadas por un hueco al objeto de permitir la estimulación y el desplazamiento individuales.

La figura 5 muestra además un conjunto de elementos musculares que están dispuestos en forma de tiras de elementos musculares 50A-H situadas en posición adyacente entre sí. Cada una de las tiras 50A-H contiene una pluralidad de elementos musculares dispuestos sucesivamente en dirección longitudinal (situados extremo con extremo). Cada tira comprende una tira de capa de cableado común, aunque las tiras vecinas utilizan diferentes tiras de capa de cableado. Cada una de las tiras es programable de forma individual, es decir, con una conformación distinta e independientemente libre con respecto a cualquier otra tira. Esto se representa más claramente en la figura 6, que muestra dos tiras 60A, 60B. Tal y como se puede observar, una tira es un conjunto alargado de elementos musculares situados juntos. Estos se pueden hacer tan largos o cortos como se necesite. Cuando las tiras se colocan una al lado de la otra, éstas dan lugar a una lámina.

Estas tiras y láminas se pueden situar una encima de la otra según ángulos diferentes para dar lugar a una lámina de conformación más precisa. Esto resuelve muchos problemas de conformación de formas en comparación con la utilización de un conjunto grande de elementos o tiras que están interconectados entre sí en dos dimensiones. La utilización de este tipo de conjunto completamente conectado (tal como el de la figura 4) es factible hasta cierto nivel, pero da lugar a problemas en los bordes en los que la lámina se pliega (como cuando se sitúa una tela sobre un cuadrado, los bordes se pliegan). La utilización de tiras individuales dentro de una lámina, y el potencial apilamiento de dos o más de dichas capas una encima de la otra según ángulos diferentes, hace posible la conformación de la forma sin ningún pliegue.

Tal y como se muestra en la figura 6, en los extremos de las tiras hay unas zonas de material flexible 64, que se utilizan para conectarse a un marco, al objeto de permitir un desplazamiento real de las tiras para conformar formas.

Cuando las tiras conforman una forma, éstas tiran del material flexible. Esto permite tener una zona de desplazamiento grande y unas grandes capacidades de distanciamiento de la lámina. Sin este material flexible en los extremos, las tiras quedan bloqueadas y son incapaces de desplazarse (por ejemplo, si estuvieran fijadas rígidamente al marco).

- 5 Una capa superficial elástica y uniforme situada encima de las tiras de tal manera que toda la lámina quede cubierta, hace que la superficie de la lámina sea lisa y mantiene alineadas de forma adecuada a las tiras, es decir, organiza todas las tiras.

- 10 Muchos materiales con memoria se accionan por medio de corriente eléctrica, la cual se hace pasar a través del material, que tiene una resistividad distinta de cero, y por lo tanto calienta el material y hace que adopte una forma preprogramada correspondiente a la temperatura predominante. No obstante, existen también otros medios para alcanzar la temperatura requerida, tales como la utilización de calentadores o enfriadores independientes accionados eléctricamente, basados, por ejemplo, en el efecto Peltier. El término “estimulación eléctrica” cubre todos dichos métodos, con independencia de si se utiliza un “calentamiento por efecto Joule” directo o un calentamiento indirecto.

- 15 La estimulación eléctrica se obtiene, preferiblemente, por demultiplexación, es decir, pulsando los elementos eléctricamente, uno o varios a la vez, de acuerdo a un esquema de pulsación predefinido. Por ejemplo, cada elemento se puede conformar está conformado según la forma deseada por medio de la selección de una anchura de pulso adecuada. Un elemento vecino puede ser sometido a un pulso más corto o más largo. Una anchura de pulso mayor permite unos mayores grados de ángulos, una menor anchura de pulso da lugar a unos menores grados de cambio de forma. Esto permite unos ajustes precisos de los ángulos muy diferentes. Alternativamente, o de forma adicional a esto, se puede modificar la tensión o la corriente de pulsación. La demultiplexación se puede prolongar tanto como sea necesario hasta alcanzar y mantener la forma deseada de la película. La demultiplexación hace posible también la capacidad de un menor consumo de energía en comparación con la alimentación completa a cada elemento.

- 25 Un patrón de cableado adecuado que haga posible la demultiplexación se puede diseñar de manera relativamente sencilla en la capa de cableado o en las tiras de cableado.

Una película elástica impermeable situada en la parte superior de la lámina hace que el diseño sea resistente al agua y a las condiciones climatológicas y contribuye, por lo tanto, a un ciclo de vida largo de la lámina.

- 30 En caso de que se requiera estabilidad a temperatura elevada y/o protección contra los cambios en la temperatura externa, se pueden proporcionar unos medios de aislamiento o unos medios para el control activo de la temperatura de la película. La figura 7 muestra una implementación. En general, se proporciona un sistema que comprende una capa de aire o vacío en ambos lados de la lámina, y luego adicionalmente, en la parte superior de esa capa, una capa de líquido de enfriamiento que tiene convección forzada de fluido, por ejemplo mediante la utilización de bomba(s), las cuales pueden estar situadas en los lados de la lámina unidas al marco. Más en detalle, hay una capa de cableado 75 intercalada entre las capas de material muscular 71. A continuación, en ambos lados, y simétricamente, hay un hueco de aire/vacío 73. El hueco 73 está limitado por un canal de fluido 72 definido entre las capas de material elástico 74, de las que una de ellas conforma la superficie de la película y la otra queda dispuesta frente al hueco de aire. El canal de fluido 72 está conectado en un extremo a una entrada de fluido 77A, y en el otro extremo a una salida de fluido 77B. El fluido se puede conducir hasta un elemento muscular siguiente (no mostrado) que está conectado en serie con el elemento mostrado. Se proporcionan además unos miembros rígidos de soporte 76, los cuales evitan que el sistema de control de temperatura se colapse y que ayudan a mantener uniforme el grosor de la película también cuando se está en un estado de flexión. La estructura propuesta tiene capacidad para soportar temperaturas extremadamente elevadas.

- 45 Tal y como se ha referido brevemente con anterioridad, una lámina acabada comprende dos láminas, preferiblemente del diseño en lámina descrito con anterioridad, situadas una encima de la otra, estando situada la lámina superior preferiblemente según un ángulo de 90 grados con respecto a la lámina inferior. La figura 8 ilustra dicho diseño y muestra además la película en un estado programado de forma. Los elementos musculares de las diferentes láminas conforman una cuadrícula completa con nodos en los puntos finales de los elementos musculares. A continuación, en la parte exterior, es decir, en la parte superior y/o inferior de la lámina doble resultante, se fija un material elástico de película/lámina de tal manera que se extiende sobre las zonas situadas entre los elementos muscúles a lo largo de toda la cuadrícula y conforma una superficie uniforme de la lámina. Esto, en combinación con la estructura de doble lámina, hace posible que se generen formas muy alisadas. El diseño propuesto de lámina de doble capa difiere además de los diseños en los que se tiene el material muscular dispuesto en dos direcciones en una única capa.

- 55 También es posible la realización de otras muchas variaciones de forma adicional a las descritas con anterioridad. Por ejemplo, las láminas no necesitan estar dispuestas según un ángulo de 90 grados entre sí, sino que se puede utilizar un ángulo menor, o bien se pueden disponer más de dos láminas una encima de la otra.

- La figura 9 muestra una lámina reprogramable 85 fijada a un marco 86. La lámina está conectada a un ordenador de control 82 a través de una unidad de control 84, preferiblemente una unidad de demultiplexación. El ordenador 82 comprende un software capaz de leer un modelo digital 3D en un formato adecuado y de convertirlo en instrucciones de demultiplexación para la unidad de demultiplexación 84, la cual convierte después las instrucciones en señales eléctricas de conformación que se transfieren a los elementos musculares de la lámina 85 por multiplexación. La unidad de control 84 puede ser una unidad independiente, o bien ser integral con el ordenador 82 o con el marco 86.
- Además, las partes de aleación con memoria de forma (SMA) pueden tener la forma de un cable. Las partes de cable de SMA pueden tener la forma de cables individuales o de agrupaciones de cables, por ejemplo, tal y como se muestra en la figura 11. En la figura 11 se muestra un ejemplo de un segmento de tres cables.
- La figura 11 muestra una construcción en sándwich de tres cables, 113, 115a y 115b. El cable central 113 puede ser, por ejemplo, un cable súper elástico. El cable súper elástico puede proporcionar energía a los materiales de SMA. El cable súper elástico puede comportarse también como un respaldo elástico de recuperación para uno o más segmentos cuando se ha perdido o desconectado la alimentación, por ejemplo para cualquiera de los 115a y 115b, o para ambos. El cable central 113 también podría ser un cable que no se “recuperara rápidamente”, sino que mantuviera una forma una vez deformado. Además, otros tipos de materiales, en forma de cable o en otra forma, pueden estar en el interior de una agrupación de cables de forma adicional al cable central 113 o en sustitución de él.
- Los cables 115a y 115b pueden ser de SMA según la descripción anterior. Además, se pueden utilizar unas piezas onduladas 111 para mantener unidos los cables. Las piezas onduladas 111 pueden permitir la formación de ángulos, es decir, se pueden comportar como una estructura. La superficie de los cables, 112, puede estar recubierta o sin recubrir. En el ejemplo, una parte de cada uno de los cables 113, 115a y 115b está recubierta y otra parte está sin recubrir. El recubrimiento puede afectar a la conductividad o a otra propiedad de los cables. No obstante, la alimentación puede seguir llegando del centro del sándwich, por ejemplo del cable súper elástico 113, con independencia de los recubrimientos.
- Se pueden utilizar piezas onduladas de conexión adicionales 114 al objeto de combinar los cables en sus extremos. Las piezas onduladas de conexión 114 pueden tener un recorte, el cual se puede haber hecho durante la fabricación, que se puede utilizar al objeto de separar partes de cable de SMA. También se pueden utilizar tipos adicionales de elementos de acoplamiento sin salirse del alcance de la invención.
- La parte central de cualquier segmento en sándwich según las realizaciones de la presente invención puede estar hecha parcialmente, o por completo, de cable estándar, de cable súper eléctrico, de otros metales o de combinaciones de los mismos. La parte central puede tener la capacidad de transportar señales eléctricas, por ejemplo hacia y desde partes de SMA de un segmento. Los ejemplos de esto pueden ser para placas de circuitos que utilizan realizaciones de la presente invención.
- Mientras que una estructura de cables en sándwich se refiere a un grupo de tres cables y una agrupación de cables se refiere, por lo general, a un grupo de cables con más de tres cables, en la presente memoria, los términos estructura de cables en sándwich y agrupación de cables son intercambiables, así como las enseñanzas descritas con respecto a cada uno de ellos.
- En la estructura de cables en sándwich de la figura 11, que tiene cables de SMA en el exterior del sándwich y un cable súper eléctrico en el centro, las piezas onduladas 111 sirven tanto para separar los segmentos como para generar una estructura en esqueleto, la cual es útil en la flexión. En la figura 11 se muestran ejemplos de piezas onduladas, y también pueden ser otros clips geométricos.
- Además, los segmentos pueden estar compuestos de múltiples cables, que tengan, por ejemplo, capas de SMA y de placas de circuitos. Ejemplos de las capas de placas de circuitos son los materiales que son capaces de transportar señales eléctricas hacia y desde partes de SMA del segmento.
- Las láminas, cables u otras partes de los segmentos pueden estar cubiertas. Por ejemplo, pueden estar cubiertas por materiales flexibles y/o móviles. Los materiales pueden estar, por ejemplo, en una parte superior de un segmento, y se pueden utilizar para ocultar las partes inferiores del segmento, u otros segmentos situados por debajo. Los materiales empleados para el recubrimiento pueden ser, aunque sin limitarse a ellos, cota de malla, elásticos, spandex y combinaciones de los mismos.
- La figura 12 muestra dos ejemplos de mecanismos de bloqueo. Los mecanismos de bloqueo se pueden utilizar para proporcionar resistencia a un segmento. La resistencia se puede utilizar, por ejemplo, para flexionar un segmento más allá de un cierto ángulo, o para evitar que un segmento flexione más allá de un cierto ángulo. En un ejemplo de la figura 12, hay formas triangulares sobre una tira 123 que evitan que el segmento de SMA 121 se doble más allá de un ángulo de 90 grados. El segmento de SMA 121 se puede ver dispuesto tanto en una posición súper flexionada, sin la tira 123, como en una posición flexionada limitada a 90 grados con la tira 123.

Además, tal y como se puede observar en el otro ejemplo de la figura 12, los mecanismos de bloqueo se pueden utilizar para bloquear el movimiento de “lado a lado”. Se pueden añadir unos refuerzos 122 a las SMAs, los cuales evitan que una línea de las SMAs caiga de lado a lado. Se pueden utilizar geometrías adicionales de mecanismos de bloqueo sin salirse del alcance de la invención. Además, los mecanismos de bloqueo pueden estar situados en el interior de una estructura de cables en sándwich o en el interior de un agrupamiento de cables. Los mecanismos de bloqueo pueden estar dispuestos en cualquier lado de un segmento de SMA, incluyendo el lado posterior, tanto antes como después de que el segmento se haya flexionado. Por lo general, los mecanismos de bloqueo aseguran que un segmento de SMA está dispuesto según un cierto ángulo con un mayor grado de fiabilidad. Los mecanismos de bloqueo también pueden ser reprogramables. Los mecanismos de bloqueo pueden impedir que un segmento flexione más allá de un cierto ángulo y/o facilitar que el segmento flexione hasta un cierto ángulo.

En determinados usos, la velocidad de formación y de deformación es importante. Se puede conseguir un cambio de forma más rápido, por ejemplo, por medio de la adición de una capa termoeléctrica. La figura 13 muestra un ejemplo de una capa de SMA 133 que se puede situar en contacto, y/o en posición apilada, con una capa termoeléctrica 132. La capa termoeléctrica se puede utilizar y/o activar para enfriar la capa de SMA al objeto de hacer más fácil un cambio de forma rápido, en comparación con la activación o desactivación de una capa de SMA sin dicha capa termoeléctrica. La capa termoeléctrica 132 se puede utilizar para obtener un enfriamiento inmediato de la capa de SMA 133 al objeto de que ésta se relaje y vuelva rápidamente a un estado no calentado. Dicho enfriamiento puede ser útil, por ejemplo, en aplicaciones cinematográficas.

También se puede utilizar una capa termoeléctrica como una restricción estructural, o como una parte de ella, de una capa de SMA. Como restricción estructural, puede obligar a un ángulo deseado de formación. Además, se puede utilizar un mecanismo de bloqueo 131, tal y como se muestra en la figura 13.

A pesar de que en la presente memoria se han descrito muchos ejemplos en términos de la utilización de segmentos de SMA para la flexión en dos dimensiones, es posible aplicar los conceptos descritos en la presente memoria en tres dimensiones. Por ejemplo, por medio de la adición de un segmento de corriente en uno o más lados de un segmento existente, es posible la flexión en más dimensiones. Por ejemplo, a pesar de que la capa de SMA 133 de la figura 13 está flexionada radialmente en dos dimensiones, esencialmente está flexionada hacia arriba a partir de una orientación plana, se podría añadir un segmento de SMA adicional en el lado derecho de la capa de SMA 133. Cuando se activara el segmento adicional, éste haría posible un desplazamiento diagonal o lateral. La posición y el número de segmentos adicionales hace posible un ajuste avanzado del segmento de base, así como un control tridimensional completo de la forma del segmento de SMA flexionado.

Además, a pesar de que se ha descrito la alimentación de energía con respecto a muchos de los ejemplos de la presente memoria, se pueden elegir los materiales para un segmento al objeto de reducir la demanda de electricidad necesaria para conservar una forma determinada. Los materiales tales como el NiTi tienen propiedades de retención, aunque estén flexionados, que mantienen su forma. Se pueden añadir materiales como estos, por ejemplo, en el interior, en la parte superior o en las partes circundantes o en secciones enteras de los segmentos de SMA. Dichos materiales pueden hacer posible que la superficie del segmento de SMA se conforme según una forma y que posteriormente en cualquier instante la electricidad se pueda desconectar, ocurriendo que los materiales ayudan a mantener la forma deformada durante un periodo de tiempo prolongado. Estos metales, y los plásticos que tienen propiedades similares, pueden tener propiedades de memoria a una temperatura muy baja, o a temperatura ambiente, y adicionalmente pueden ser conformados libremente según una variedad de posiciones a mano, o por cualesquiera otros medios. La utilización selectiva de dichos materiales sobre los segmentos de SMA, en sus partes circundantes y en su interior, puede permitir que algunas partes del segmento se desplacen libremente, mientras que otras pueden estar al menos parcialmente limitadas.

Los segmentos de línea, que están fijados a un marco, pueden estar fijados sólidamente al marco o estar fijados de forma flexible. Además, un segmento de línea puede estar fijado sólidamente a un lado de un marco, mientras que otro segmento de línea puede estar fijado de forma flexible a otro lado del marco. Una configuración de este tipo puede hacer posible una programación más fácil dado que los segmentos de línea fijados sólidamente pueden proporcionar un punto de referencia dentro de una lámina o superficie. Un ejemplo adicional es una configuración en zigzag en la que el lado derecho de un primer segmento está fijado sólidamente a un marco y el segmento posterior está fijado sólidamente al lado izquierdo del marco, estando los lados opuestos de los segmentos montados de forma flexible. Se puede utilizar cualquier combinación de fijaciones.

Los segmentos también pueden tener segmentos ocultos y/o adicionales integrados en los mismos. La figura 14, por ejemplo, muestra un segmento de SMA 144 fijado a un marco 141 con una superficie de base 142, que está dispuesta por debajo de una parte del segmento de SMA 144. Además, uno o más segmentos adicionales 143 pueden estar fijados al segmento de SMA 144. Estos segmentos adicionales, tal y como se muestra en la figura 14, pueden estar ocultos, o al menos parcialmente ocultos, bajo la superficie de base 142. El segmento adicional, o los segmentos adicionales, se pueden extraer antes, durante y/o después de la deformación del segmento de SMA 144. Además, el segmento adicional, o los segmentos adicionales, pueden ser un rollo y/o estar enrollados para proporcionar incluso una mayor área superficial en un paquete compacto. Estos segmentos adicionales pueden permitir obtener una capacidad de altura adicional de una lámina de material/segmentos de SMA en un paquete compacto.

Los segmentos de SMA se pueden alimentar eléctricamente por medio de una multiplexación estándar. La figura 15 muestra una opción adicional para la alimentación eléctrica. Los segmentos de SMA pueden tener unos cables laterales 152 en cada lado del segmento, tal y como se muestra en las figuras 13 y 15 por ejemplo. Uno de los dos lados puede ser un cable de tierra y el otro lado un cable que transporte una carga positiva. Los segmentos pueden tener entonces uno o más transistores 151 puestos en conexión con ellos, y/o sobre ellos. El transistor 151 puede en consecuencia encender o apagar cada segmento al que esté fijado. Una configuración de este tipo hace posible la multiplexación de una lámina con baja potencia. En esencia, sólo se requiere la potencia necesaria para abrir la puerta de cada transistor requerido. Esto puede eliminar la necesidad de unos cables mayores que se extiendan a lo largo de una lámina para conectar los segmentos entre sí, tal y como son requeridos en un modelo más estándar. Además, los transistores y/u otras partes de los segmentos pueden estar unidos por medio de un conector flexible 153.

Áreas de aplicación

La presente invención tiene numerosas áreas de aplicación debido a su capacidad de programación para una cantidad infinita de formas y a su escalabilidad a prácticamente cualquier tamaño requerido. Algunas de las áreas se presentan brevemente a continuación.

Moldeo por inyección

La lámina se puede utilizar como parte de una máquina de moldeo por inyección programable. En particular, por medio de la utilización de un diseño de doble lámina como el descrito con anterioridad y de un sistema de control activo de la temperatura, puede conformar una forma y tener plástico fundido (o incluso metal) inyectado en su interior para generar una pieza de plástico (o de metal). Todo el molde de inyección, o solo una parte del mismo, puede estar conformado por la presente lámina, y puede haber una pluralidad de láminas programadas de forma cooperativa al objeto de conseguir la forma deseada del molde.

La figura 10 muestra un sistema con un molde de inyección 96, es decir, una cavidad de molde. Una parte 97 (una pared del molde con forma de caja 96) está formada por una lámina según la invención. La forma de la lámina se puede controlar por medio de un ordenador de control 92 para que se corresponda con un modelo 3D del objeto que se ha de producir y por una unidad de control electrónico 94 de la misma forma que la descrita con respecto a la figura 9 y a otros pasajes citados con anterioridad. El ordenador de control 92 (u otra unidad de control) está conectado además a un sistema de suministro de material 98 para el suministro de material fundido al molde a fin de producir un objeto que tenga la forma programada.

Moldeo de fibras

La lámina se puede utilizar como parte de una máquina de moldeo de fibras que se utiliza, por ejemplo, para dar forma a objetos de fibra de vidrio, Kevlar, fibra de carbono o a objetos de material compuesto. La lámina se utiliza para conformar una forma deseada y posteriormente la fibra se puede disponer en el interior de la forma.

Conformado de pantallas

La presente lámina se puede utilizar también por detrás de una pantalla flexible, tal como una pantalla OLED, LED, de proyección, de teléfono, de tableta o de ordenador portátil. La lámina es capaz de flexionar o transformar la superficie hasta una forma deseada o de visualizar una imagen en la pantalla. Esto genera una verdadera imagen o forma en 3D.

Las unidades individuales emisoras de luz, tales como los LEDs, también se pueden disponer sobre la superficie de la lámina para generar grandes visualizaciones multiplexadas sin la necesidad de una pantalla flexible independiente.

En la actualidad, se utilizan gafas especiales al objeto de tener un efecto 3D en la televisión o en el ordenador. No obstante, son molestas al llevarlas puestas y a menudo también son de mala calidad. Con la llegada al mercado de nuevas tecnologías tales como las pantallas LCD flexibles, la presente lámina se puede utilizar al objeto de crear una verdadera pantalla de TV o de ordenador en 3D, en la que los objetos sobre la pantalla realmente "salen" hacia usted. Esto proporciona una "profundidad" real en la escena.

Conformado de piezas de vehículos

La lámina se puede utilizar para el panel o las piezas de un vehículo (coche, barco, avión) al objeto de se puedan conseguir conformaciones/formas programables/reprogramables. Esto puede ser deseable por razones estéticas o para la reparación (recuperación) de daños.

Diseño y visualización

La lámina se puede utilizar para la visualización de trabajos de diseño o de ingeniería, es decir, para hacer posible que los usuarios vean un producto a partir de un software 3D en las dimensiones de la vida real actual sin la

- producción de un prototipo. Por tanto, la lámina es ideal para la arquitectura asistida por aleación con memoria de forma (SMAAD, shape memory alloy aided architecture, por sus siglas en inglés). El objeto 3D puede salir literalmente de una mesa de trabajo o del suelo y permitir la visualización de un objeto de forma muy sencilla. Esto es exactamente como un holograma en el sentido tradicional, que sale de la mesa de trabajo delante de usted. Esto se puede acoplar además con pantallas LCD flexibles, por ejemplo, para muchos más usos.

Tecnologías de asistencia

La lámina se puede utilizar en conexión con tecnologías de asistencia tales como el braille, para personas con discapacidad visual.

Publicidad

- 10 La lámina es adecuada para la publicidad en TV, vallas publicitarias, carteles, paneles y en otras superficies planas o curvadas. Esto hace posible que un anuncio o producto salga de la superficie para llamar la atención. Los objetos incluso pueden girar o moverse delante del cliente.

Aerodinámica

- 15 La lámina se puede utilizar para soluciones aerodinámicas que requieran que una superficie se conforme de acuerdo a muchas formas diferentes. Esto es útil, por ejemplo, en las carreras, en las cuales existe la necesidad de tener tanto capacidad de frenado (carga aerodinámica) como aerodinámica. Si hay más aerodinámica, entonces es más difícil frenar y viceversa. La presente lámina reprogramable se puede utilizar para proporcionar aerodinámica cuando se requiera y capacidad de frenado cuando se necesite.

Teléfonos móviles

- 20 Uno de los problemas de los teléfonos móviles en la actualidad es la ausencia de una realimentación táctil, lo que hace que sea difícil escribir con la "teclas" de una pantalla táctil plana. Con las pantallas LCD flexibles, la presente lámina se puede situar debajo de la pantalla para hacer posible que salgan de forma emergente las teclas de las letras que se pueden tocar y palpar. De manera similar, se pueden generar muchos otros efectos táctiles y visuales.

Producción de dispositivos electrónicos

- 25 Los conceptos de la presente invención y sus realizaciones se pueden utilizar para producir dispositivos electrónicos, tales como teléfonos móviles, tabletas y ordenadores, que puedan cambiar de forma y deformarse. Por ejemplo, cuando se viaja o se transporta un dispositivo, puede ser deseable que una parte del dispositivo electrónico, o todo él, cambie de forma al objeto de ser más compacto y ajustarse a una forma deseada que sea propicia para el viaje y/o su almacenamiento. Una vez que el dispositivo se ha de utilizar, entonces puede adoptar su forma prevista de mayor tamaño.

Dispositivos educativos

Los conceptos descritos en la presente memoria se pueden utilizar para la enseñanza de formas, geometría, animales u otra materia al permitir que el material esté en una forma no conformada así como que esté en una forma conformada selectivamente.

- 35 Otros usos

- 40 Otros usos pueden incluir: muebles, los cuales pueden estar formados a partir de láminas/segmentos de SMA en paredes o en suelos de habitaciones; prótesis, que se pueden fabricar por medio de la utilización de láminas/segmentos de SMA al objeto de hacer posible unos movimientos de tipo muscular más realistas; arte, para piezas/esculturas móviles; juegos de mesa, con piezas y elementos móviles y convertibles; notificaciones, tales como alertas de correo electrónico, llamadas telefónicas, etc. cuando se utilizan en conexión con ordenadores o partes, por ejemplo las partes traseras, de teléfonos/fundas de teléfonos, las cuales tendrían una parte móvil y/o emergente que se activaría al objeto de deformarse en caso de una notificación; soporte lumbar en el asiento, el cual puede estar programado para conformarse según una forma de un usuario; controladores, tales como controladores de juego con cambio de forma o controles remotos; atuendos, como chalecos antibalas, abrigo, vestidos, cascos, mochilas, etc.

- 50 Se debe entender que las realizaciones de la invención descritas no quedan limitadas a las estructuras, etapas de proceso o materiales particulares descritos en la presente memoria, sino que se extienden a los equivalentes de los mismos tal como lo reconocerían los expertos en la materia. Se debe entender además que la terminología empleada en la presente memoria se utiliza con el propósito de describir únicamente las realizaciones particulares y que no tiene la intención de ser limitativa.

La referencia hecha a lo largo de esta memoria descriptiva a "una realización" o "la realización" quiere decir que una característica, estructura o elemento distintivo particular descrito en relación con la realización está incluido en al

menos una realización de la presente invención. Por lo tanto, las apariciones de las expresiones “en una realización” o “en la realización” en diferentes lugares a lo largo de esta memoria descriptiva no se refieren todas necesariamente a la misma realización.

5 Tal y como se utiliza en la presente memoria, una pluralidad de artículos, elementos estructurales, elementos de composición y/o materiales se pueden presentar en una lista común por conveniencia. Sin embargo, estas listas se deben interpretar como si cada miembro de la lista estuviera identificado de forma individual como un miembro independiente y único. Por lo tanto, ningún miembro individual de dicha lista se debe interpretar como un equivalente de facto de cualquier otro miembro de la misma lista sólo a partir de su presencia en un grupo común sin indicaciones de lo contrario. Además, se pueden referir en la presente memoria diferentes realizaciones y ejemplos de la presente invención junto con alternativas para los diversos componentes de las mismas. Se entiende que dichas realizaciones, ejemplos y alternativas no se han de interpretar como equivalentes de facto entre sí, sino que se han de considerar como representaciones independientes y autónomas de la presente invención.

10 Además, las características, estructuras o elementos distintivos se pueden combinar de cualquier forma adecuada en una o más realizaciones. En la descripción siguiente, se proporcionan diferentes detalles específicos, tales como ejemplos de longitudes, anchuras, formas, etc., al objeto de proporcionar una comprensión profunda de las realizaciones de la invención. Un experto en la técnica reconocerá, sin embargo, que la invención se puede poner en práctica sin uno o más de los detalles específicos, o con otros métodos, componentes, materiales, etc. En otras ocasiones, las estructuras, materiales u operaciones bien conocidas no se muestran o describen en detalle para evitar ocultar los aspectos de la invención.

15 A pesar de que los ejemplos anteriores son ilustrativos de los principios de la presente invención en una o más aplicaciones particulares, será evidente para los expertos en la técnica que se pueden realizar numerosas modificaciones en cuanto a la forma, uso y detalles de la implementación sin el ejercicio de una habilidad inventiva, y sin salirse de los principios y conceptos de la invención. En consecuencia, no se pretende que la invención quede limitada, salvo por las reivindicaciones especificadas a continuación.

25

REIVINDICACIONES

1. Una superficie de cambio de forma reprogramable que comprende;
 - una pluralidad de elementos musculares (10, 30, 40A-D, 41A-D) dispuestos en conjuntos bidimensionales capaces de cambiar de forma tras una estimulación eléctrica, estando los elementos dispuestos en un conjunto al objeto de definir la superficie, en el que cada uno de dichos elementos musculares (10, 30, 40A-D, 41A-D) incluye dos capas de material muscular (11A, 11B) capaces de cambiar de forma tras una estimulación eléctrica y una capa de cableado flexible (15) intercalada entre las capas de material muscular (11A, 11B) y conectada eléctricamente a dichas capas de material muscular (11A, 11B) para el suministro de unas señales de estimulación eléctrica a las capas de material muscular (11A, 11B) para cambiar la forma de los elementos musculares (10, 30, 40A-D, 41A-D) y también la topología de la superficie,
 - unas almohadillas de contacto eléctrico (16A, 16B) en ambos extremos y en ambos lados de la capa de cableado flexible (15), y
 - una pluralidad de clips alargados (37) que se extienden perpendicularmente a una dirección de flexión de las capas de material muscular (10, 30, 40A-D, 41A-D), estando dichos clips alargados adaptados para soportar la estructura en sándwich de los elementos musculares al mantener unidas entre sí las capas de material muscular (11A, 11B) y la capa de cableado flexible (15).
2. La superficie de cambio de forma según la reivindicación 1, en la que las capas de material muscular (11A, 11B) comprenden capas de material con memoria de forma (SMM), tales como capas de aleación con memoria de forma (SMA).
3. La superficie de cambio de forma según la reivindicación 1 o 2, en la que la capa de cableado flexible (15) es común a más de un elemento muscular (10, 30, 40A-D, 41A-D) y comprende unos conductores eléctricos capaces de proporcionar dichas señales de estimulación eléctrica de forma individual para dicha pluralidad de elementos musculares (10, 30, 40A-D, 41A-D).
4. La superficie de cambio de forma según la reivindicación 4, en la que los conductores eléctricos están dispuestos al objeto de hacer posible la demultiplexación de señales individuales, preferiblemente de anchura de pulso variable, para dichos elementos musculares (10, 30, 40A-D, 41A-D) que se han de programar.
5. La superficie de cambio de forma según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que
 - los elementos musculares (10, 30, 40A-D, 41A-D) están dispuestos como tiras (50A-H), comprendiendo cada una de ellas una pluralidad de elementos musculares (10, 30, 40A-D, 41A-D) conectados sucesivamente en una primera dirección, y
 - se proporciona una pluralidad de tiras (50A-H) dispuestas sucesivamente en una segunda dirección perpendicular a dicha primera dirección.
6. La superficie de cambio de forma según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que se proporcionan unos medios para evitar que un flujo de calor llegue a las capas de material muscular (11A, 11B) y/o para enfriar de forma activa los elementos musculares (10, 30, 40A-D, 41A-D), tal como una capa de aislamiento térmico y/o un sistema de circulación de fluido dispuestos en uno o en ambos lados de los elementos musculares (10, 30, 40A-D, 41A-D).
7. Un método para producir una superficie con una forma predefinida, que comprende las etapas de;
 - proporcionar una superficie de cambio de forma reprogramable según cualquiera de las reivindicaciones precedentes,
 - suministrar unas señales de estimulación eléctrica según un esquema de señales correspondiente a dicha forma predefinida a dichos elementos musculares para cambiar la forma de los elementos musculares individuales y también la superficie definida por los elementos musculares.
8. El método según la reivindicación 7, en el que dicho esquema de señales utiliza una demultiplexación para el suministro de dichas señales de estimulación al elemento muscular en un orden predefinido.
9. El método según la reivindicación 7 u 8, que comprende además la obtención de dicho esquema de señales de un modelo digital 3D en un formato legible por ordenador utilizando un ordenador y el suministro de dicho esquema de señales a la lámina de cambio de forma reprogramable utilizando una unidad de control.
10. Una máquina de moldeo por inyección programable, que comprende
 - una cavidad de molde,

- unos medios para la inyección de material moldeable en la cavidad de molde para la conformación de un objeto cuya forma se corresponde con la forma interna de la cavidad de molde,

en la que al menos parte de la cavidad de molde está definida por una superficie de cambio de forma reprogramable según cualquiera de las reivindicaciones 1 – 6.

- 5 11. La máquina de moldeo por inyección programable según la reivindicación 10, que comprende además unos medios para almacenar un modelo 3D de al menos parte del objeto en una forma legible por ordenador, y unos medios para el suministro de las señales de estimulación eléctrica a la lámina de cambio de forma reprogramable al objeto de conformar la lámina para que se corresponda con dicho modelo 3D.
- 10 12. La máquina de moldeo por inyección programable según cualquiera de las reivindicaciones 10 u 11, en la que la lámina de cambio de forma reprogramable comprende una lámina según cualquiera de las reivindicaciones 1 – 9.

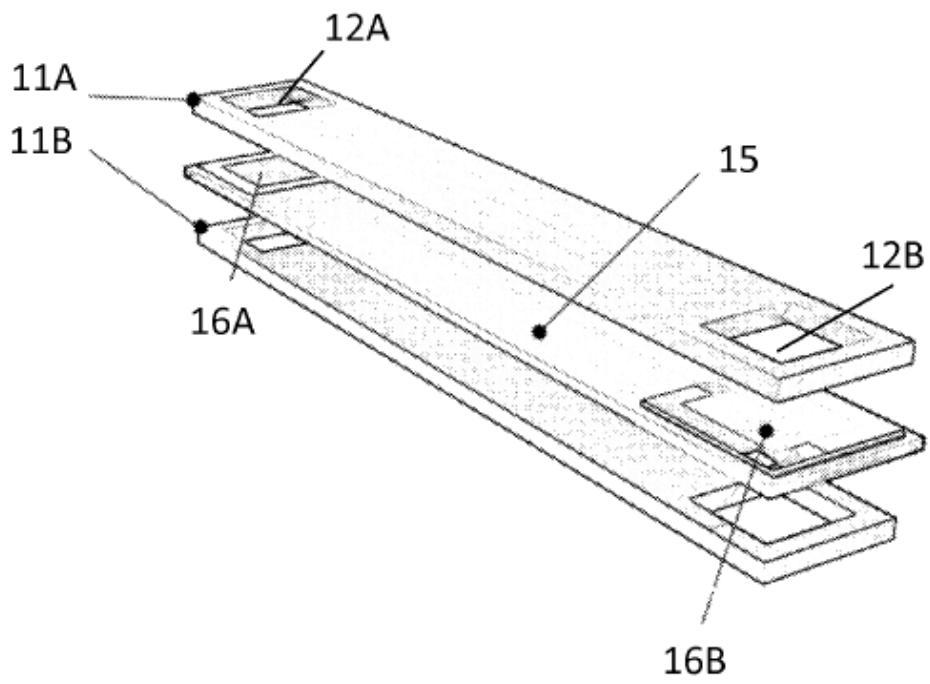


Fig. 1

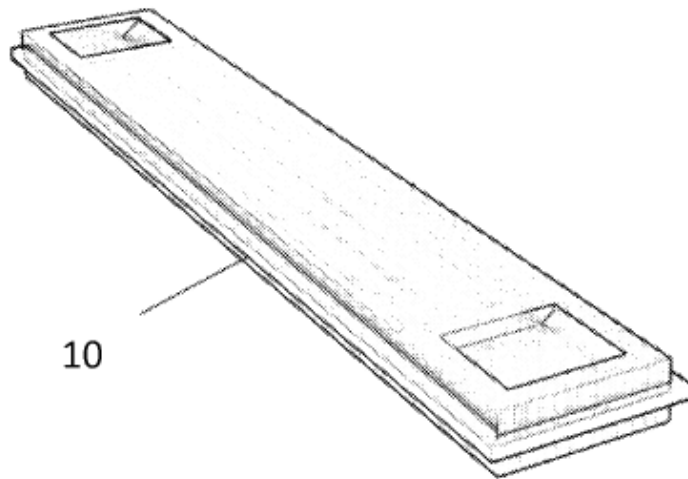


Fig. 2

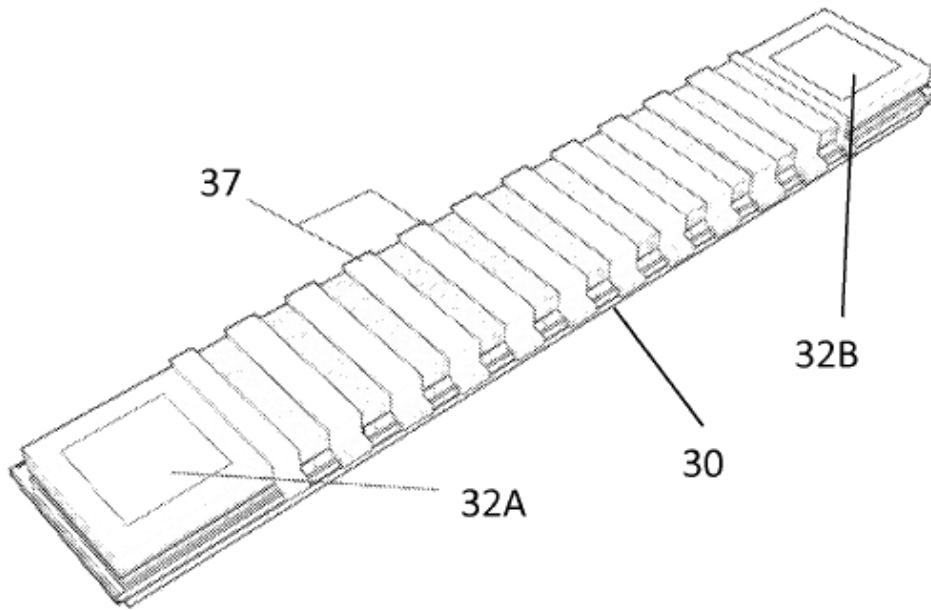


Fig. 3

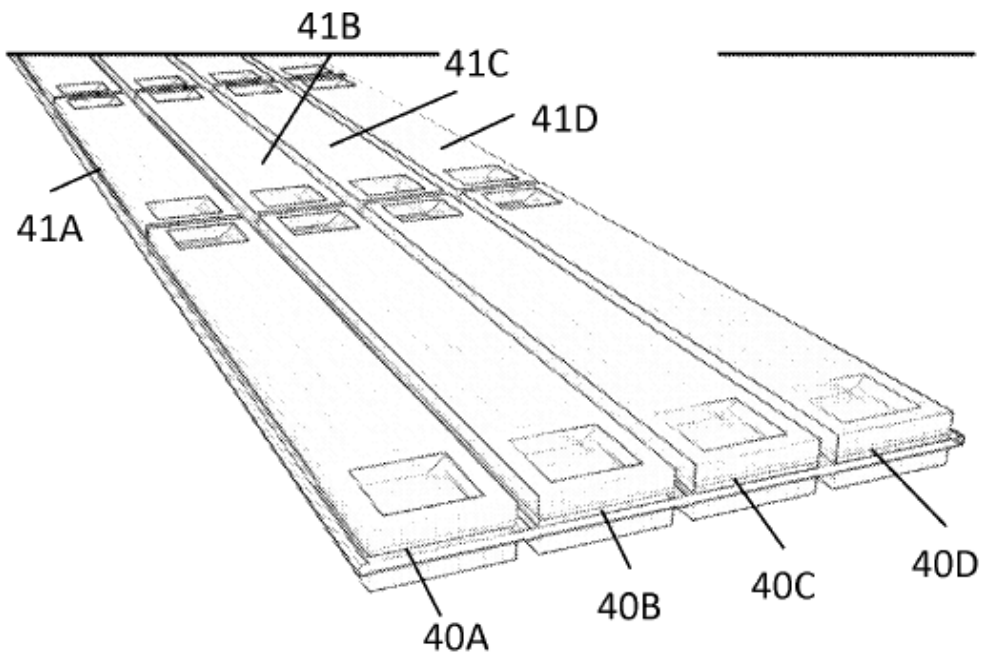


Fig. 4

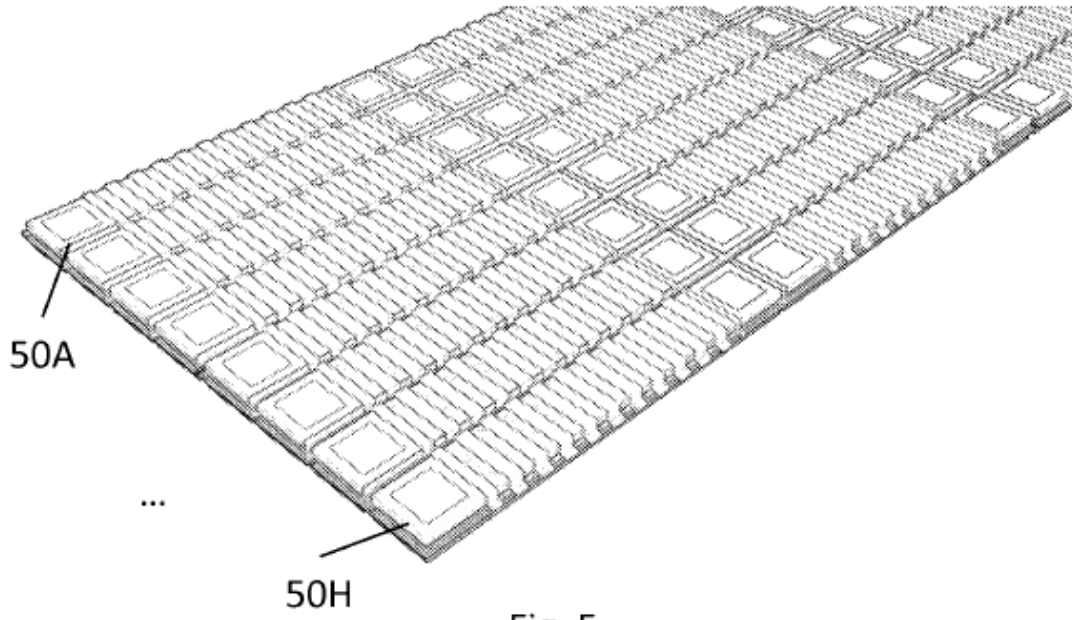


Fig. 5

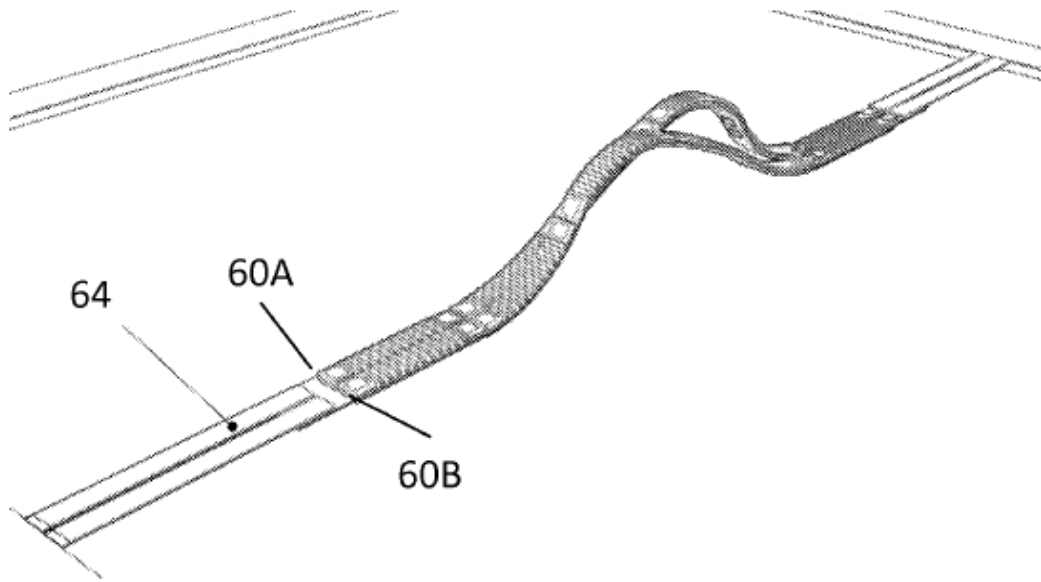


Fig. 6

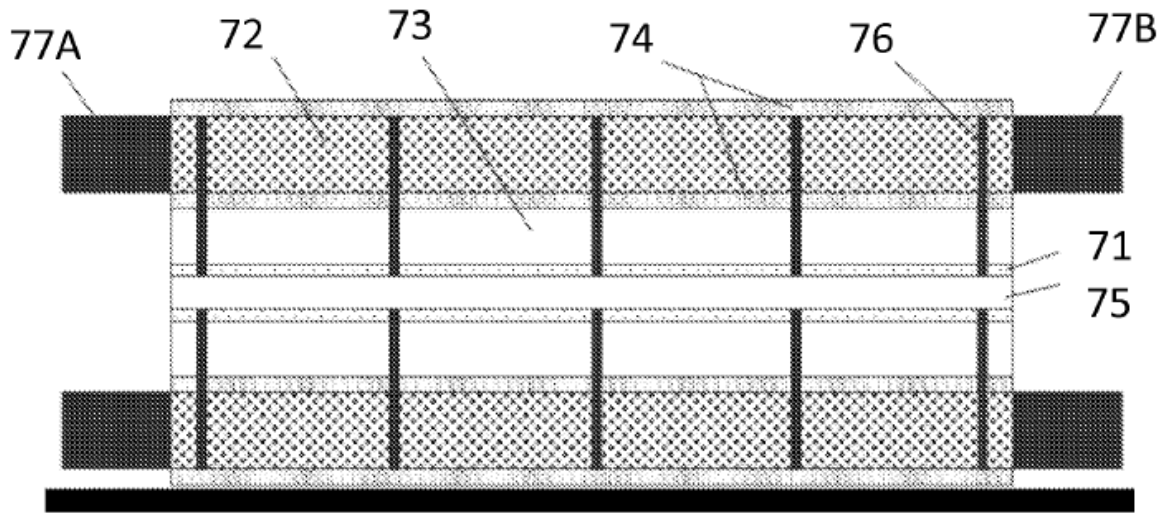


Fig. 7

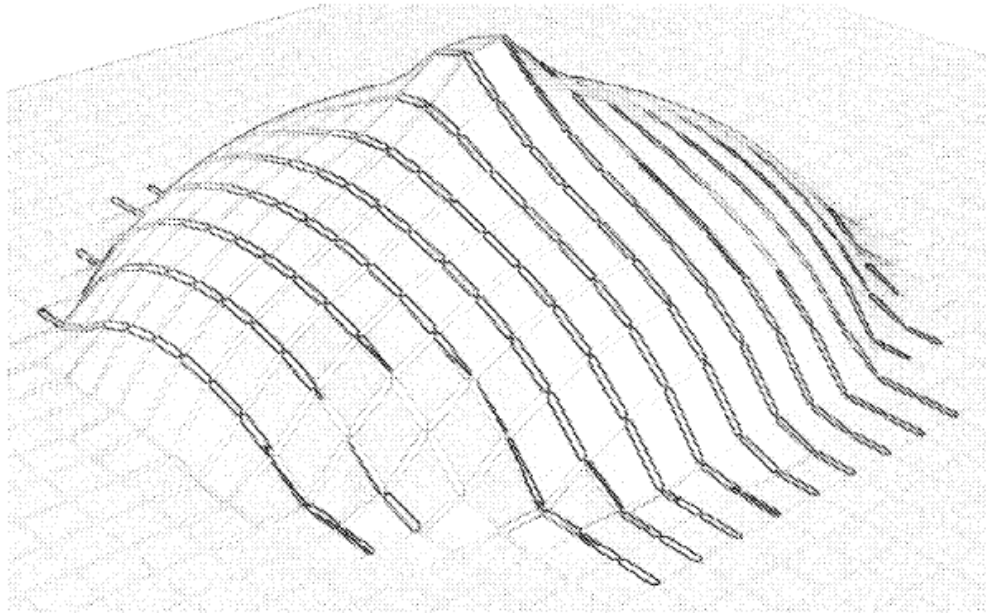


Fig. 8

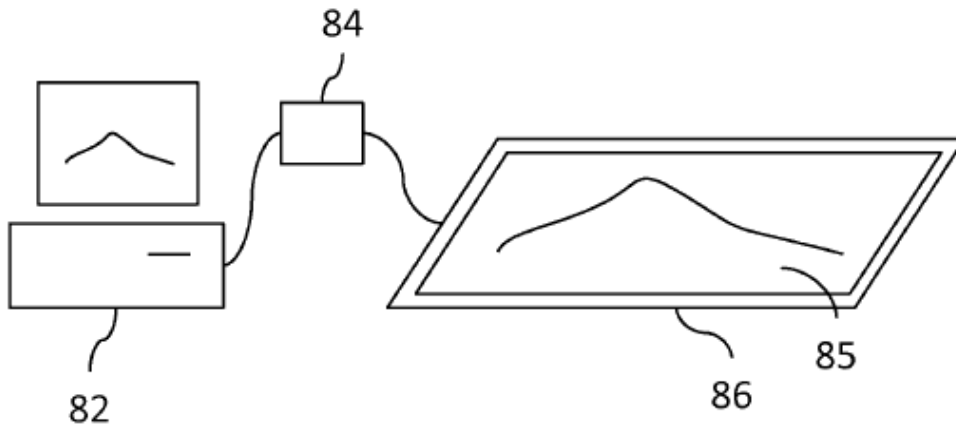


Fig. 9

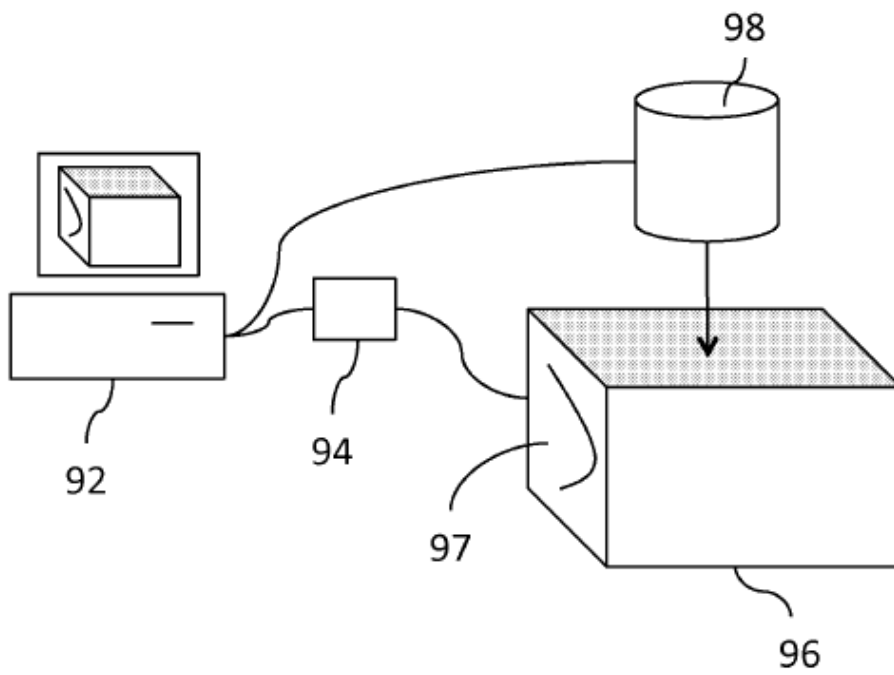


Fig. 10

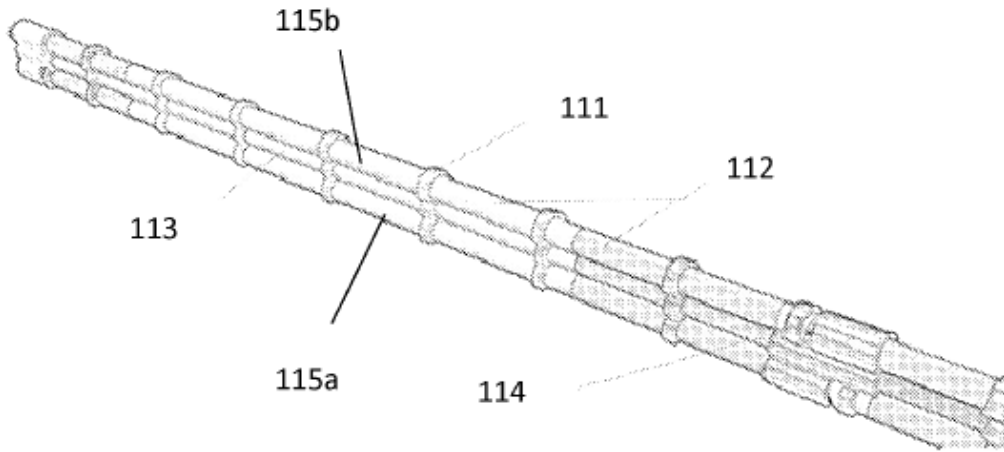


Fig. 11

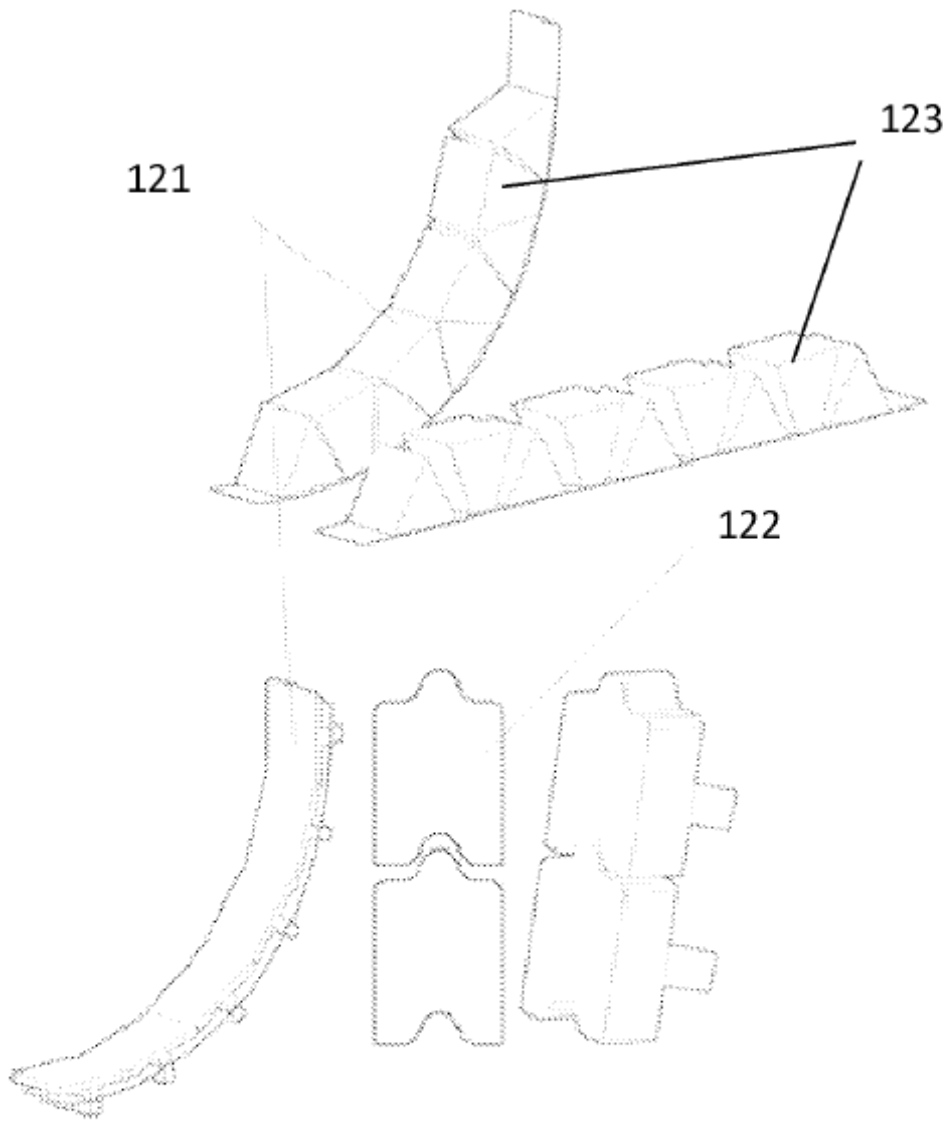


Fig. 12

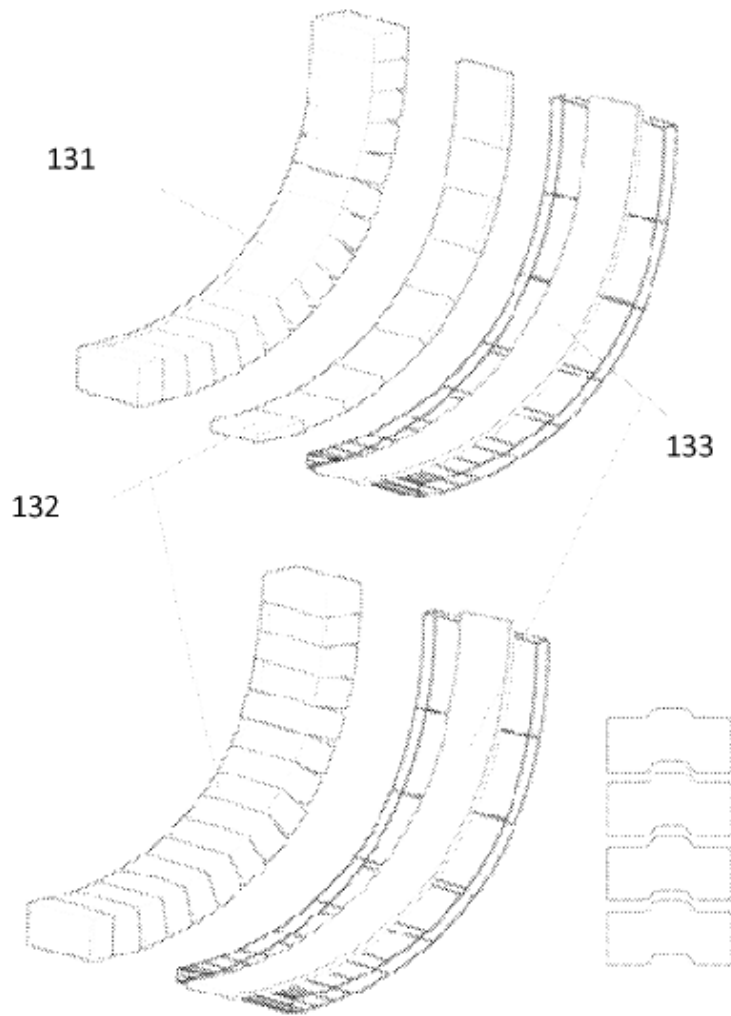


Fig. 13

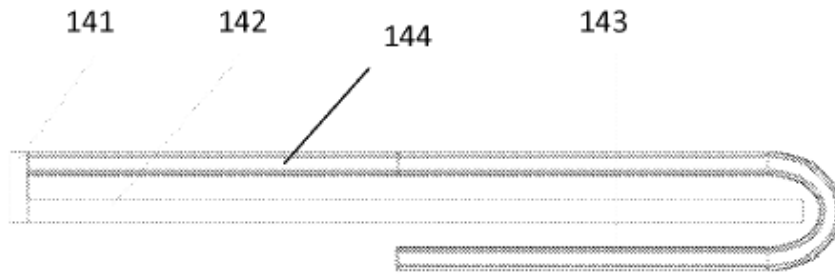


Fig. 14

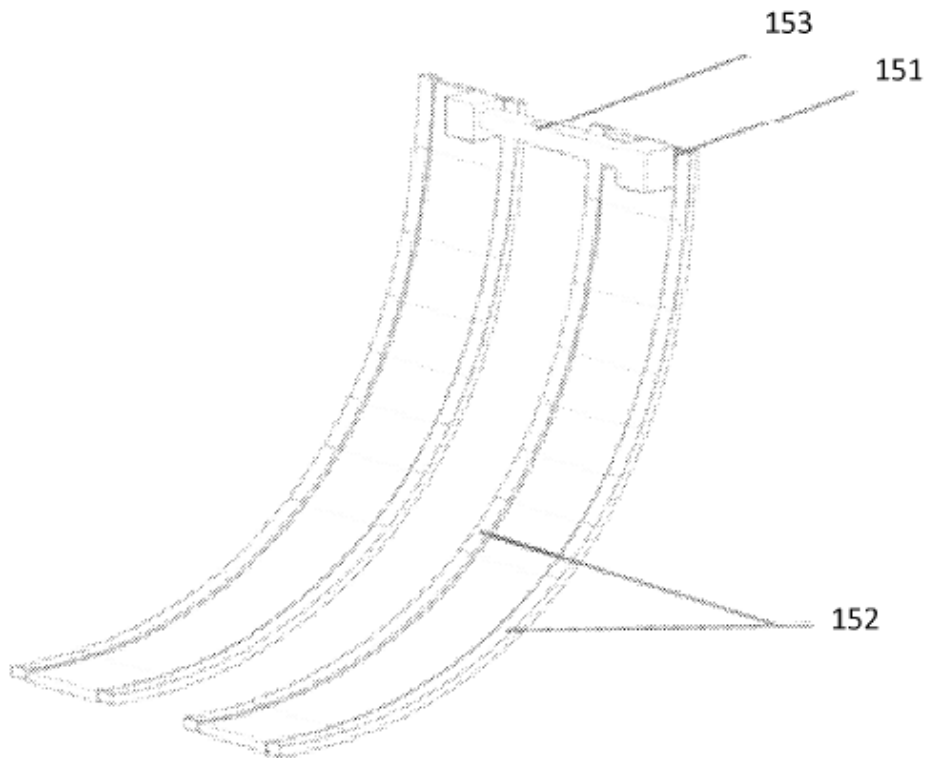


Fig. 15