



TÍTULO DE PATENTE No. 427155

Titular(es): BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
Domicilio: 4 Sur No. 104, Col. Centro, 72000, Puebla, Puebla, MÉXICO
Denominación: ACTUADOR LINEAL PARA MÚSCULO FACIAL ROBÓTICO.
Clasificación: CIP: B25J9/00
CPC: B25J9/00
Inventor(es): DAVID EDUARDO PINTO AVENDAÑO; HUSAIN MIKHDAD KHAMBATI; JAIDEEP UPADHYAY

SOLICITUD

Número:
MX/a/2017/005580

Fecha de Presentación:
28 de abril de 2017

Hora:
09:46

Vigencia: Veinte años

Fecha de Vencimiento: 28 de abril de 2037

Fecha de Expedición: 26 de agosto de 2025

La patente de referencia se otorga con fundamento en los artículos 1º, 2º fracción V, 6º fracción III, y 59 de la Ley de la Propiedad Industrial.

De conformidad con el artículo 23 de la Ley de la Propiedad Industrial, la presente patente tiene una vigencia de veinte años improrrogables, contada a partir de la fecha de presentación de la solicitud y estará sujeta al pago de la tarifa para mantener vigentes los derechos.

Quien suscribe el presente título lo hace con fundamento en lo dispuesto por los artículos 5 fracción I, 9, 10 y 119 de la Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial; artículos 1º, 3º fracción V, inciso a) sub inciso iii), 4º y 12 fracciones I y III del Reglamento del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial; artículos 1º, 3º, 4º, 5º fracción V, inciso a) sub inciso iii), 16 fracciones I y III y 30 del Estatuto Orgánico del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial; artículos 1, 3 y 5 fracción I y antepenúltimo párrafo del Acuerdo Delegatorio de Facultades del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.

El presente documento electrónico ha sido firmado mediante el uso de la firma electrónica avanzada por el servidor público competente, amparada por un certificado digital vigente a la fecha de su elaboración, y es válido de conformidad con lo dispuesto en los artículos 7 y 9 fracción I de la Ley de Firma Electrónica Avanzada y artículo 12 de su Reglamento. Su integridad y autenticidad, se podrá comprobar en www.gob.mx/impi.

Asimismo, se emitió conforme lo previsto por los artículos 1º fracción III; 2º fracción VI; 37, 38 y 39 del Acuerdo por el que se establecen lineamientos en materia de Servicios Electrónicos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.

SUBDIRECTORA DIVISIONAL DE EXAMEN DE FONDO DE PATENTES ÁREAS MECÁNICA, ELÉCTRICA Y DE DISEÑOS INDUSTRIALES Y MODELOS DE UTILIDAD

MARINA OLIMPIA CASTRO ALVEAR



Cadena original:

MARINA OLIMPIA CASTRO ALVEAR|00001000000510738631|SERVICIO DE ADMINISTRACION TRIBUTARIA|1987|MX/2025/86216|MX/a/2017/005580|Título de patente normal|2056|CMPC|Pág(s) 1|MKMEhc3shv1rH1eQD6vBqbddecUM=

Sello Digital:

VL/nZ+FNCgePUEkTdeMqhrX50reG3IHm6ahMVELyoFC/D4+C1jJlUk7aVPOlwT8z9Q9sy+3gugPt1SXZhYGaUQxJT6OV4Ch75sOyvly/lpAY2LdNjxhxcGmbdPAeLEAHgtWhq81eSB4Rm+se68JZEromdxtlYh62/AmCxJX4329Gaj0u4bITMqgRxV/5o9Qv39pYGJnmJFV/DyK3Y9CLdJi7Fq+p0XLuomT4+xEQb5WcWrGn2CWYHJQD1Jw4VL5jYkogNrVlUwSIBjQJfj9FcAiPa1lc6iTuGowSQoj5GoGL7WrdSZxLUXViGhOf9ENKXX78dyBOvGuM6ZgVvg==



MX/2025/86216

ACTUADOR LINEAL PARA MÚSCULO FACIAL ROBÓTICO

Campo de la invención

La presente invención pertenece al campo técnico de actuadores en aplicaciones robóticas. Particularmente, pertenece al campo técnico de actuadores de músculo facial.

Estado de la técnica

En la implementación de un robot modular, es necesario tener una cara para que parezca una figura humana. Con el fin de expresar un cierto grado de expresión a través de la cara, es posible mover los ojos, los párpados, los labios en la cara y asentir con la cabeza.

Sin embargo, en el robot modular convencional, sólo se mueve una parte de la porción de cara y la configuración para esto también es muy complicada y la fiabilidad de funcionamiento es deficiente. Particularmente, la fiabilidad de funcionamiento de la porción de cara no se asegura porque el número de componentes aumenta cuando se emplea una fuente de accionamiento capaz de un control preciso de la operación y, en consecuencia, se requieren componentes adicionales.

Por lo tanto, en el robot modular convencional, sólo se puede mover una parte de la porción de cara y no puede realizarse un control de desplazamiento detallado en la operación de la parte de cara, de manera que se deteriora una variedad de expresiones faciales del robot modular.

En este sentido, se han desarrollado múltiples actuadores faciales para robot. Por ejemplo la solicitud de patente KR20150103610 describe un dispositivo de estructura facial con 5 grados de libertad que utiliza un actuador modular. Dicho dispositivo consiste de dos bastidores. El segundo bastidor está instalado en la parte superior del primer bastidor. El segundo bastidor se hace girar en un lado del primer bastidor de manera que los ojos y los párpados instalados en el segundo bastidor puedan doblarse a la parte inferior del lado frontal. El primer bastidor tiene una segunda pieza de accionamiento de bastidor para girar relativamente el segundo bastidor con respecto al primer bastidor. Además, en el primer bastidor se instala una parte de accionamiento de los labios para accionar un labio inferior que se mueve

relativamente con respecto a un labio superior. Los ojos y los párpados están instalados en el segundo marco y son accionados por piezas de accionamiento de ojos y partes de accionamiento de párpados que tienen un actuador modular.

5 Por otro lado, la solicitud de patente KR20150071198 describe una cara de robot capaz de fijar y separar una piel exterior. Dicha cara consiste de: i) una estructura de cara de la cual una parte de mordaza está diseñada para moverse hacia arriba y hacia abajo por un actuador de junta de mordaza, ii) un módulo de cejas instalado en una superficie lateral exterior de la estructura de cara y accionado por un actuador de cejas; iii) una piel exterior a montar sobre la estructura de la cara, en la que la piel exterior está diseñada para cubrir la estructura de la cara desde una dirección
10 delantera a la dirección trasera.

Adicionalmente, la solicitud de patente TW200937478 describe un actuador electromagnético bio-mímico facial para robot inteligente, que incluye: i) al menos una tira bimetálica que está formada en una tira larga y está hecha de dos materiales de aleación, ii) al menos un calentador conectado a la tira bimetálica, y una primera
15 señal de corriente fluye a través del calentador, iii) un circuito de control para emitir la primera señal de corriente. La tira bimetálica se utiliza como ceja y el circuito de control se utiliza para controlar el calentador para generar calor para controlar la curvatura de la correa bimetálica para formar las variaciones de la forma de ceja en
20 la cara.

Asimismo, el nanomúsculo NM70 (<http://www.imagesco.com/nitinol/files/NM70Super.pdf>) es un actuador lineal que se contrae cuando es activado. Este necesita un resort externo para regresarlo a su posición original. El NM706-Nitinol proporciona un alambre actuador de 0.4054 cm de
25 contracción con una fuerza de salida de 0.55 Newton y tiene un grado de libertad. El diseño de este actuador lo hace bastante difícil de reparar.

En este sentido, existen una continuidad necesidad de actuadores faciales. Por ello, la presente invención proporciona un actuador de músculo facial aplicable a robot. En comparación con aquellos actuadores del estado de la técnica, el actuador de la
30 presente invención tiene una fuerza de salida de 1 Newton y un contracción de una longitud de 0.8 cm, y tiene dos grados de libertad (movimiento lineal y flexión), y los

grados de libertad pueden incrementarse cambiando la posición de los cables de flexinol. Este diseño lo hace muy fácil de reparar y a muy bajo costo. El diseño delgado también le permite fácilmente colocarlo en la piel sintética de un robot.

5 El diseño del dispositivo de accionamiento es muy flexible y se puede doblar en muchas direcciones, dependiendo de la colocación de los cables Flexinol. El diseño de todo el músculo y el tipo de actuadores utilizados hace que sea muy fiable de usar y poco susceptible al fracaso. Tiene 1 millón de ciclos de accionamiento y puede ser embebido muy fácilmente en la piel artificial de un robot, tal y como un músculo humano se une a la piel. También puede ser reparado muy fácilmente y es muy
10 rentable. El actuador también tiene un tiempo de reacción muy rápida y puede cambiar muy rápidamente entre estados de encendido (ON) y apagado (OFF).

En comparación con el estado de la técnica, este sistema de actuación muscular puede ser empotrado fácilmente en la parte trasera de una piel artificial, tal y como los músculos humanos se encuentran en el rostro. El dispositivo puede proporcionar
15 tanto movimientos lineales como de flexión de manera simultánea. El desplazamiento lineal y el desplazamiento de flexión son proporcionales a cada uno, de tal manera que imitan los movimientos reales de un músculo facial humano. Este músculo actuador no requiere de programación compleja y puede ser reemplazado fácilmente si algo sale mal. Este dispositivo ocupa muy poco espacio dejando más espacio
20 dentro del cráneo artificial del robot para ser utilizado para otros propósitos. Este tampoco daña la piel debido a que se encuentra completamente empotrado dentro de la misma piel y no requiere de cables para jalar la piel con la finalidad de replicar las expresiones faciales humanas. Se puede construir de una manera muy barata y es altamente confiable con un ciclo de actuación de hasta un millón de veces.

25 **Breve descripción de las figuras**

La figura 1 es una vista isométrica delantera (A), y trasera (B), del actuador lineal para músculo facial, en donde (1) es estructura cúbica de unión al eje, (1aa) es el eje de la estructura cúbica, (2) es la estructura cúbica del eje ranurado, (2a) es el eje ranurado, (3) es el resorte, (4) y (5) son cables de flexinol, (6) y (8) son tuercas, (7)
30 son los tornillos, y (9) es la ranura del eje ranurado.

Mejor método de llevar a cabo la invención

El método de actuación del actuador lineal está basado en dos cables de Flexinol (Shape Memory Alloy). El actuador está diseñado para imitar los muscular faciales humanos y usarlos en aplicaciones robóticas. El dispositivo está hecho para ser empotrado en la piel artificial de ciertos robots para su uso en movimientos de naturaleza lineal que pueden ser usados por el robot para expresar emociones. Diferentes tamaños de este dispositivo pueden ser usados para diferentes grupos de músculos. El dispositivo es pequeño, más confiable y más barato que los actuales actuadores lineales convencionales. El cable de Flexinol tiene cerca de un millón de ciclos de vida y por tanto requiere menos mantenimiento. El dispositivo hace mucho menos ruido en comparación con los actuadores basados en servo motores. El diseño del dispositivo es simple y puede ser impreso con facilidad usando impresoras 3D. El diseño es elegante y al mismo tiempo lo suficientemente simple para evitar cualquier complicación que pueda surgir.

El alambre de flexinol se contrae cuando una corriente eléctrica de suficiente magnitud es suministrada al alambre, causando la contracción del dispositivo. Cuando la corriente eléctrica suministrada es retirada del alambre, el resorte que es usado en el dispositivo permite que éste se expanda a su posición original. Dependiendo del diámetro del alambre de flexinol y de la constante de respuesta del resorte, el dispositivo puede tener un muy buen tiempo de respuesta.

El dispositivo consiste de dos ejes huecos (1a y 2a, figura 1) que caben uno dentro del otro, que contienen en uno de sus extremos una estructura cubica (1, 2, figura 1) la cual tiene la función de albergar, cada una, un tornillo (7, figura 1) que la atraviesa transversalmente en sentido horizontal y que está interconectada a cuatro tuercas, dos por cada extremo del tornillo, (6, 8, figura 1). Estas piezas fueron impresas usando una impresora 3D de manera separada y posteriormente ensambladas a mano. Un eje (1a, figura 1) tiene un borde y el otro (2a, figura 1) una ranura (9, figura 1) dentro de la cual el eje con borde es puesto. Este diseño es para prevenir que las dos partes se tuerzan cuando son activadas. Un resorte de compresión (3, figura 1) con fuerza constante de $k=1.566$ N/mm se insertó dentro de ambos ejes. El alambre

de Flexinol (4, y 5, figura 1) se mantiene usando tuercas (6, 8, figura 1) y tornillos (7, figura 1) en la parte exterior de la estructura (uno de cada lado) tal y como se muestra en la figura 1 con la finalidad de incrementar la tasa de calor en el cable. Los dos alambres de flexinol (4, 5, figura 1) son conectados en paralelo en el circuito. La
5 compresión de los cables de flexinol causan que los dos ejes compriman el resorte y una vez que la compresión del flexinol es removida, el resorte permite que los dos ejes (1a, 2a, figura 1) regresen a sus respectivas posiciones originales.

Los cables de flexinol fueron proporcionados por Imagesco y de acuerdo a las especificaciones de los cables, que ellos mismos proporcionaron y que fueron
10 confirmados usando un sensor de fuerza PASCO, fuimos capaces de calcular las constantes de tensión del resorte que hemos usado. El diámetro del resorte es menor que los diámetros internos de ambos ejes para permitir que estos se deslicen sobre el resorte.

Cuando este dispositivo fue usado como músculo facial una parte terminal del
15 actuador fue fijada a una estructura sólida, mientras que la otra parte fue colocada en la piel artificial. Esto se hizo con la finalidad de asegurar que el movimiento lineal se realizara únicamente en una dirección. Dos pequeños huecos fueron proporcionados en la parte superior e inferior del dispositivo para pegarlos a la estructura y a la piel artificial.

20 Los alambres de flexinol se contraen hasta 5-7% de su longitud original cuando se aplica una corriente adecuada a dichos alambres. La longitud efectiva del flexinol usado fue de 7.5 cm. El diámetro del alambre de flexinol usado fue de 0.02032 centímetros y su temperatura de activación fue de 90 °c. La compresión observada en el dispositivo fue de 3 mm. La corriente necesaria para obtener esta compresión
25 fue de 1.2 A a 5 Voltios. La corriente suministrada al flexinol estuvo limitada usando una señal PWM (modulación de ancho de pulso) generada por un microcontrolador y un manejador MOSFET simple. Una señal PWM de un ciclo del 50% fue aplicada.

30

REIVINDICACIONES

1. Un actuador lineal para músculo facial robótico, caracterizado porque comprende dos ejes huecos (1a y 2a) que cabe uno dentro del otro, y que contienen en uno de sus extremos una estructura cubica (1, 2), cada una con un tornillo (7) que la atraviesa transversalmente en sentido horizontal y que está interconectada a
- 5
10
15
20
25
30
- cuatro tuercas, dos por cada extremo del tornillo (6, 8); en donde el eje hueco (2a) tiene una ranura (9) longitudinal y el eje hueco (1a) es colocado dentro de dicho eje hueco (2a) que incluye dicha ranura (9); en donde un resorte de compresión (3) con fuerza constante de $k=1.566$ N/mm se inserta dentro de ambos ejes (1a y 2a); en donde dos alambres de Flexinol (4 y 5), de forma independiente, se mantienen usando las tuercas (6 y 8) y el tornillo (7) en la parte exterior de la estructura, uno de cada lado; y en donde los dos alambres de flexinol (4, y 5) están conectados en paralelo a un circuito eléctrico para recibir corriente eléctrica.

RESUMEN

La presente invención describe un actuador lineal para músculo robótico compuesto de una estructura cubica unida a un eje, una estructura cúbica unida a un eje ranurado, un resorte, cables de flexinol, tornillos, y 8 tuercas. Una señal eléctrica de corriente y voltaje apropiado se hace pasar a través del cable de flexinol, lo que induce calor en los cables y por lo tanto hace que se contraigan los cables de flexinol.

10

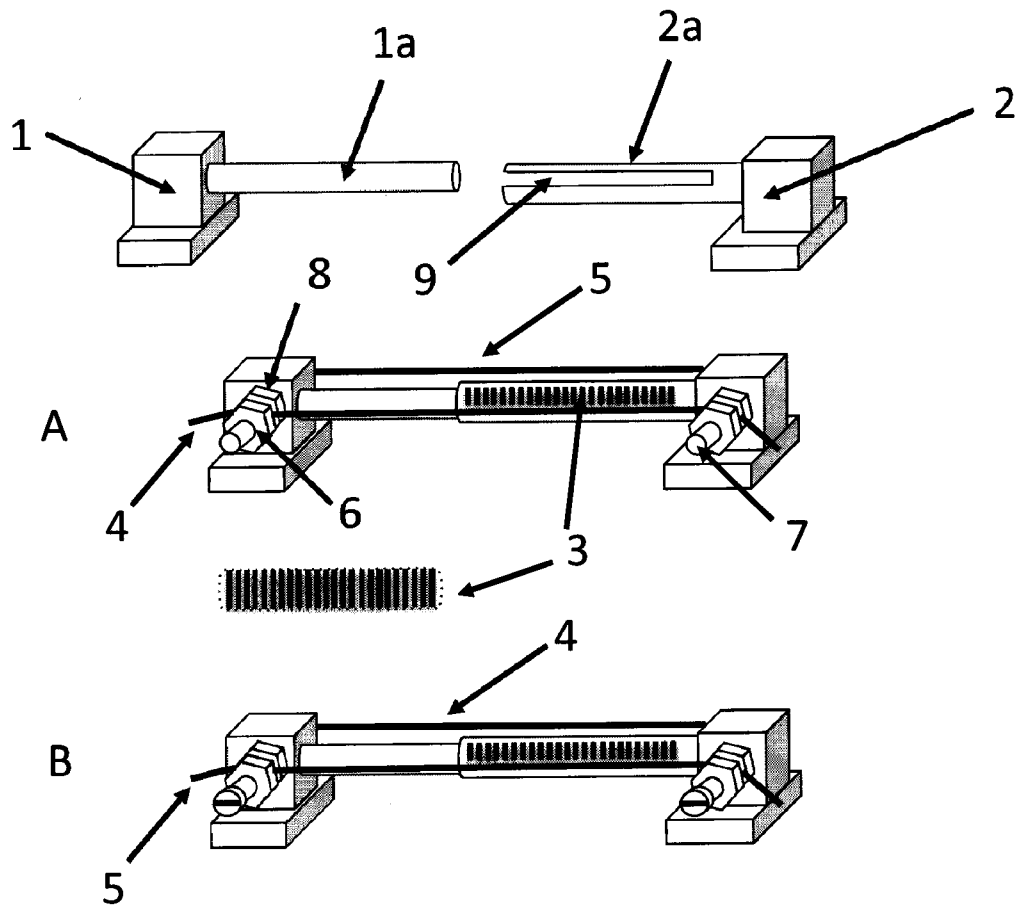


Figura 1