

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 901 529**

51 Int. Cl.:

A61B 17/00 (2006.01)

A61B 90/00 (2006.01)

B25B 9/02 (2006.01)

A61B 17/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.07.2017 PCT/FR2017/051790**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.01.2018 WO18007733**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2017 E 17745419 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.09.2021 EP 3478449**

54 Título: **Pinza mecatrónica**

30 Prioridad:

04.07.2016 FR 1656359

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.03.2022

73 Titular/es:

**PERCIPIO ROBOTICS (33.3%)
18 Rue Alain Savary, Temis Innovation
25000 Besançon, FR;
SORBONNE UNIVERSITE (33.3%) y
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (CNRS) (33.3%)**

72 Inventor/es:

**REGNIER, STÉPHANE;
DAUNIZEAU, THOMAS;
HALIYO, DOGAN SINAN;
LU, TIANMING;
LUTRINGER, MARIE y
HERIBAN, DAVID**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 901 529 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

Pinza mecatrónica

5 La presente invención se refiere a una pinza mecatrónica.

La manipulación de objetos macroscópicos y microscópicos encuentra hoy su aplicación en muchos campos tecnológicos, incluyendo en particular la electrónica, la medicina y la industria relojera.

10 La miniaturización de objetos requiere una evolución de los dispositivos de manipulación, tales como pinzas de micromanipulación o pinzas robóticas. De hecho, existe la necesidad de que las pinzas puedan realizar manipulaciones cada vez más precisas.

15 Hay pinzas que incluyen mecanismos de asistencia a la manipulación para los operadores. Se trata, de manera convencional, de sistemas motorizados para abrir o cerrar los brazos de una pinza. Las pinzas generalmente tienen un elemento de control del tipo de mango de varilla (en inglés: *Joystick*).

20 El documento WO 2015/158945 describe una pinza que comprende brazos accionados por un motor. Los brazos están dispuestos de forma paralela uno con respecto a otro. Esta disposición se mantiene durante la apertura y cierre de los brazos.

25 Cuando las manipulaciones se refieren a objetos a escala micrométrica, las operaciones manuales por parte de los operadores son imposibles. Se recurre a un sistema robótico para controlar este tipo de manipulación. Sin embargo, la intervención de sistemas robóticos requiere interfaces hombre-máquina. Estas interfaces rara vez son intuitivas y dificultan el control de la pinza. Además, los fenómenos físicos encontrados a escala micrométrica (efectos superficiales de las adherencias, etc.) son muy difíciles de controlar o incluso incontrolables.

30 Además, las manipulaciones de objetos en una escala submilimétrica por parte de un operador son difíciles, si no imposibles, con las soluciones del estado de la técnica. Los dispositivos del estado de la técnica son generalmente voluminosos. Las limitaciones de dimensionamiento no son satisfactorias y no responden a las necesidades de los operadores. Además, los dispositivos del estado de la técnica no son satisfactorios en términos de energía.

35 El documento EP1584414 describe una pinza eléctrica que comprende un elemento de prensión para liberar/sujetar un objeto, un elemento de base que tiene una parte de acoplamiento para acoplarse con la otra parte de extremo del elemento de prensión, un elemento de soporte para acoplar de forma fija una parte de extremo del elemento de prensión y que tiene una parte cilíndrica hueca penetrante y un interruptor para hacer girar y detener un motor.

La presente invención mejora la situación.

40 Con este fin, la invención introduce un dispositivo mecatrónico que comprende dos brazos que se extienden, de forma general, a partir de una base en una primera dirección y están diseñados para ser sujetados conjuntamente en la mano por un operador, comprendiendo los dos brazos unos extremos libres que forman una pinza y dispuestos para aproximarse uno al otro por rotación desde una posición de reposo a una posición activa, un motor alojado en la base, un actuador montado entre los brazos, y un medio para controlar dicho actuador, estando unido el actuador al motor a fin de ser accionado en un movimiento de traslación en la primera dirección, teniendo el actuador al menos una primera superficie de contacto dispuesta para formar una leva con al menos una respectiva segunda superficie de contacto situada sobre cada brazo, permaneciendo en contacto la o las primeras superficies de contacto con la o las respectivas segundas superficies de contacto, estando dispuestos los medios de control del actuador para el control de dicho movimiento de traslación del actuador con el fin de producir un movimiento de rotación de dichos brazos, lo que ejerce una fuerza seleccionada de la pinza en su posición activa como se define en la reivindicación 1.

Se trata de una pinza mecatrónica portátil y activa. La pinza mecatrónica está dispuesta de tal manera que la fuerza de prensión percibida por el operador puede desacoplarse de la fuerza resultante de la sujeción de un objeto.

55 Según un modo de realización, la fuerza elegida puede ser una fuerza en contra de la aproximación por rotación de dichos extremos libres. Se trata particularmente de una resistencia percibida por el operador durante la sujeción de un objeto. Según otro modo de realización, la fuerza elegida puede ser una fuerza para ayudar a la aproximación por rotación de dichos extremos libres. En particular, se trata de una ayuda percibida por el operador durante la sujeción de un objeto.

60 De este modo, la pinza mecatrónica de la invención ofrece varios modos operativos y ventajas cuando es utilizada por un operador. En particular, la pinza mecatrónica permite percibir una fuerza que se opone al cierre de la pinza sin que se manipule ningún objeto físico. La pinza mecatrónica también permite sujetar un objeto sin tener que ejercer una fuerza de cierre con los dedos. A estos ejemplos de funcionamiento extremos se añaden el conjunto de los funcionamientos intermedios en los que las fuerzas de prensión y sujeción no son nulas (pero, no obstante, siempre

descorrelacionadas). Además, la pinza mecatrónica permite simular la sujeción de un objeto sin que el objeto físico sea efectivamente sujeto (sujeción virtual de un objeto). La pinza mecatrónica también se puede utilizar de forma automática y/o robótica. De forma accesoria, la pinza mecatrónica se puede emplear igualmente como pinza tradicional cuando el sistema activo de la invención está desactivado (es decir, cuando la fuerza elegida es nula).

5 En la práctica, la fuerza percibida por el operador, es decir, la fuerza que resulta de la sujeción de la pinza en la mano y su mantenimiento se hace independiente de la fuerza que proviene de la sujeción de un objeto gracias al mecanismo activo de la pinza mecatrónica.

10 Ventajosamente, el actuador de la invención está dispuesto sobre un eje longitudinal de la pinza mecatrónica. Ventajosamente, se trata del eje longitudinal central de la pinza mecatrónica. Esto permite minimizar los esfuerzos necesarios para actuar sobre la rotación de los brazos.

15 El movimiento de traslación del actuador según la primera dirección puede ser elegido a partir de un desplazamiento del actuador sobre el eje longitudinal en el primer sentido de este eje y un desplazamiento del actuador sobre el eje longitudinal en el segundo sentido de este eje. En la práctica, se trata de un empuje o de una tracción del actuador que permite, respectivamente, abrir y cerrar la pinza mediante la rotación de los brazos. Una ventaja de los desplazamientos sustancialmente a lo largo del eje longitudinal es en particular la simetría del movimiento de rotación de los brazos, así como la minimización de las fuerzas necesarias para actuar sobre la rotación.

20 El actuador puede incluir un husillo de bolas. Una ventaja de la utilización de un husillo de bolas es, en particular, su bidireccionalidad. Además, el husillo de bolas utilizado en la invención tiene la ventaja de una fricción muy baja. A esto se añade que el ángulo de la hélice es grande, lo que ofrece un alto rendimiento y, por lo tanto, una buena reversibilidad. Finalmente, el husillo de bolas tiene una gran relación diámetro/longitud, lo que garantiza una buena rigidez. Esto es favorable con respecto al ancho de banda, es decir, con respecto a la frecuencia máxima que puede tener la fuerza elegida. El ancho de banda depende sustancialmente de la naturaleza del actuador, así como de la rigidez y la masa de los componentes de la cadena cinemática. Cuanto más rígidos y ligeros son estos elementos, mayor es el ancho de banda. Esto es de particular interés para una aplicación en vistas de la creación de señales táctiles. Los dedos humanos son sensores de alto rendimiento capaces de capturar/medir frecuencias de hasta 500 Hz. Con el fin de cubrir todo el espectro táctil, la pinza mecatrónica prevé excitar los dedos del operador hasta esta frecuencia.

35 El actuador está vinculado al motor por medio de un miembro de acoplamiento flexible. Una ventaja de la invención es, en particular, la flexibilidad de construcción. En efecto, el miembro de acoplamiento flexible permite compensar posibles desviaciones con respecto al eje longitudinal durante el montaje de la pinza mecatrónica.

40 En un modo de realización, el actuador comprende uno o más rodillos montados de forma giratoria, formando cada rodillo la primera superficie de contacto. En este modo de realización, cada brazo incluye uno o más hombros que se proyectan hacia el brazo opuesto, formando cada hombro la respectiva segunda superficie de contacto.

En otro modo de realización, el actuador comprende uno o más planos inclinados, formando cada plano inclinado dicha primera superficie de contacto. En este modo de realización, cada brazo comprende uno o más rodillos montados de forma giratoria, formando cada rodillo la respectiva segunda superficie de contacto.

45 En una u otra forma de realización mencionada anteriormente, que comprende, respectivamente, uno o más rodillos de montaje/hombros y planos inclinados de montaje/rodillos, está formada una leva con el fin de transformar el movimiento de traslación del actuador en un movimiento de rotación de los brazos de la pinza mecatrónica. Una ventaja de esta disposición es que la leva de la invención presenta unas tensiones de fricción muy bajas.

50 Nótese la sinergia que existe entre varios elementos constitutivos de la pinza mecatrónica en términos de minimización de la fricción. Esto tiene varias ventajas y, en particular, en términos de manipulación, de ergonomía, así como en términos de ahorro de energía.

55 El dispositivo mecatrónico de la invención está dispuesto de modo que la o las primeras superficies de contacto y la o las respectivas segundas superficies de contacto permanecen acopladas. Con este fin, la pinza mecatrónica de la invención puede comprender un primer componente magnético en la proximidad de la o las primeras superficies de contacto, y un segundo componente magnético en la proximidad de la o las segundas superficies de contacto. Los componentes magnéticos primero y segundo se atraen entre sí para asegurar al menos parcialmente la situación de acoplamiento entre la o las primeras superficies de contacto y la o las segundas superficies de contacto.

60 En este modo de realización, cada conjunto que forma una leva comprende, por tanto, un campo magnético cuya fuerza empuja el o los rodillos sobre el o los hombros o el o los planos inclinados. Esto tiene la ventaja particular de garantizar la transmisión del movimiento del actuador hacia los brazos y, viceversa, si es necesario. Las fuerzas de empuje y tracción sobre el actuador se transmiten a los brazos para generar una rotación de los mismos.

El primer y segundo componentes magnéticos pueden comprender independientemente uno del otro, un imán permanente, un cuerpo ferromagnético y/o un electroimán. Ventajosamente, se puede construir un circuito magnético alrededor de las levas por medio de uno o más imanes permanentes y núcleos/receptores ferromagnéticos. Esta disposición da como resultado, en particular, un mecanismo de transmisión que generalmente permite evitar cualquier desviación o desplazamiento entre la o las primeras superficies de contacto y la o las respectivas segundas superficies de contacto.

En un modo de realización, la fuerza escogida de la pinza mecatrónica de la invención puede tener un valor comprendido entre -50 N y 50 N, preferiblemente entre -30 N y 30 N. La medición de la fuerza es deducida por una medición de la corriente que atraviesa el bobinado del motor. En cualquier caso, en uso activo, la fuerza elegida es siempre distinta de cero ($\neq 0$ N).

En un modo de realización, los medios de control del dispositivo mecatrónico de la invención comprenden una base de datos de fuerzas predefinidas registradas en una memoria de almacenamiento. En este modo de realización, la fuerza elegida se puede seleccionar entre estas fuerzas predefinidas. La base de datos puede ser escalable e incluir datos medidos y recopilados durante el uso de la pinza. Una ventaja es, en particular, la simulación de fuerzas involucradas durante la manipulación de objetos virtuales con la pinza mecatrónica.

En un modo de realización, los extremos de los brazos pueden incluir puntas intercambiables. Esto ofrece muchas ventajas, como el uso de puntas específicamente adaptadas para determinados objetos o la sustitución de las puntas cuando se rompen.

En un modo de realización, el dispositivo mecatrónico de la invención puede comprender uno o más sensores. El o los sensores pueden ser sensores de fuerza para medir las fuerzas aplicadas en el uso de la pinza, o bien, sensores de velocidad, sensores de posición, sensores de temperatura, sensores de aceleración o sensores magnéticos. La ventaja es, en particular, la medición de datos en tiempo real cuando se utiliza el dispositivo de la invención. Esto permite en particular controlar y actuar en tiempo real sobre la fuerza elegida con los medios de control. Además, los sensores permiten constituir la base de datos relativa al uso de la pinza de la invención.

Otras ventajas y características de la invención resultarán evidentes con la lectura de la descripción detallada a continuación y en los dibujos adjuntos en los que:

- la figura 1 muestra un esquema funcional de un dispositivo mecatrónico según la invención;
- la figura 2 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de control del dispositivo mecatrónico de la invención;
- la figura 3 muestra una vista en perspectiva de un dispositivo mecatrónico según un modo de realización de la invención;
- la figura 4 muestra una vista en perspectiva de una sección del dispositivo de la figura 3;
- la figura 5 muestra una vista desde arriba del dispositivo de la figura 3;
- la figura 6 muestra una vista en perspectiva de cerca de una primera sección parcial del dispositivo de la figura 3;
- la figura 7 muestra una vista en perspectiva de cerca de una segunda sección parcial del dispositivo de la figura 3; y
- la figura 8 muestra una fotografía de un dispositivo mecatrónico tomada en la mano de un operador.

Los dibujos y la descripción dados a continuación contienen esencialmente elementos de cierta naturaleza. Estos forman parte integrante de la descripción y, por tanto, no solo pueden servir para comprender mejor la presente invención, sino que también pueden contribuir a su definición, en caso necesario.

Para la puesta a punto de una pinza capaz de superar los problemas del estado de la técnica, la Solicitante se ha dirigido a la mecatrónica. La mecatrónica es un campo multidisciplinario que combina técnicas de ingeniería mecánica, electrónica, automatización e informática.

La norma NF E 01-010 propone la siguiente definición para mecatrónica: *enfoque orientado a la integración sinérgica de la mecánica, la electrónica, la automatización y la informática en el diseño y fabricación de un producto con miras a incrementar y/u optimizar su funcionalidad.*

La Solicitante ha desarrollado una pinza capaz de transmitir a un operador una fuerza de sujeción no relacionada con la fuerza de reacción del objeto que se manipula. Por el contrario, la pinza es capaz de sujetar un objeto con una fuerza independiente de la ejercida por los dedos del operador. La pinza de la invención también garantiza un uso natural. Se han superado las limitaciones del diseño mecánico. La pinza de la invención tiene una excelente reversibilidad, alta compacidad, baja masa y bajo consumo eléctrico en comparación con las soluciones del estado de la técnica.

La figura 1 muestra un esquema funcional de un dispositivo mecatrónico según la invención. El dispositivo tiene una apariencia general en forma de pinza Bruselas recta. Por tanto, el dispositivo presenta una simetría general con respecto a un eje longitudinal central A. La arquitectura mecánica es simétrica.

Dos brazos 2 están dispuestos respectivamente a cada lado del eje A. Los brazos 2 están montados de manera que son aptos para aproximarse entre sí mediante un movimiento de rotación M_{R1} . Con este fin, cada brazo se fija a un bastidor 12 mediante un punto de rotación 4 (o punto de pivote). Los extremos libres de los brazos pueden de este modo aproximarse entre sí para formar una pinza.

La rotación M_{R1} de los brazos 2 es reversible. La aproximación de los brazos 2 se realiza desde una posición de reposo a una posición activa. La posición de reposo corresponde a una situación en la que no se aplica ninguna tensión a los brazos 2. Cualquier desviación de la posición de reposo es una posición activa. Por ejemplo, cualquier situación aproximada de los brazos 2 es una posición activa. En la posición de reposo, no se ejerce ninguna tensión activa sobre el punto de rotación 4. En la posición activa, se ejerce una tensión de fuerza variable sobre el punto de rotación 4. La disposición del dispositivo mecatrónico permite una sujeción en la mano similar a la prensión en la mano de una pinza clásica.

El dispositivo mecatrónico comprende un motor 16. El motor 16 está dispuesto para accionar un actuador 6. Opcionalmente, un elemento de acoplamiento 14 está dispuesto entre el motor 16 y el actuador 6. El elemento de acoplamiento 14 es preferiblemente flexible (también llamado acoplamiento flexible), con el fin de poder compensar eventuales desviaciones del eje A entre el motor 16 y el actuador 6.

El motor 16 está dispuesto para generar un movimiento de rotación M_{R2} que genera un movimiento de traslación M_T en el actuador. Para ello, el actuador 6 está dispuesto para transformar el movimiento de rotación M_{R2} generado por el motor 16, en movimiento de traslación M_T . Los actuadores que comprenden sistemas del tipo tornillo/tuerca permiten, en particular, transformar un movimiento de rotación (tornillo) y un movimiento de traslación (tuerca).

En otro modo de funcionamiento, el motor 16 puede aplicar directamente un movimiento de traslación al nivel del actuador, y esto sin requerir ninguna transformación de movimiento (s).

El actuador 6 comprende al menos una primera superficie de contacto 8. Cada brazo 2 comprende al menos una segunda superficie de contacto 10. Cada primera superficie de contacto 8 está en contacto con una respectiva segunda superficie de contacto 10. El conjunto de la o las primeras superficies de contacto 8 y la o las segundas superficies de contacto 10 forman una leva. La leva se utiliza para transformar el movimiento de traslación M_T del actuador 6 en un movimiento de rotación M_{R1} de los brazos.

Cada primera superficie de contacto 8 y cada respectiva segunda superficie de contacto 10 permanecen en contacto constante. Así, una tracción del actuador 6 (en el eje A en un sentido dirigido hacia el bastidor 12 en la figura 1), da como resultado la aproximación de los dos brazos uno al otro. A la inversa, un empuje del actuador 6 (en el eje A en un sentido dirigido hacia los extremos de los brazos 2 en la figura 1) da como resultado la separación de los dos brazos uno del otro.

De una manera general, el dispositivo mecatrónico tiene cuatro partes funcionales:

- una parte de accionamiento ACC. que comprende, en particular, el o los elementos capaces de generar una fuerza motriz, tal como el motor 16 y los elementos asociados, como un eje de motor y una fuente de alimentación (batería, por ejemplo);
- una parte de conversión CONV. que comprende, en particular, el o los elementos que permiten transformar el accionamiento del motor en un movimiento de traslación del actuador 6, tal como una parte del actuador 6 del tipo tornillo/tuerca;
- una parte de transmisión TRANS. que comprende, en particular, la o las partes que permiten generar un movimiento de los brazos a partir de la traslación del actuador 6, tal como la primera superficie de contacto 8 y la segunda superficie de contacto 10; y
- una parte de manipulación de MANIP. que comprende, en particular, la o las partes capaces de sujetar un objeto, tal como los extremos de los brazos 2 que forman una pinza.

La figura 2 muestra un diagrama de flujo de un método de control del dispositivo mecatrónico de la invención. Una operación CONTROL EXTERNO comprende el control por parte de un operador o de un sistema robótico de los ajustes de accionamiento de un motor según criterios variables. Una operación ALGORITMO transmite los parámetros del accionamiento a un motor. La operación ALGORITMO comprende en particular cálculos de conversión para generar y luego transmitir al motor unos parámetros ajustados de acuerdo con las opciones establecidas durante la operación CONTROL EXTERNO. Una operación MOTOR comprende la operación activa de un motor de acuerdo con el o los parámetros elegidos durante la operación CONTROL EXTERNO y, en caso necesario, ajustados durante la operación ALGORITMO. La operación activa del motor en la operación MOTOR da como resultado el accionamiento

de un actuador en un movimiento de traslación en una operación ACTUADOR. El accionamiento del actuador actúa directamente sobre los brazos del dispositivo mecatrónico generando un movimiento de rotación de estos últimos en la operación BRAZOS. La fuerza elegida aplicada por el actuador a los brazos está definida por el conjunto de las operaciones CONTROL EXTERNO y ALGORITMO. De esta forma, el operador o el sistema robótico pueden controlar el dispositivo mecatrónico. Las fuerzas resultantes del accionamiento del actuador, su posicionamiento y/o su acción sobre los brazos se pueden medir por medio de sensores durante la operación ACTUADOR. De forma similar, las fuerzas resultantes del movimiento de los dos brazos, se pueden medir sus respectivas posiciones y/o su acción sobre un objeto por medio de sensores durante la operación BRAZOS. Las operaciones ACTUADOR y BRAZOS son de este modo controladas activamente por el operador o por el sistema robótico en una operación MEDICIÓN. Los resultados de las mediciones realizadas por los sensores durante la operación MEDICIÓN de control activo se integran en los cálculos de la operación ALGORITMO con el fin de controlar la fuerza elegida aplicada al dispositivo mecatrónico y por lo tanto para descorrelacionar el esfuerzo del operador con respecto a la sujeción de un objeto.

Ahora se hace referencia a las figuras 3 a 7.

La pinza mecatrónica 100 presenta un aspecto general de una pinza Bruselas recta. La pinza 100 presenta una simetría general con respecto a un eje central longitudinal. Dos brazos 102 se extienden longitudinalmente desde una base 112 en una primera dirección. Cada brazo 102 comprende unos extremos libres 118. Los brazos 102 están montados sobre la base 112 para poder aproximarse entre sí mediante un movimiento de rotación. Con este fin, cada brazo 102 está montado de forma giratoria en la base 112. Más precisamente, cada brazo 102 está fijado a la base 112 mediante una respectiva hoja de resorte 104. Por tanto, la pinza 100 comprende dos hojas de resorte 104. Las hojas de resorte 104 son intercambiables con el fin de modificar la rigidez de la pinza 100 si es necesario.

La aproximación de los brazos 102 entre sí mediante rotación, da como resultado la aproximación entre sí de los extremos libres 118. De este modo, los extremos libres 118 forman una pinza capaz de sujetar objetos. De manera general, los dos brazos 102 tienen extremos libres 118 que forman una pinza y están dispuestos para aproximarse entre sí mediante rotación desde una posición de reposo a una posición activa.

La pinza 100 está configurada para ser sujeta en la mano por un operador. Para este propósito, la pinza 100 tiene una zona de prensión 120 en cada brazo. Durante el uso, un operador puede, en particular, colocar un dedo en cada zona de prensión 120 con el fin de manipular la pinza 100, por ejemplo, colocando el dedo índice y el pulgar de una mano, respectivamente, en uno y otro brazos. 102.

La base 112 aloja un motor 116. El motor puede ser de tipo eléctrico de corriente continua, que tiene un rotor de baja inercia gracias a un núcleo ferromagnético estacionario. En la presente realización ejemplar, el motor es el modelo DCX10L EB KL 4.5V de la empresa MAXON MOTOR AG. Este motor implementa una tecnología denominada "sin núcleo" basada en imanes permanentes. El rendimiento energético, así como el dimensionamiento de este tipo de motor, son particularmente adecuados para el dispositivo mecatrónico de la invención. De manera general, el motor es preferiblemente un motor electromagnético cuya parte móvil está constituida bien por un imán, o por una bobina.

La pinza mecatrónica comprende además un actuador 106. Ventajosamente, el actuador 106 es un husillo de bolas 1061. De hecho, el husillo de bolas tiene un buen desempeño en términos de minimización de la fricción. Un husillo de bolas comprende un miembro de tornillo y un miembro de tuerca acoplados entre sí de manera que un movimiento de traslación de la tuerca provoca un movimiento de rotación del tornillo, y *viceversa*. En la presente realización ejemplar, el actuador 106 es un husillo de bolas del modelo 4x1 Carry Type "ZYI" de la empresa EICHENBERGER GEWINDE AG. El desempeño en términos de fricción, así como el dimensionamiento de este tipo de actuador son particularmente adecuados para el dispositivo mecatrónico de la invención. Se trata de un husillo de bolas en miniatura que presenta un ángulo de hélice $\theta > 4^\circ$. El grado de libertad de rotación de la tuerca del husillo de bolas está bloqueado.

Se pueden utilizar otros tipos de actuadores. Por ejemplo, se pueden utilizar actuadores que comprenden un conjunto de rodamientos de bolas que se mueven con una trayectoria helicoidal alrededor de una varilla lisa [a título de ejemplo: Actuadores lineales Roh'lix® de la sociedad CERO-MAX, INC]. Sin embargo, hoy en día estos tipos de actuadores son generalmente voluminosos.

El actuador 106 está dispuesto para generar un movimiento de traslación en los dos sentidos del eje longitudinal central. En otras palabras, el actuador 106 puede generar un movimiento de traslación en los dos sentidos de la primera dirección: se trata de empuje o tracción. Esto se consigue mediante el husillo de bolas. En efecto, como se mencionó anteriormente, la rotación del tornillo da como resultado un movimiento de traslación del elemento de tuerca del tornillo de bolas.

El motor 116 incluye un eje de motor 1161. El eje del motor 1161 es accionado en movimiento giratorio. El eje del motor 1161 está conectado a un miembro de acoplamiento flexible 114. El miembro de acoplamiento flexible 114 está conectado, además, al actuador 106 y, más precisamente, al elemento de tornillo del tornillo de bolas 1061. El motor 116 de este modo acciona de forma giratoria al tornillo de bolas 1061 del actuador 106 a través del miembro de

acoplamiento flexible 114. El miembro de acoplamiento flexible 114 montado entre el motor 116 y el actuador 106 hace que sea posible compensar las posibles desviaciones axiales entre el eje del motor 116 y el tornillo de bola 1061.

5 El accionamiento giratorio de los resultados de la bola del tornillo en un movimiento de traslación del elemento de tuerca del tornillo de 1061. Para este propósito una cabeza 1062 se proporciona en el actuador 106. La cabeza 1062 puede presión así ejercen. Fuerzas en la pinza mecatrónica 100 y más particularmente en los brazos 102.

10 Para ello, el movimiento de traslación del actuador 106, y concretamente del cabezal 1062, debe transformarse en un movimiento de rotación de los brazos 102. Para ello, la pinza 100 comprende una o más levas. De manera más general, el actuador 106 tiene al menos una primera superficie de contacto dispuesta para formar una leva con al menos una respectiva segunda superficie de contacto ubicada en cada brazo 102.

15 De una manera más general, durante el cierre de la pinza por parte de un operador (aproximación de los brazos), la traslación del elemento de tuerca (cabezal 1062) del tornillo de bolas se convierte en rotación del elemento de tornillo (tornillo 1061) del tornillo de bolas: la impedancia de este movimiento es modulada entonces por el motor 106. Obviamente, la rotación del elemento de tornillo también puede controlar la traslación del elemento de tuerca.

20 El actuador 106 puede, por lo tanto, estar en el origen de una fuerza en contra del acercamiento de los brazos 102 y en el origen de una fuerza que asiste a la aproximación de los brazos 102. Una fuerza en contra de la aproximación se traduce, en la práctica, en una sensación de resistencia para el operador durante la aproximación entre sí de los brazos (y, por lo tanto, de los extremos libres 118). A la inversa, una fuerza que asiste a la aproximación se traduce en la práctica en una sensación de ayuda para el operador durante la aproximación entre sí de los brazos (y, por lo tanto, de los extremos libres 118).

25 De manera muy general, se aumenta la fuerza ejercida por el tornillo 1061 sobre el cabezal 1062 antes de transmitirse a los brazos 102. Se observará, sin embargo, que no se trata del mismo tipo de fuerza.

30 En un modo de realización, el actuador 106 comprende rodillos 108 que forman la primera superficie. En este modo de realización, cada brazo 102 incluye hombros 110 que se proyectan hacia el brazo opuesto. Los hombros tienen planos inclinados comprendidos entre aproximadamente 35° y 75°. La cooperación entre el rodillo y el hombro permite transformar el movimiento de traslación del actuador 106 en un movimiento giratorio de los brazos 102. La disposición del conjunto rodillo/hombro es un miembro que forma una leva.

35 En el presente modo de realización, cada brazo 102 comprende dos hombros 110. Los hombros 110 están dispuestos respectivamente a cada lado del brazo, cerca de los bordes del brazo. Por lo tanto, la pinza mecatrónica tiene cuatro hombros en total. En este modo de realización, el actuador 106 lleva cuatro rodillos 108, estando cada rodillo dispuesto para entrar en contacto con un correspondiente hombro 110.

40 El actuador 106 puede ejercer una fuerza comprendida entre 50 mN y 30 N. Esto da como resultado una sensación para el operador de una fuerza de entre 10 mN y 6 N. En la práctica, el actuador 106 puede generar un empuje o una tracción. Por tanto, el actuador 106 puede ejercer estrictamente una fuerza entre -30 N y 30 N.

45 Para la eficacia de la transformación de traslación-actuador/rotación-brazos, la o las primeras superficies de contacto permanecen acopladas con la o las segundas respectivas superficies de contacto. Para ello, la Solicitante ha descubierto, no sin sorpresa, que en el dispositivo mecatrónico de la invención, los componentes magnéticos permiten establecer un contacto permanente y efectivo entre la o las primeras superficies de contacto y la o las respectivas segundas superficies de contacto, a la vez que se responde a las necesidades energéticas y a las limitaciones de dimensionamiento.

50 En el presente modo de realización, el contacto permanente entre el o los rodillos 108 y el o los hombros 110 se consigue por medio de un primer componente magnético y de un segundo componente magnético. El primer componente magnético aquí está constituido por un imán permanente 122 rodeado por núcleos ferromagnéticos 124. El segundo componente magnético aquí está constituido por un receptor ferromagnético 126. Esta disposición hace posible canalizar el campo magnético del imán permanente con el fin de generar una potente fuerza de contacto entre los rodillos y los hombros.

55 De manera general, la precarga magnética está asegurado por un circuito compuesto, por una parte, por un imán permanente en el que están dispuestos amplificadores hechos de material ferromagnético de alta permeabilidad y baja saturación y, por otra parte, por un receptor constituido por el mismo material ferromagnético y que goza de un movimiento relativo con respecto al resto del circuito magnético. Así, la unión y el contacto entre el rodillo y el hombro (que forman una leva bidireccional) está asegurada por la acción de una precarga magnética.

60 El dispositivo mecatrónico comprende unos medios de control que permiten actuar sobre el actuador 106 y controlarlo activamente en tiempo real. Esto permite producir un movimiento de rotación de dichos brazos que ejerce una fuerza elegida de la pinza en su posición activa. Los medios de control pueden comprender una base de datos de fuerzas

predefinidas almacenadas en una memoria de almacenamiento. Por lo tanto, la fuerza elegida aplicada durante la utilización de la pinza se puede seleccionar entre estas fuerzas predefinidas.

- 5 En uso, la pinza mecatrónica está diseñada para generar activa o automáticamente unas fuerzas de prensión F_p , fuerzas de sujeción F_s y fuerzas sobre el actuador F_a . Las fuerzas se resumen en la Tabla 1. Según las fuerzas que actúan sobre la pinza 100 de la invención, se pueden implementar cuatro casos de operación.

Tabla 1: Diferentes casos de operación de la pinza mecatrónica 100.

	1 ^{er} Caso	2 ^o Caso	3 ^o Caso	4 ^o Caso
F_p Fuerza de prensión	$\neq 0$	$= 0$	$\neq 0$	$\neq 0$
F_s Fuerza de sujeción	$= 0$	$\neq 0$	$\neq 0$	$\neq 0$
F_a Fuerza sobre el actuador	$\neq 0$	$\neq 0$	$\neq 0$	$= 0$
1^{er} Caso: El operador percibe una fuerza que se opone al cierre de la pinza sin que se manipule ningún objeto físico. Una aplicación se puede encontrar en particular en la simulación de la sujeción de objetos o en la sujeción virtual de objetos. 2^o Caso: El operador puede sujetar un objeto sin tener que ejercer ni la menor fuerza de cierre (aproximando los brazos 102) con los dedos. Una aplicación se encuentra, en particular, en el control activo de la sujeción de objetos frágiles. 3^o Caso: Las fuerzas de sujeción y de prensión son distintas de cero. Se puede encontrar una aplicación en particular en la sujeción controlada de objetos en tiempo real. Este es el caso de funcionamiento más general. En efecto, los otros casos son solo casos particulares del presente 3^{er} caso, es decir, cuando una o varias de las fuerzas involucradas son nulas. 4^o Caso: Las fuerzas sobre el actuador son nulas. El sistema activo está desactivado. En estas condiciones, la pinza 100 se puede utilizar como una pinza convencional de tipo pinza Bruselas recta.				

10

El desacoplamiento de fuerzas F_p y F_s se traduce por la existencia de una función definida f tal que:

$$f(\text{efforts } F_p, F_s, F_a) = 0$$

15

La figura 8 muestra una fotografía de un dispositivo mecatrónico según la invención 100. Los brazos 102 son sostenidos en la mano por un operador. La fotografía muestra una mano 200. La fotografía muestra un primer dedo 204 (índice) colocado sobre un primer brazo 102 y un segundo dedo 206 (pulgar) colocado sobre el otro brazo 102. El motor 116 acciona el actuador 106. El cabezal 1062 por lo tanto genera un movimiento de traslación que actúa directamente sobre la separación y la aproximación de los brazos 102 y, por lo tanto, respectivamente sobre la apertura y el cierre de la pinza formada por los extremos libres 118.

20

El conjunto de la cadena cinemática, ACC., CONV., TRANS. y MANIP. compuesta por los diferentes elementos de la pinza mecatrónica es altamente reversible de manera que ninguna influencia parásita (tal como fricción o la inercia de las piezas mecánicas en movimiento) llega a perturbar la fuerza de prensión que se desea ser transmitida a los dedos del operador (o incluso la fuerza de sujeción que quiere ser aplicada a un objeto). Una ventaja es que los elementos que constituyen la cadena cinemática tienen una alta rigidez específica (relación entre la rigidez y la masa) en la dirección del movimiento.

25

Además, el dispositivo mecatrónico puede incluir sensores que miden la fuerza percibida por los dedos del usuario, y/o sensores de posición que miden la abertura de los brazos de la pinza, y/o sensores que permiten deducir coordenadas en el espacio (por medio de la medición de los 6 grados de libertad de posición de la pinza en el espacio).

30

El escaso tamaño del dispositivo de la invención, su ligereza (< 40 g) y su ergonomía lo convierten en una pinza mecatrónica portátil que ofrece una buena sujeción en la mano y una comodidad de uso superior a las soluciones del estado de la técnica. Además, el consumo de energía del dispositivo de la invención es lo suficientemente bajo como para permitir la alimentación con una batería.

35

En resumen, la invención dispone de un sistema cinemático reversible en miniatura que es compatible con la implementación sobre las pinzas de pequeño tamaño como pinzas Bruselas. El sistema cinemático se compone en particular de un motor de baja inercia, un husillo de bolas de alto rendimiento y un conjunto de leva de precarga magnética. Los sensores que miden fuerzas y desplazamientos junto con un sistema de control pueden completar este sistema. El escaso tamaño y la geometría similar a la de una pinza clásica lo convierten en un dispositivo intuitivo y cómodo para que lo use un operador.

40

5 La pinza mecatrónica de la invención permite generar fuerzas de apertura y cierre de hasta 6 N al nivel de los dedos y 3 N en los extremos de los brazos, y esto en una carrera milimétrica de aproximadamente 5 mm entre los dedos y 10 mm al final de la pinza. La pinza también es compatible con las restricciones de portabilidad tales como la compacidad (144 mm x 15 mm x 22 mm), la masa (alrededor de 40 g) y el consumo de energía. Se han realizado ensayos de sujeción de objetos virtuales simulados por ordenador.

10 Se han realizado pruebas de sujeción virtual de objetos. La simulación de objetos se puede calcular, en particular, por ordenador. Los operadores tuvieron la impresión de sujetar físicamente un objeto cerrando los brazos de la pinza de la invención. La sujeción virtual es posible, en particular, mediante la retroalimentación táctil que se opone al movimiento de cierre iniciado por el operador.

15 También se realizaron pruebas de sujeción activa de objetos reales sin fuerzas por parte del operador. Los operadores pudieron sujetar objetos físicos sin hacer ningún esfuerzo para el cierre de la pinza.

20 Además, se llevaron a cabo diversas pruebas de manipulación por parte del operador. Los temblores de las manos de los operadores se compensaron de forma eficaz con el fin de garantizar la constancia del esfuerzo de prensión. Así, la pinza de la invención permite controlar activamente el movimiento y las fuerzas de sujeción realizadas por un operador. La manipulación de objetos a escala submilimétrica por parte de operadores es posible con la pinza de la invención. Además, cuando la pinza está acoplada a un robot, son posibles manipulaciones a escala micrométrica con la pinza de la invención.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo mecatrónico que comprende dos brazos (102) que se extienden de forma general desde una base (112) en una primera dirección y que tienen una forma que permite que un operador lo sujete conjuntamente con la mano, comprendiendo los dos brazos unos extremos libres (118) que forman una pinza y están dispuestos para acercarse entre sí, por rotación, desde una posición de reposo a una posición activa, un motor (116) alojado en la base, un actuador (106) montado entre los brazos y un medio para controlar dicho actuador (106) que está conectado al motor de tal manera que es accionado en un movimiento de traslación según la primera dirección, teniendo el actuador al menos una primera superficie de contacto dispuesta para formar una leva con al menos una respectiva segunda superficie de contacto situada en cada brazo (102), permaneciendo la o las primeras superficies de contacto acopladas con la o las respectivas segundas superficies de contacto, estando dispuestos los medios para controlar el actuador (106) para controlar dicho movimiento de traslación del actuador con el fin de producir un movimiento de rotación de dichos brazos (102) que ejerce una fuerza de pinza elegida en su posición activa, y en el cual la fuerza elegida está entre 50 mN y 50 N y en el cual el actuador (106) está conectado al motor (116) por medio de un miembro de acoplamiento flexible (114).
- 10 2. Dispositivo mecatrónico según la reivindicación 1, en el que dicha fuerza elegida se selecciona entre una fuerza que se opone al acercamiento por rotación de dichos extremos libres y una fuerza que favorece el acercamiento por rotación de dichos extremos libres.
- 15 3. Dispositivo mecatrónico según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el actuador (106) está dispuesto sobre un eje longitudinal y en el que dicho movimiento de traslación del actuador según la primera dirección se elige entre un desplazamiento del actuador sobre el eje longitudinal en el primer sentido de ese eje y un movimiento del actuador sobre el eje longitudinal en el segundo sentido de ese eje.
- 20 4. Dispositivo mecatrónico según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el actuador (106) comprende un husillo de bolas.
- 25 5. Dispositivo mecatrónico según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el actuador comprende uno o más rodillos (108) montados de forma giratoria, formando cada rodillo dicha primera superficie de contacto, y en el que cada brazo comprende uno o más hombros (110) que se proyectan hacia el brazo opuesto, formando cada hombro dicha respectiva segunda superficie de contacto.
- 30 6. Dispositivo mecatrónico según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el actuador (106) comprende uno o más planos inclinados, formando cada plano inclinado dicha primera superficie de contacto, y en el que cada brazo comprende uno o más rodillos montados de forma giratoria, formando cada rodillo dicha respectiva segunda superficie de contacto.
- 35 7. Dispositivo mecatrónico según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un primer componente magnético en la proximidad de la o las primeras superficies de contacto y un segundo componente magnético en la proximidad de la o las segundas superficies de contacto, atrayéndose entre sí el primer y el segundo componentes magnéticos con el fin de asegurar al menos parcialmente la situación de acoplamiento entre la o las primeras superficies de contacto y la o las respectivas segundas superficies de contacto.
- 40 8. Dispositivo mecatrónico según la reivindicación 7, en el que el primer y el segundo componentes magnéticos comprenden independientemente uno del otro, un imán permanente, un cuerpo ferromagnético y/o un electroimán.
- 45 9. Dispositivo mecatrónico según una de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de control comprenden una base de datos de fuerzas predefinidas almacenada en una memoria de almacenamiento y en el que la fuerza elegida se selecciona entre esas fuerzas predefinidas.
- 50 10. Dispositivo mecatrónico según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos extremos libres (118) de los brazos comprenden unas puntas intercambiables.

Fig.1

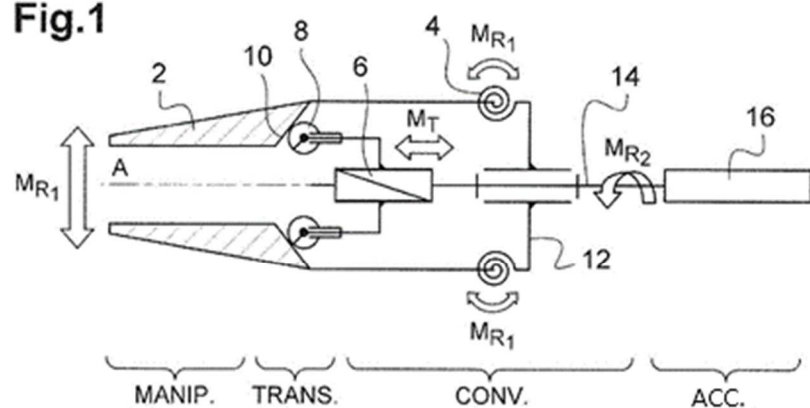


Fig.2

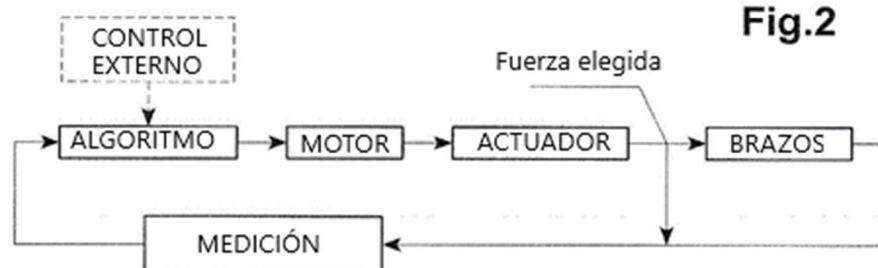


Fig.3

