

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 014 014**

51 Int. Cl.:

A61C 7/20 (2006.01)

B21F 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.03.2022 PCT/EP2022/058029**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.09.2022 WO22200620**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.03.2022 E 22719238 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2025 EP 4284293**

54 Título: **Dispositivo y método de doblado de alambre de ortodoncia**

30 Prioridad:

26.03.2021 EP 21305387

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

16.04.2025

73 Titular/es:

WINNOVE MEDICAL SAS (100.00%)

1 Rue de Paris

35510 Cesson-Sévigné, FR

72 Inventor/es:

HARRABI, FIRAS

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 3 014 014 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

Dispositivo y método de doblado de alambre de ortodoncia

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere al campo de la odontología robótica. En particular, la invención se refiere a un robot de doblado de arco de alambre de ortodoncia.

Antecedentes de la invención

En la producción de aparatos de ortodoncia a medida, como los arcos de alambre, es esencial una elevada precisión y exactitud.

10 En este contexto, los robots de doblado de arcos de alambre de ortodoncia permiten producir arcos de alambre personalizados con mayor precisión y rapidez, en comparación con el modelado manual de arcos de alambre realizado por los ortodontistas.

15 Además de garantizar la precisión y la exactitud, el proceso de fabricación del arco de alambre no debe crear defectos en la superficie del arco de alambre. Los defectos afectan negativamente a las propiedades mecánicas del alambre y pueden provocar la formación de grietas. Una vez colocado el arco de alambre, la sollicitación mecánica (al morder, masticar...) y el ambiente ácido de la cavidad bucal pueden facilitar y acelerar la propagación de las grietas, provocando así una fractura prematura del arco de alambre.

La mayoría de los robots de doblado de arco de alambre de ortodoncia comprenden al menos una herramienta de agarre para sujetar el alambre que se va a doblar en la forma deseada.

20 En algunos casos, se proporcionan dos herramientas de agarre, relativamente móviles entre sí, para sujetar y doblar el alambre al mismo tiempo.

En dichos sistemas, la fricción entre los dedos de la herramienta de agarre y el alambre puede generar una gran tensión local y defectos superficiales.

Además, una presión elevada de las pinzas sobre el alambre puede afectar negativamente a las propiedades elastoplásticas del alambre.

25 Además del efecto adverso sobre el alambre, las pinzas también están asociadas a limitaciones intrínsecas: Con el tiempo, debido al desgaste, los dedos de las herramientas de agarre tienden a moverse y a estar separados unos de otros. Por lo tanto, la distancia entre los dedos y la fuerza aplicada por los dedos sobre el alambre se desvían de la carrera nominal de la pinza y la fuerza de agarre, respectivamente, lo que en última instancia conduce a una pérdida de precisión. Este efecto se observa con mayor frecuencia en ángulos de flexión elevados.

30 La solicitud de patente KR20200074640A describe una unidad de doblado de alambre de este tipo que comprende una parte de fijación con dos dedos (también llamada plantilla) para fijar el alambre, y un par de barras de doblado giratorias para doblar el alambre.

Se han realizado algunos intentos para proporcionar robots de doblado de alambre de ortodoncia sin pinzas.

35 Sin embargo, en la mayoría de los casos todavía se observan con frecuencia defectos superficiales, especialmente en la curva interior. La figura 1A ilustra una ampliación de una parte doblada de un alambre en la que se han creado defectos superficiales (arrugas) en la curva interior.

La solicitud de patente US20170312808A1 describe una máquina de doblado sin pinzas de este tipo que comprende una guía de alambre que incluye un orificio y una parte exterior giratoria en la que se dobla el alambre.

40 La unidad de doblado de alambre y la máquina de doblado descritas respectivamente en las solicitudes de patente KR20200074640A y US20170312808A1 tienen una configuración similar: en el primero, el alambre abandona la unidad de fijación antes de llegar a las barras de doblado; en el segundo, el alambre abandona la guía del alambre antes de llegar a la parte exterior giratoria. En ambos dispositivos, el centro de rotación de las barras de doblado rotativas/porción giratoria está ubicado después del lugar de doblado del alambre en la dirección de inserción del alambre. El documento US 2006/0107720 describe un método y un dispositivo para dar forma a un arco de alambre de ortodoncia. El documento WO 2019/235796 describe un dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia.

45 Esta configuración no proporciona una flexión suficientemente precisa y rápida del alambre.

Por lo tanto, existe la necesidad de un robot de doblado para producir arcos de alambre ortodónticos de una manera precisa y rápida, y que sea resistente al desgaste por fatiga.

Compendio

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia según la reivindicación 1, un sistema de doblado de alambre de ortodoncia según la reivindicación 17 y un método de fabricación de un arco de alambre de ortodoncia según la reivindicación 19.

5 Más en particular, la presente invención tiene como objetivo proporcionar arcos de alambre de ortodoncia sin defectos superficiales, como se ilustra en la figura 1B, y con un comportamiento mecánico y una durabilidad mejorados. para evitar la fractura prematura del arco de alambre: desgaste por fatiga.

También es un objetivo de la presente invención proporcionar un robot de doblado de arcos de ortodoncia de dimensiones compactas, que pueda fabricarse e instalarse fácilmente en la consulta de un ortodoncista.

10 La presente invención se refiere por tanto a un dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia que comprende:

- una unidad de guiado del alambre que comprende un sistema de transporte para conducir el alambre y una salida para insertar el alambre, estando la unidad de guiado del alambre configurada para guiar el alambre en una primera dirección a lo largo de un eje longitudinal a través de la salida, y

15 - una unidad de doblado de alambre alimentada por el alambre insertado en la salida, que comprende al menos un miembro de doblado, pudiendo el al menos un miembro de doblado de alambre girar alrededor de un centro de rotación en un primer plano incluyendo el eje longitudinal, de manera que, cuando el alambre sale de la salida, una rotación del al menos un miembro de doblado alrededor del centro de rotación da como resultado el doblado del alambre próximo a la salida,

20 en donde la salida de la unidad de guiado del alambre está situada, a lo largo de la primera dirección, más allá del centro de rotación.

La presente invención permite minimizar la distancia entre la salida de la unidad de guiado de alambre y el miembro de doblado. Por lo tanto, para un momento de doblado dado, la fuerza aplicada por el miembro de doblado al alambre se maximiza, lo que resulta en un doblado más rápido, eficiente y preciso del alambre. Esto también permite una flexión tridimensional más precisa del alambre, según sea el caso.

25 En una realización, la salida es una boquilla, preferiblemente una boquilla extraíble. Ventajosamente, esta realización permite emplear diferentes boquillas con diferentes secciones transversales según sea necesario.

Una rotación del al menos un miembro de doblado de un ángulo α da como resultado el doblado del alambre de un ángulo β en donde la relación entre α y β viene dada por la siguiente ecuación:

$$\tan (\beta) = \frac{\text{sen} (\alpha)}{\cos (\alpha) - \frac{d}{R}}$$

30 en el que d es la distancia entre el centro de rotación y la salida, y R es la distancia entre el centro de rotación y de al menos un miembro de doblado de alambre.

35 En una realización, el sistema de transporte es capaz de girar alrededor del eje longitudinal. para hacer girar el alambre alrededor del eje longitudinal. Esta característica permite la flexión tridimensional del alambre. Además, es posible obtener la traslación y rotación del alambre dentro de un solo sistema, reduciendo así las dimensiones del dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia.

En una realización, la unidad de guiado de alambre comprende un tubo configurado para alojar y guiar el alambre.

En una realización, el tubo comprende:

- a. una cubierta externa, preferiblemente hecha de un material metálico o de aleación y
- b. una funda interior, preferiblemente hecha de un elastómero termoplástico de calidad médica.

40 Por lo tanto, el alambre puede transportarse de forma segura hasta la salida.

En una realización, la salida tiene una superficie interior que tiene un radio interior, una superficie exterior, y un bisel o círculo que se extiende desde la superficie interior a la superficie exterior, el bisel o redondo que tiene un radio de curvatura que es igual o mayor que el radio interior, preferiblemente igual o mayor que el diámetro interior. La presencia del bisel o círculo evita la creación de defectos superficiales en la curva interior del alambre. En una realización, la salida puede tener una sección transversal circular y el radio de curvatura de la ronda puede ser constante.

45 Alternativamente, la salida puede tener una sección transversal cuadrada con al menos dos círculos diferentes que

tienen dos radios de curvatura diferentes. En esta realización alternativa, es posible seleccionar el círculo preferido con una simple rotación.

5 En una realización, la unidad de doblado de alambre comprende una placa capaz de girar alrededor de un eje de rotación perpendicular al eje longitudinal. en donde al menos un miembro de doblado sobresale de dicha placa giratoria. El al menos un miembro de doblado puede retirarse de la placa. de modo que se pueden usar diferentes miembros de doblado en función de las características del alambre y/o la forma del arco de alambre que se va a obtener.

10 En una realización, la unidad de guiado de alambre comprende un cuerpo hueco que tiene un extremo proximal y un extremo distal, estando el cuerpo hueco conectado de forma no giratoria al sistema de transporte y configurado para recibir, en su extremo proximal, el alambre del sistema de transporte y guiarlo a lo largo de la primera dirección hacia la unidad de doblado de alambre. Por lo tanto, el alambre avanza dentro del cuerpo hueco y se inserta en la salida, donde queda expuesto a la unidad de doblado de alambre y puede doblarse. En una realización, el cuerpo hueco está hecho de un metal o de una aleación metálica que asegura un avance fluido, sin complicaciones del alambre hacia la salida y evita la aparición de fricciones rotacionales.

En una realización, el al menos un miembro de doblado de alambre es una varilla de doblado.

15 En una realización, la varilla de doblado tiene un diámetro que disminuye a lo largo de la dirección de proyección, preferiblemente la varilla comprende una primera parte de forma frustocónica y una segunda parte libre de forma cilíndrica. El diámetro decreciente permite doblar el alambre para obtener así cualquier forma de arco de alambre, garantizando al mismo tiempo la estabilidad mecánica del miembro de doblado.

20 En una realización, la unidad de doblado de alambre comprende además un miembro de corte de alambre, preferiblemente el miembro de corte de alambre es una varilla que tiene un borde afilado. En esta realización, la función de corte de alambre está integrada en la unidad de doblado de alambre, y no hay necesidad de proporcionar una unidad de corte de alambre separada.

En una realización, la unidad de doblado de alambre comprende un miembro de doblado, preferiblemente capaz de girar alrededor de un centro de rotación de al menos 180°, preferiblemente de al menos 200°.

25 Según la invención, la unidad de doblado de alambre comprende un miembro de doblado capaz de trasladarse a lo largo de una dirección perpendicular al primer plano.

En una realización, la unidad de doblado de alambre comprende un miembro de doblado y el sistema de transporte es capaz de una rotación alrededor del eje longitudinal mayor de 180°, preferiblemente mayor de 360°, para proporcionar una flexión de segundo orden.

30 En una realización, la unidad de doblado de alambre comprende dos miembros de doblado, preferiblemente separados por una distancia angular comprendida entre 10° y 170°, más preferiblemente entre 45° y 120°, incluso más preferiblemente, igual a 90°. En esta realización, el sistema de transporte puede ser capaz de girar alrededor del eje longitudinal con un ángulo comprendido entre 0° y 180°. para proporcionar una flexión de segundo orden.

La presente invención también se refiere a un sistema de doblado de alambre de ortodoncia que comprende:

35 a. un dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia según una cualquiera de las reivindicaciones 1-16, el dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia que responde a los comandos de control;

40 b. un conjunto accionador que comprende un primer accionador conectado operativamente a la unidad de guiado de alambre y configurado para accionar el alambre en la unidad de guiado, y un segundo accionador conectado operativamente a la unidad de doblado de alambre configurado para accionar en rotación de al menos un miembro de doblado; y

c. un controlador programable configurado para enviar comandos de control a los controladores del conjunto de controladores, para operar el dispositivo de doblado de ortodoncia.

Ventajosamente, el controlador permite operar las diferentes unidades del dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia. para obtener la forma de arco deseada.

45 En una realización, el controlador está configurado para recibir, como entrada, un archivo que comprende una lista de instrucciones de doblado y para operar el dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia en función de las instrucciones de doblado del archivo. Las instrucciones de doblado se obtienen de un modelo digital de la forma de arco de alambre deseada.

50 En una realización, el sistema comprende además una unidad de detección de alambre para detectar la presencia del alambre, instalándose dicha unidad de detección de alambre preferiblemente entre la salida de la unidad de guía de alambre y la unidad de doblado de alambre.

En una realización, el sistema comprende una interfaz hombre-máquina conectada al controlador. La interfaz hombre-

máquina se puede usar para visualizar un modelo tridimensional de la dentición de un sujeto y para crear un modelo digital de un arco de alambre personalizado. El sistema puede comprender un procesador configurado para convertir el modelo digital del arco de alambre personalizado en instrucciones de doblado.

5 La presente invención también se refiere a un método para fabricar un arco de alambre de ortodoncia con el dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16. el método comprende:

- guiar el alambre a través de la unidad de guía de alambre en una primera dirección a lo largo del eje longitudinal, e insertar el alambre de la unidad de guía de alambre a través de la salida;
- alimentar la unidad de doblado de alambre con el alambre insertado desde la salida;
- 10 - hacer girar al menos un miembro de doblado de alambre de un ángulo predefinido α alrededor del centro de rotación para doblar el alambre.

Este método permite doblar el alambre de manera eficiente y precisa, sin introducir defectos en la superficie. Por lo tanto, el arco de alambre que se obtiene es más resistente a la sollicitación mecánica y al entorno ácido de la cavidad oral.

Definiciones

En la presente invención, los siguientes términos y expresiones tienen los siguientes significados:

- 15 - La "curvatura de primer orden" se refiere a la curvatura del alambre en un plano que incluye la línea de oclusión, como, por ejemplo: curvatura de eminencia canina, curva de compensación molar, curva antirrotación.
- La "curvatura de segundo orden" se refiere a la curvatura del alambre en un plano que incluye la dirección ocluso-gingival, tal como, por ejemplo: curva de punta a cuello, curva en V, curva de posicionamiento artístico.
- 20 - "El ángulo de doblado" es el ángulo entre la parte doblada del alambre, es decir, el segmento de alambre situado debajo de la unidad de doblado; y el eje x del alambre, es decir, el eje longitudinal del alambre antes del doblado.
- La "curvatura interior" se refiere al lado del alambre que se comprime durante el doblado.
- La "curvatura exterior" se refiere al lado del alambre que está bajo tensión durante el doblado.
- "centro de rotación" se refiere en el presente documento al centro de la trayectoria del arco circular que puede ser cubierto por el miembro de doblado 31, 32.

25 Descripción detallada

La siguiente descripción detallada se entenderá mejor si se lee junto con los dibujos. A efectos ilustrativos, el dispositivo se muestra en las realizaciones preferidas. Debe entenderse, sin embargo, que la solicitud no se limita a las disposiciones precisas, estructuras, características, realizaciones y aspectos mostrados. Los dibujos no están hechos a escala y no pretenden limitar el alcance de las reivindicaciones a las realizaciones representadas. Por consiguiente, debe entenderse que cuando las características mencionadas en las reivindicaciones anexas van seguidas de signos de referencia, dichos signos se incluyen únicamente con el fin de mejorar la inteligibilidad de las reivindicaciones y no limitan en modo alguno el alcance de las reivindicaciones.

La presente invención se refiere a un dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia 1 que comprende una unidad de guía de alambre 2 y una unidad de doblado de alambre 3, como se muestra en las figuras 2, 3 y 7.

35 En la siguiente descripción detallada, el término "proximal" se refiere a un elemento, o a la extremidad de un elemento, que está más cerca de la unidad de guiado de alambre 1; mientras que el término "distal" se refiere a un elemento, o a una extremidad de un elemento, que está más cerca de la unidad de doblado de alambre 3.

En la presente invención, la unidad de guiado de alambre 2 comprende un sistema de transporte 21 para accionar el alambre y una salida 22 para insertar el alambre. La unidad de guiado de alambre 2 está configurada para guiar el alambre en una primera dirección (representada por la flecha blanca en la figura 2) a lo largo de un eje longitudinal x a través de la salida 22.

La unidad de doblado de alambre 3 está configurada para recibir el alambre w insertado en la salida de la unidad de guiado de alambre 2. Dicha unidad de doblado de alambre 3 comprende al menos un miembro de doblado de alambre 31, 32, que es capaz de girar alrededor de un centro de rotación C en un primer plano P incluyendo el eje longitudinal x, En otras palabras, el eje de rotación que pasa a través de C del miembro de doblado es perpendicular al plano P, y C está en el eje longitudinal x.

Cuando el alambre sale por la salida 22, una rotación del al menos un miembro de doblado 31, 32 alrededor del centro de rotación C da como resultado el doblado del alambre w.

El alambre avanza a través del dispositivo de manera escalonada desde la unidad de guiado de alambre 2 hacia la

unidad de doblado de alambre 3, a lo largo del eje longitudinal x. Tras una etapa de avance, el alambre se dobla en la unidad de doblado de alambre 3 con un primer ángulo de doblado β . En la siguiente etapa de avance, el alambre puede doblarse en la unidad de doblado de alambre 3 con un segundo ángulo de doblado, y así sucesivamente, hasta obtener la forma de arco de alambre deseada.

5 **El dispositivo**

Como se ilustra en la figura 3, la unidad de guiado de alambre 2 comprende un sistema de transporte 21 para accionar el alambre w y una salida 22 para insertar el alambre.

10 En la unidad de guiado de alambre 2 ilustrada en la figura 3, la salida 22 es una boquilla. Más en particular, la salida 22 es una boquilla que tiene la forma de un sólido compuesto: un prisma hexagonal proximal y un cono distal; el prisma hexagonal permite enroscar eficazmente la boquilla en el dispositivo. En otra realización, la salida 22 es una boquilla que tiene una forma cilíndrica proximal y un cono distal; montada con un tornillo de presión.

15 El sistema de transporte 21 puede comprender un par de rodillos, o engranajes, capaces de girar alrededor de un eje perpendicular al eje longitudinal x. de modo que, cuando el alambre w pasa entre los dos rodillos, la rotación de los rodillos da como resultado el avance del alambre. Se pueden usar varios sistemas de transmisión para accionar los rodillos o engranajes en rotación: por ejemplo, un impulsor puede estar conectado a un engranaje impulsor a través de un eje, o los rodillos pueden estar accionados por correa. A lo largo de esta descripción, los impulsores pueden ser ventajosamente motores.

20 La figura 3 representa una vista en perspectiva de la unidad de guiado de alambre 2 de la presente invención según una realización particular en la que el sistema de transporte 21 comprende un rodillo impulsor 211, un rodillo accionado 212, un impulsor 213 conectado al rodillo impulsor 211 y configurado para accionar los rodillos 211, 212 en rotación, y un tubo 214 colocado de manera ascendente a dichos rodillos.

En algunas realizaciones, la unidad de guiado de alambres 2 comprende un tubo 214 configurado para alojar y guiar el alambre; que puede instalarse de manera ascendente, o descendente del sistema de transporte 21 o dentro del sistema de transporte 21.

25 En una realización, el sistema de transporte 21 es capaz de girar alrededor del eje longitudinal x. para hacer girar el alambre w alrededor del eje x.

30 Un ejemplo de un sistema de transporte 21 giratorio según la presente invención se ilustra en la figura 3. En esta realización, el sistema de transporte 21 es capaz de girar alrededor del eje longitudinal x, ya que puede ser impulsado en rotación por un conjunto de correa y polea 215, conectado a un impulsor 216. El sistema de transporte 21 que se ilustra en él comprende un miembro de soporte 217 sobre el que están montados los rodillos 211, 212 y el impulsor 213. El elemento de soporte 217 está conectado al conjunto de correa y polea 215 y tiene la doble función de soportar los rodillos 211, 212 y el impulsor 213, y permitir la rotación del sistema de transporte 21 alrededor del eje x.

Con un sistema de transporte giratorio 21 de este tipo, es posible trasladar simultáneamente el alambre a lo largo del eje longitudinal x y rotarlo alrededor de dicho eje.

35 Si el sistema de transporte 21 se acciona en rotación alrededor del eje longitudinal x durante el avance del alambre, los ángulos de doblado consecutivos β no se encuentran en el mismo plano de doblado. Por lo tanto, la rotación del sistema de transporte 21 permite modificar el plano de doblado en cada etapa de avance del alambre. para proporcionar un doblado de segundo orden.

40 Ventajosamente, la longitud total a cubrir por el alambre también se reduce, porque la traslación y la rotación del alambre se obtienen simultáneamente dentro de la unidad de guiado de alambre 2. Con esta realización, por lo tanto, es posible reducir las dimensiones del dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia 1.

Esto no sería posible en un dispositivo de doblado de alambre en el que el avance del alambre y la rotación del alambre alrededor de la dirección de avance sean proporcionados por componentes separados.

45 En una realización, el sistema de transporte 21 es capaz de girar alrededor del eje longitudinal x hasta un ángulo de 180° , preferiblemente de al menos un ángulo de 180° , más preferiblemente de al menos un ángulo de 360° . Un ángulo de rotación igual o superior a 360° es especialmente interesante en una configuración con solo un miembro de doblado. Un ejemplo de esta realización se ilustra en las figuras 4A y 4B. En la figura 4A, la unidad de guiado de alambre 2 se representa en una primera posición en la que el ángulo de rotación del sistema de transporte 21 es de 90° , y en la figura 4B se representa en una segunda posición en la que el ángulo de rotación es de 180° .

50 Como se ha mencionado anteriormente, la unidad de guiado de alambre 2 puede comprender un tubo 214 configurado para alojar y guiar el alambre. Preferiblemente, el tubo 214 está hecho de un metal o una aleación metálica; más preferiblemente, un metal o una aleación metálica de calidad médica.

Los ejemplos de metales o aleaciones metálicas adecuados comprenden: acero inoxidable, aluminio, aleación de cobalto-cromo, titanio, aleación de níquel-titanio (nitinol). Preferiblemente, la cubierta externa está hecha de un

material de aleación o metal de calidad médica.

En una realización, el tubo 214 comprende una cubierta externa y una funda interna.

En una realización, la cubierta externa está hecha de un metal o una aleación de metal.

En una realización, la funda interior es una funda polimérica.

- 5 En una realización, la funda interior está formada por un elastómero termoplástico, tal como, por ejemplo, un elastómero de uretano termoplástico (TPU), una olefina elástica termoplástica (TEO), estireno-etileno-butileno-estireno (SEBS), copolímeros en bloque de poliéter-éster (COPE), una amida en bloque de poliéter termoplástica (PEBA) o una combinación de los mismos.

Preferiblemente, el elastómero termoplástico es un elastómero termoplástico de calidad médica.

- 10 La unidad de guiado de alambre 2 puede comprender además un cuerpo hueco 218 que tiene una superficie externa y una superficie interna que definen una parte hueca interna. El cuerpo hueco 218 se extiende, a lo largo de una dirección paralela al eje longitudinal x, desde el sistema de transporte 21 hasta la salida 22. de modo que el alambre que sale del sistema de transporte 21 entra en el cuerpo hueco 218, avanza dentro de la parte hueca interna y se inserta en la salida 22 de la unidad de guiado de alambre 2. En este caso, el alambre está expuesto a la unidad de doblado de alambre 3 y puede doblarse mediante el miembro de doblado 31, 32.
- 15

En una realización, el cuerpo hueco 218 está hecho de un material metálico o de aleación.

Los materiales metálicos o de aleación evitan la fricción rotacional que podría resultar de la rotación del alambre con respecto a la superficie interna del cuerpo hueco 218. Esta fricción puede aumentar el riesgo de formación de grietas y provocar pérdidas de energía.

- 20 En la invención, la unidad de guiado de alambre 2 comprende una salida 22 que está ubicada, a lo largo de la primera dirección, más allá del centro de rotación C del miembro de doblado 31, 32.

Esta configuración presenta varias ventajas:

- La distancia entre el miembro de doblado y la salida de la boquilla puede ser muy pequeña. Esta distancia define la longitud característica del cambio de forma a lo largo del arco de alambre. Una pequeña longitud característica permite aumentar la resolución de la forma del arco de alambre y la precisión de la geometría del arco de alambre.
 - Un ángulo de rotación pequeño del miembro de doblado corresponde a un gran doblado angular del alambre, lo que da acceso a estructuras de arcos altamente dobladas.
 - Como el miembro de doblado está muy cerca de la salida de la boquilla, el impulso ejercido sobre el alambre se amplifica, efecto de brazo de palanca.
- 25

- 30 En una realización, la salida 22 es una boquilla, preferiblemente una boquilla extraíble. Esta realización permite emplear diferentes boquillas que tienen diferentes secciones transversales. Por lo tanto, es posible seleccionar la boquilla cuya sección transversal esté optimizada para la sección transversal del alambre que se está utilizando y/o para la forma de arco de alambre que se va a obtener.

35 En una realización, la superficie interior de la salida 22 tiene una sección transversal circular o elíptica, como se muestra en la figura 5.

En una realización, la salida 22 tiene una superficie interior que está biselada o redondeada, es decir, redondeada en una esquina exterior.

La presencia del bisel o círculo asegura que el alambre, durante la flexión, no se enfrente a bordes afilados. Los bordes afilados pueden provocar defectos en la superficie, como arrugas en la curva interior del alambre w.

- 40 La salida 22 puede tener una superficie interior que tiene un diámetro interior D_t , una superficie exterior. Al tener una superficie interior biselada o redondeada, se entiende que un bisel o una superficie redondeada se extiende desde la superficie interior a la superficie exterior, con un radio de curvatura r . Preferiblemente, el radio de curvatura r es igual o mayor que el radio de la superficie interior $D_t/2$, preferentemente igual o mayor que el diámetro de la superficie interior D_t . De hecho, para evitar tensiones en el alambre doblado, es preferible que el radio de curvatura del alambre doblado sea mayor que el radio del propio alambre. Cuando el radio de curvatura del alambre doblado es mayor que el diámetro del propio alambre, se reduce el riesgo de rotura del arco de alambre debido al desgaste por fatiga.
- 45

En una realización, el radio de curvatura r de la circunferencia es constante.

Alternativamente, el radio de curvatura puede ser variable. Por ejemplo, la salida 22 de la figura 6 es una boquilla cuya superficie interior tiene una sección transversal cuadrada, en la que dos lados opuestos no están biselados, es decir,

tienen un radio de curvatura cero, y los otros dos lados opuestos son redondeados, es decir, tienen un radio de curvatura distinto de cero. Los radios de curvatura de los lados redondeados pueden ser idénticos o, como se ilustra en la figura 6B, pueden diferir. En esta realización particular, el radio de curvatura rR de la circunferencia del lado derecho es mayor que el radio de curvatura rL de la circunferencia del lado izquierdo.

5 Tener un radio de curvatura variable permite obtener, con una única salida 22, diferentes radios de curvatura. Por ejemplo, con la boquilla de la figura 6, es posible proporcionar un radio de curvatura más pequeño utilizando el miembro de doblado 31, 32 que doblaría el alambre w hacia el lado izquierdo de la salida 22 y un radio de curvatura mayor utilizando el miembro de doblado 31, 32, ya que doblaría el alambre hacia el lado derecho de la salida 22.

10 En una realización, la superficie interior de la salida 22 tiene una sección transversal cuadrada o rectangular, como se muestra en la figura 6.

Si la sección transversal de la superficie interior no es circular, por diámetro interior D_t se entiende la dimensión más corta de la sección transversal, por ejemplo, la longitud de un lado para una sección transversal cuadrada, o el eje menor para una sección transversal elíptica.

15 En una realización, la salida 22 es cónica, es decir, tiene una superficie interior que tiene un diámetro interior constante D_t , y una superficie exterior que tiene un diámetro exterior que disminuye a lo largo de la primera dirección. Los ejemplos de esta realización son visibles en las figuras 5 y 6. En estas realizaciones, la salida 22 tiene una forma troncocónica hueca.

20 El dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia 1 según la presente invención comprende además una unidad de doblado de alambre 3 configurada para insertar el alambre w por la salida 22 de la unidad de guiado de alambre 2 y que comprende al menos un miembro de doblado 31, 32.

En una primera configuración, la unidad de doblado de alambre 3 comprende dos miembros de doblado 31, 32. Un ejemplo de esta realización se muestra en las figuras 8A-B.

25 En una unidad de doblado de alambre 3 que comprende dos miembros de doblado 31, 32, una rotación del sistema de transporte 21 de un ángulo comprendido entre 0° y 180° es suficiente para proporcionar un doblado de segundo orden. Una rotación tan pequeña de los dos miembros de doblado 31, 32 permite hacer que el sistema de transporte 21 sea menos complejo y más estable.

En una segunda configuración, la unidad de doblado de alambre 3 puede comprender solo un miembro de doblado 31, 32. Un ejemplo de esta realización se muestra en las figuras 8C.

30 En una unidad de doblado de alambre 3 que comprende solo un miembro de doblado 31, 32, el sistema de transporte 21 es capaz preferiblemente de una rotación mayor de 180° , y más preferiblemente mayor de 360° . Una rotación tan grande permite ventajosamente acceder totalmente al espacio 3D para todas las orientaciones del arco de alambre en formación. Por lo tanto, el doblado de segundo orden se hace más accesible.

35 La unidad de doblado de alambre 3 de la primera configuración se muestra mejor en la figura 7. En esta realización particular, los dos miembros de doblado 31, 32 pueden montarse en el mismo soporte capaz de girar alrededor del centro de rotación C. Tener los miembros de doblado 31, 32 montados en el mismo soporte permite reducir las dimensiones de la unidad de doblado 3. Alternativamente, los dos miembros de doblado 31, 32 pueden montarse en dos soportes distintos.

El soporte sobre el que está montado el al menos un miembro de doblado 31, 32 puede accionarse en rotación mediante un impulsor 35, como se muestra en la figura 7.

40 En una realización, el soporte es una placa 33.

En la realización ilustrada en la figura 7, los miembros de doblado 31, 32 son varillas que sobresalen perpendicularmente de la placa 33.

45 En una realización de la primera configuración, la distancia angular entre los dos miembros de doblado 31, 32 está comprendida entre 10° y 170° . Preferiblemente, la distancia angular entre los dos miembros de doblado 31, 32 está comprendida entre 45° y 120° ; más preferiblemente, es igual a 90° .

50 Ventajosamente, la combinación de: (i) las distancias angulares entre los miembros de doblado 31, 32 y (ii) el diámetro de dichos miembros de flexión 31, 32 permite obtener un arco de alambre que reproduce la forma del espacio interproximal, indicado por las flechas blancas en la figura 9. De hecho, el contorno de los dientes comprende una serie de concavidades y convexidades que son lisas en la superficie de los dientes. En los espacios interproximales, tales concavidades y convexidades se vuelven ásperas y el contorno de los dientes muestra ángulos más agudos. La mayoría de los arcos reproducen el contorno de cada diente con suficiente fidelidad, pero no pueden caber dentro de los espacios interproximales, debido a la dificultad de obtener ángulos tan agudos con el proceso convencional de fabricación de arcos de alambre. Como puede apreciarse en la figura 9, el arco de alambre obtenido con la presente invención es un arco de alambre tridimensional.

A la inversa, en la presente invención, la distancia angular entre los miembros de doblado 31, 32 y su forma permite reproducir con precisión dichos espacios interproximales, sin crear defectos superficiales (tales como arrugas) en el alambre w.

5 Al proporcionar dos miembros de doblado 31, 32, es posible doblar el alambre con grandes ángulos de doblado β , al tiempo que se reducen los desplazamientos angulares a de los miembros de doblado 31, 32 y el número de grados de libertad (DOF) de la unidad de doblado 3. Ventajosamente, al limitar el número de DOF es posible reducir la complejidad y el coste de los impulsores asociados a la unidad de doblado 3. Además, menos DOF generan menos perturbaciones (como contragolpes, que pueden afectar negativamente a la estabilidad de la unidad de doblado 3) y facilitan el control de la fuerza de doblado.

10 La posición de referencia de la placa 33 puede definirse como la posición en la que los dos miembros de doblado de alambre 31, 32 están a la misma distancia de la salida 22.

La unidad de doblado de alambre 3 de la segunda configuración comprende solo un miembro de doblado 31, 32 (por ejemplo, solo el primer miembro de doblado 31).

15 En este caso, puede ser necesaria una rotación mayor (por ejemplo, una rotación completa en el sentido de las agujas del reloj, dependiendo de la forma final deseada del alambre w) del miembro de doblado 31 para doblar el alambre w en una dirección opuesta a la dirección de doblado anterior.

20 Además, la unidad de doblado 3 puede configurarse para garantizar la traslación del miembro de doblado 31 en una dirección perpendicular al plano de rotación (por ejemplo, en una dirección vertical para un plano de rotación horizontal). Ventajosamente, esta realización permite doblar un primer lado del alambre, luego desplazar el miembro de doblado 31 alejándolo del lado doblado y desplazarlo cerca del otro lado del alambre w, a lo largo de una trayectoria que es más corta que una rotación completa. En otras palabras, esta realización permite acortar la trayectoria del miembro de doblado 31 entre el primer lado y el otro lado del alambre w (y, en consecuencia, proporcionar un doblado más rápido del alambre w) al proporcionar una unidad de doblado 3 que tiene un mayor número de grados de libertad (DOF). En particular, en este caso, la unidad de doblado 3 tiene dos DOF. a fin de garantizar: (i) la rotación alrededor del centro C y (ii) la traslación, por ejemplo a lo largo de una dirección vertical, del miembro de doblado 31.

25 La posición de referencia de la placa 33 puede definirse como la posición en la que dicho miembro de doblado 31, 32 se dirige hacia la salida 22.

30 En ambas configuraciones, la placa 33 es capaz de girar alrededor de un eje vertical z que es perpendicular al eje longitudinal y que incluye el centro de rotación. El miembro de doblado 31, 32 puede montarse de manera que sobresalga de una superficie de la placa 33. Por lo tanto, una rotación de la placa alrededor del eje vertical da como resultado la rotación del miembro de doblado 31, 32 alrededor del centro de rotación C. Un ejemplo de esta realización se ilustra en la figura 2. En esta realización, dos miembros de doblado de alambre 31, 32 se proporcionan como varillas cilíndricas que sobresalen perpendicularmente de la placa.

En una realización, la placa 33 es capaz de girar alrededor del eje vertical z un ángulo de hasta 180°.

35 En una realización, la placa 33 es capaz de girar en el sentido de las agujas del reloj hasta 90° y girar en el sentido contrario a las agujas del reloj de hasta 90°, desde la posición de referencia.

Como se ha mencionado anteriormente, el primer plano P incluye el eje longitudinal x.

40 El plano P se muestra mejor en la figura 8, que ilustra una vista superior simplificada de la unidad de guiado de alambre 2 y la unidad de doblado de alambre 3 de la presente invención en el plano P. También se representan los ángulos α y β , la distancia R entre el centro de rotación C y los miembros de doblado de alambre 31, 32, y la distancia d entre el centro de rotación C y la salida.

Como se muestra en la figura 8, cuando el alambre sale por la salida 22, una rotación del al menos un miembro de doblado 31, 32 alrededor del centro de rotación C da como resultado el doblado del alambre w.

45 Más concretamente, el alambre w avanza por el dispositivo de forma escalonada desde la unidad de guiado del alambre 2 hacia la unidad de doblado del alambre 3, a lo largo del eje longitudinal x. Tras una etapa de avance, el alambre w se dobla en la unidad de doblado de alambre 3. De hecho, la rotación del miembro de doblado de alambre 31, 32 de un ángulo α da como resultado el doblado del alambre de un ángulo de doblado β , y la relación entre los ángulos α y β viene dada por la ecuación e1:

$$\tan(\beta) = \frac{\sin(\alpha)}{\cos(\alpha) - \frac{d}{R}} \quad (e1)$$

50 Por ángulo de flexión β , se entiende el ángulo entre el eje longitudinal x y la parte doblada del alambre, que tiene como

- vértice la salida de la unidad de guiado de alambre 1. En realidad, el doblado del alambre es una suma de la deformación elástica y la deformación plástica, quedando sólo esta última tras la recuperación elástica cuando se retira el miembro de doblado. La ecuación (e1) es válida siempre que el miembro de doblado esté en contacto con el alambre: cuando el miembro de doblado aplica una fuerza sobre el alambre; y cuando el alambre se recupera elásticamente mientras se retira el alambre de doblado. Cuando el miembro de doblado pierde contacto con el alambre durante la retirada, el ángulo β de doblado se define con el ángulo α relacionado con la posición del miembro de doblado en este instante. Para alcanzar un ángulo de doblado β para el alambre, el miembro de doblado debe alcanzar un ángulo mayor que el ángulo α definido por la ecuación (e1). La ecuación (e1) corresponde a la geometría de la flexión después de la recuperación elástica.
- 5 En la siguiente etapa de avance, el alambre puede doblarse en la unidad de doblado de alambre 3 con un segundo ángulo de doblado, y así sucesivamente, hasta obtener la forma de arco de alambre deseada.
- Como se muestra en la figura 8, en la presente invención, la salida 22 de la unidad de guiado de alambre 2 está ubicada, a lo largo de la primera dirección, más allá del centro de rotación C.
- 10 Por lo tanto, según un sistema de coordenadas que se origina en el centro de rotación C y que tiene como eje horizontal el eje longitudinal x, la abscisa de la salida 22 es positiva.
- 15 Ventajosamente, esta realización, permite minimizar la distancia entre la salida 22 de la unidad de guiado de alambre 2 y el miembro de doblado 31, 32. Por lo tanto, para un momento de doblado dado, se maximiza la fuerza aplicada por el miembro de doblado 31, 32 al alambre w.
- 20 La presencia de dos miembros de doblado 31, 32 en la primera configuración permite obtener grandes ángulos de doblado β con pequeños desplazamientos angulares a de los miembros de doblado 31, 32. En el ejemplo ilustrado en la figura 8, los miembros de doblado 31, 32 se hacen girar en sentido contrario a las agujas del reloj para doblar el alambre y pasar de la figura 8A a la figura 8B. de modo que el alambre pueda doblarse mediante el primer miembro de doblado 31. A partir de la configuración de la figura 8B, para doblar el alambre en la dirección opuesta, basta con girar los miembros de doblado 31, 32 en el sentido de las agujas del reloj. para doblar el alambre con el segundo miembro de doblado 32.
- 25 Como se ha mencionado anteriormente, el miembro de doblado 31, 32 es capaz de girar alrededor de un centro de rotación C en el primer plano P. En otras palabras, el eje de rotación que pasa a través de C del miembro de doblado es perpendicular al plano P y, preferiblemente, el centro de rotación C está en el eje longitudinal x. Ventajosamente, tener la rotación del miembro de doblado 31, 32 en el plano P, que incluye el eje longitudinal x, permite reducir las dimensiones de la unidad de doblado de alambre 3. Además, permite doblar el alambre w más rápidamente, en comparación con una unidad de doblado coaxial, es decir, una unidad de doblado en la que el miembro de doblado gira en un plano perpendicular al plano en el que se encuentra el eje longitudinal.
- 30 De hecho, una unidad de doblado coaxial requeriría una gran distancia entre el centro de rotación C y el miembro de doblado 31, 32, porque la unidad de guiado de alambre 2 actuaría de hecho como un obstáculo físico, excluyendo la posibilidad de tener el miembro de doblado cerca de la salida 22.
- 35 Debe evitarse una gran distancia entre el centro de rotación C y el miembro de doblado 31, 32, porque (i) la unidad de doblado 3 y, por lo tanto, el dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia 1, ocuparían un gran volumen y (ii) el miembro de doblado 31, 32 requeriría más tiempo para alcanzar el alambre que se va a doblar.
- 40 La rotación del soporte de la unidad de doblado 3 permite mover el miembro de doblado de alambre 31, 32 a lo largo de una trayectoria de arco circular. En la figura 8, la línea discontinua representa una parte de la trayectoria que puede cubrirse con los miembros de doblado 31, 32.
- El diámetro del miembro de doblado 31, 32 está comprendido entre 0,1 mm y 100 mm, preferiblemente entre 0,1 mm y 10 mm.
- Preferiblemente, el diámetro del miembro de doblado 31, 32 es de al menos 0,3 mm.
- 45 En una realización, el diámetro del miembro de doblado 31, 32 está comprendido entre 0,3 mm y 5 mm. Dichos diámetros permiten obtener un radio de curvatura interior pequeño, que es especialmente necesario para reproducir el contorno del espacio interproximal, es decir, el espacio entre los dientes adyacentes en un arco dental.
- En una realización, el miembro de doblado 31, 32 tiene una forma cónica.
- En una realización, el miembro de doblado 31, 32 tiene una forma cilíndrica.
- 50 En una realización, el miembro de doblado 31, 32 tiene la forma de un sólido compuesto. Los bordes compartidos por los sólidos adyacentes pueden estar biselados, como se ilustra, por ejemplo, en la figura 10.
- El diámetro decreciente permite proporcionar un miembro de doblado 31, 32 que tiene un diámetro menor en su extremo libre y que tiene un diámetro mayor en su base. Ventajosamente, esta realización permite obtener todas las

5 formas de arco de alambre relevantes, al tiempo que garantiza la estabilidad mecánica del miembro de doblado 31, 32, debido a la base más grande. Además, el centrado, la transferencia de esfuerzo del dispositivo al miembro de doblado y la estabilidad de la geometría mejoran con una base más grande. Esta estructura específica permite, por una parte, repartir mejor el momento de doblado y limitar el doblado del elemento de doblado y, por otra, limitar las desalineaciones, los defectos de paralelismo o los defectos de contacto entre el elemento de doblado y el alambre.

En una realización, los dos miembros de doblado 31, 32 tienen la misma forma.

En una realización, los dos miembros de doblado 31, 32 tienen formas diferentes.

10 En los ejemplos ilustrados en la figura 10, los miembros de doblado 31, 32 sobresalen de una placa giratoria 33, y su diámetro disminuye a lo largo de la dirección de protuberancia. Más en particular, estos miembros de doblado 31, 32 tienen la forma de un sólido compuesto que comprende, a lo largo de una dirección que sobresale de la placa giratoria 33: un primer cilindro, un cono truncado y un segundo cilindro, con un diámetro menor que el del primer cilindro.

En una realización, el miembro de doblado 31, 32 no se puede separar del soporte giratorio. Por ejemplo, puede tener una extremidad que esté incrustada en el soporte giratorio, puede fabricarse integralmente con el soporte giratorio o puede estar unida a él.

15 En una realización, el miembro de doblado 31, 32 es extraíble, es decir, se puede separar del soporte giratorio. Por ejemplo, pueden tener una extremidad que esté atornillada o ajustada a presión en el soporte giratorio; o pueden montarse en el soporte giratorio con cualquier otro método de fijación reversible.

20 Ventajosamente, esta realización permite retirar y reemplazar los miembros de doblado 31, 32. Se pueden usar diferentes miembros de doblado 31, 32 que tienen diferentes formas. Cabe señalar que los tipos y el número de formas finales de arco que se pueden obtener dependen de la forma de los miembros de doblado 31, 32. Por lo tanto, con esta realización es posible usar el mismo dispositivo de doblado de ortodoncia 1 para fabricar una gran cantidad de arcos de alambre: basta con montar el miembro de doblado 31, 32, cuya forma está optimizada para el arco de alambre que se va a fabricar.

25 En una realización, el presente dispositivo de doblado comprende además un miembro de corte de alambre 34 para cortar el alambre.

En una realización, el miembro de corte de alambre está montado en un brazo articulado capaz de entrar en contacto con el alambre w en la salida 22 de la unidad de guiado de alambre 2.

30 En otra realización, los miembros de doblado de alambre 31, 32 y el miembro de corte de alambre 34 están montados en el mismo soporte. Más preferentemente, se montan en una placa giratoria 33, de manera que sobresalgan de una superficie de la placa giratoria 33, como se muestra en la figura 11.

En una realización, el miembro de corte 34 y los miembros de doblado de alambre 31, 32 sobresalen perpendicularmente de la placa giratoria 33.

Para cortar el alambre de manera eficiente, el miembro de corte 34 puede estar hecho de un material que tenga una alta dureza. Por ejemplo, puede estar hecho de acero endurecido, acero de alta velocidad (HSS) o carburo de tungsteno.

35 En una realización, el miembro de corte 34 tiene una superficie plana 341 provista de un borde afilado para cortar el alambre. En una realización, el miembro de corte es capaz de girar alrededor del centro de rotación C , y la superficie plana 341 está configurada para ser tangencial a la salida 22 cuando el miembro de corte se encuentra en el eje longitudinal.

40 En una realización, el miembro de corte de alambre 34 no es equidistante a las dos varillas de doblado. Preferiblemente, el miembro de corte de alambre 34 está a una distancia angular mayor de 90° desde el primer miembro de doblado 31, y a una distancia angular menor de 45° desde el segundo miembro de doblado 32, o viceversa. Un ejemplo de esta realización se ilustra en la figura 11.

45 Tener el miembro de corte de alambre 34 cerca de uno de los miembros de doblado 31, 32 permite cortar el alambre justo después de la última operación de doblado. Además, una pequeña rotación del miembro de corte de alambre 34 es suficiente para cortar el alambre debido a (i) la proximidad del miembro de corte 34 con uno de los miembros de doblado 31, 32, combinada con (ii) la presencia de una superficie plana 341 que es tangencial a la salida 22 cuando el miembro de corte 34 se encuentra en el eje longitudinal.

En una realización, la rotación del miembro de corte 34 necesaria para cortar el alambre es inferior a 20° ; preferiblemente, inferior a 15° .

50 El sistema

La presente invención también se refiere a un sistema de doblado de alambre de ortodoncia que comprende:

ES 3 014 014 T3

- un dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia 1 de acuerdo con cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente, respondiendo el dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia 1 a las órdenes de control;
 - un conjunto controlador que comprende un primer controlador 213 conectado operativamente a la unidad de guiado de alambre 2 y configurado para accionar el alambre en la unidad de guiado, y un segundo controlador 35 conectado operativamente a la unidad de doblado de alambre 3 configurado para accionar en rotación de al menos un miembro de doblado 32, 33; y
- 5
- un controlador programable configurado para enviar comandos de control a los controladores del conjunto de controladores, para accionar el dispositivo de doblado ortodóncico 1.
- 10
- En una realización, el sistema de doblado de alambre de ortodoncia comprende además una unidad de detección de alambre para detectar la presencia del alambre.
- En una realización, la unidad de detección de alambre se instala entre la unidad de guía de alambre 2 y la unidad de doblado de alambre 3. Preferiblemente, la unidad de detección de alambre se instala entre la salida 22 y la unidad de doblado de alambre 3.
- En una realización, la unidad de detección de alambre comprende una cámara.
- 15
- En una realización, la unidad de detección de alambre comprende un circuito eléctrico y un sensor para medir la corriente eléctrica a lo largo de dicho circuito eléctrico. para detectar las variaciones de corriente eléctrica debidas a la presencia o ausencia del alambre.
- En una realización, el controlador programable del sistema de doblado de alambre de ortodoncia comprende el hardware y el software para controlar los accionadores que accionan la unidad de guiado de alambre 2 y la unidad de doblado de alambre 3, es decir, los accionadores 213, 35. El controlador programable puede controlar además un conductor 216 para hacer girar el sistema de transporte 21.
- 20
- En una realización, el controlador programable recibe, como entrada, un archivo que comprende una lista de instrucciones de doblado. El controlador programable hace funcionar el dispositivo de doblado 1 basándose en las instrucciones de doblado del archivo.
- 25
- En una realización, el controlador programable está configurado para recibir el archivo con las instrucciones de doblado desde una fuente externa.
- En una realización, el dispositivo de doblado ortodóncico comprende una interfaz hombre-máquina conectada al controlador programable, y la interfaz hombre-máquina comprende una pantalla y un dispositivo de entrada, como se muestra en la figura 2.
- 30
- En una realización, el controlador programable comprende un procesador configurado para ejecutar un programa informático para generar dichas instrucciones de doblado, y un medio de almacenamiento para almacenar un archivo que comprende dichas instrucciones.
- El procesador puede configurarse para recibir imágenes radiológicas que representan la dentadura de un sujeto, y el programa informático puede configurarse para:
- 35
- generar una representación digital de la dentición del sujeto, sobre la base de las imágenes radiológicas;
 - recibir los datos del usuario desde la interfaz hombre-máquina;
 - generar un modelo tridimensional de un arco de alambre de ortodoncia personalizado, sobre la base del modelo tridimensional de la dentición del sujeto y los datos del usuario; y
 - convertir el modelo tridimensional en instrucciones de doblado.
- 40
- En una realización, los datos del usuario comprenden una lista de ubicaciones anatómicas que representan la posición deseada de los cuerpos de soporte.
- En una realización, los datos del usuario comprenden una lista de ubicaciones anatómicas que representan espacios interproximales.
- 45
- En una realización, el programa informático está configurado además para verificar la viabilidad de las instrucciones de doblado y:
- si el dispositivo de doblado puede ejecutar las instrucciones:
generar un archivo que comprenda las instrucciones de doblado;
enviar el archivo que comprende las instrucciones de doblado al controlador programable;

- si las instrucciones no pueden ser ejecutadas por el dispositivo de plegado:
mostrar un mensaje de error en la pantalla de la interfaz hombre-máquina.

En una realización, el archivo que comprende las instrucciones de doblado se deriva de un archivo .STL correspondiente al arco de alambre deseado.

5 El método

La presente invención también se refiere a un método de fabricación de un arco de alambre de ortodoncia con el dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia 1 de acuerdo con cualquiera de las modalidades descritas anteriormente.

Según un primer aspecto, el método de fabricación comprende:

- 10 - guiar el alambre a través de la unidad de guía de alambre 2 en una primera dirección a lo largo del eje longitudinal, e insertar el alambre de la unidad de guía de alambre 2 a través de la salida 22;
- alimentar la unidad de doblado de alambre 3 con el alambre insertado desde la salida 22; y
- girar el miembro de doblado de alambre 31, 32 de un ángulo predefinido α alrededor del centro de rotación C para poder doblar así el alambre.

15 La etapa de alimentación y la etapa de rotación pueden repetirse hasta obtener un arco de alambre de ortodoncia completo.

Para un dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia 1 que comprende un miembro de doblado 31, 32, el ángulo α puede ser de hasta 360°.

Para un dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia 1 que comprende dos miembros de doblado 31, 32, el ángulo α es inferior a 360°.

20 Según un segundo aspecto, el método es un método para diseñar y fabricar un arco de alambre de ortodoncia, comprendiendo el método:

- recibir imágenes radiológicas que representan la dentición de un sujeto;
- generar una representación digital de la dentición del sujeto, a partir de las imágenes radiológicas;
- recibir los datos del usuario;
- 25 - generar un modelo tridimensional de un arco de alambre de ortodoncia personalizado, basándose en el modelo tridimensional de la dentición del sujeto y en los datos del usuario;
- convertir el modelo tridimensional en instrucciones de doblado;
- crear un archivo que comprenda las instrucciones de doblado;
- 30 - enviar el archivo que comprende las instrucciones de doblado a un controlador programable del dispositivo de doblado de ortodoncia 1; y
- operar, por medio del controlador programable, un conjunto de accionamiento que comprende al menos un primer impulsor 213 conectado de forma operativa a la unidad de guiado de alambre 2 y configurado para accionar el alambre en la unidad de guiado, y un segundo accionador 35 conectado de forma operativa a la unidad de doblado de alambre 3 y configurado para accionar en rotación los dos miembros de doblado 32, 33, sobre la
- 35 base de las instrucciones de doblado del archivo;

en donde las etapas del método se implementan por ordenador.

Como se ha mencionado anteriormente, el sistema de transporte 21 puede ser capaz de girar alrededor del eje longitudinal. En esta realización, el controlador programable puede operar además un controlador 216 configurado para accionar en rotación dicho sistema de transporte 21.

40 El presente método de fabricación de arcos de alambre de ortodoncia permite:

- hacer avanzar el alambre a lo largo de una primera dirección paralela al eje longitudinal;
- girar el alambre alrededor del eje longitudinal.
- doblar el alambre;

e interpretar a), b) y c) de forma sucesiva o simultánea.

Según un tercer aspecto, el método de la presente invención sirve además para cortar un arco de alambre fabricado con el dispositivo de doblado de ortodoncia 1.

El corte del arco de alambre comprende:

- 5 - hacer girar un miembro de corte 34 que tiene una superficie plana 341 alrededor del centro de rotación C, para poner el miembro de corte en contacto con el arco de alambre en la salida 22;
- girar adicionalmente el miembro de corte 34 de manera que un borde afilado de la superficie plana 341 se deslice sobre la salida 22, cortando así el arco de alambre.

La rotación del miembro de corte 34 que permite cortar el arco de alambre se muestra mejor en la figura 12.

10 En la realización de la figura 12, los miembros de doblado 31, 32 y el miembro de corte 34 están montados en la misma placa giratoria 33. Alternativamente, cada uno de los miembros de doblado 31, 32 y el miembro de corte 34 pueden montarse en un soporte giratorio independiente.

15 En este ejemplo, una rotación en el sentido de las agujas del reloj de la placa 33 que comprende los miembros de doblado 31, 32 proporcionan el último doblado (figura 12A) al alambre w. A continuación, una segunda rotación en el sentido de las agujas del reloj pone el miembro de corte 34 en contacto con el alambre w (figura 12B). Como se muestra en la figura 12B, la superficie plana 341 del miembro de corte 34 es tangencial a la salida 22 y permite cortar el alambre.

Como se ilustra en la figura 13, el miembro de corte 34 permite cortar el alambre w con precisión y sin dañarlo.

20 Aunque se han descrito e ilustrado diversas realizaciones, la descripción detallada no debe interpretarse como limitada a las mismas. Los expertos en la técnica pueden realizar diversas modificaciones en las realizaciones sin apartarse del alcance de la divulgación tal como se define en las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

25 La figura 1 ilustra una ampliación de 50 veces de una parte doblada de un alambre obtenida con el dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia de la técnica anterior (figura 1A) y la de un alambre obtenido con el presente dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia 1 (figura 1B). La flecha blanca indica un defecto superficial del alambre obtenido con un dispositivo de la técnica anterior.

30 La figura 2 representa una vista en perspectiva de un ejemplo de sistema de doblado de alambre de ortodoncia que comprende el dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia 1 con una unidad de guiado de alambre 2 y una unidad de doblado de alambre 3, comprendiendo la unidad de guiado de alambre un sistema de transporte 21, comprendiendo además el sistema de doblado de alambre de ortodoncia: una interfaz hombre-máquina que incluye una pantalla y un botón; una caja de recuperación montada delante de la unidad de plegado 3; y un bastidor.

La figura 3 es una vista en perspectiva de la unidad de guiado de alambre 2 de la presente invención según una realización particular en la que la unidad de guiado de alambre 2 comprende:

- un tubo 214,
- 35 - un sistema de transporte 21 que comprende un par de rodillos 211, 212 montados sobre un soporte 217 y un primer impulsor 213 para accionar los rodillos 211, 212 en rotación,
- un cuerpo hueco 218, y
- una salida 22;

40 en donde el sistema de transporte 21 puede accionarse en rotación alrededor del eje longitudinal mediante un conjunto de correa y polea 215 conectado a un segundo impulsor 216, y en donde la salida 22 es una boquilla que comprende una parte en forma de prisma y una parte cónica.

La figura 4 es una vista en perspectiva de la unidad de guiado de alambre 2 y la unidad de doblado de alambre 3 según una realización en la que el sistema de transporte 21 es capaz de girar alrededor del eje longitudinal en un ángulo de hasta 180°. En la figura 4A, dicho sistema de transporte 21 gira 90° (desde la posición de referencia de la figura 3), y en la figura 4B el ángulo de rotación es igual a 180°.

45 La figura 5A es una vista en perspectiva de la salida 22 de la unidad de guiado de alambre 2 según una realización en la que la salida 22 es una boquilla que tiene una superficie interior circular, siendo redondeada dicha superficie interior circular.

La figura 5B es una vista en sección ampliada de la boquilla de la figura 5A que muestra la circunferencia de la superficie interior circular, teniendo dicha circunferencia un radio de curvatura r constante.

- 5 La figura 6A es una vista en perspectiva de la salida 22 de la unidad de guiado de alambre 2 según una realización en la que la salida 22 es una boquilla que comprende una base cilíndrica, un prisma y un cono, y en la que la superficie interior de la boquilla tiene una sección transversal cuadrada y comprende un bisel que une dicha superficie interior con la superficie exterior de la boquilla. Con fines de inteligibilidad, en la figura 6B se proporciona una vista en sección ampliada de la boquilla; en la que se ilustra el bisel de la superficie interior, teniendo dicho bisel un radio de curvatura cero en los otros dos lados (superior e inferior) y un radio de curvatura distinto de cero r_L, r_D en dos lados opuestos de la sección transversal cuadrada (lado izquierdo y derecho), siendo el radio de curvatura del lado izquierdo r_L menor que el radio de curvatura del lado derecho r_D .
- 10 La figura 7 es una vista en perspectiva que ilustra la unidad de doblado 3 de la presente invención según una realización particular en la que los dos miembros de doblado de alambre 31, 32 son varillas que sobresalen perpendicularmente de una placa 33 capaz de girar alrededor de un eje vertical z, y en donde un impulsor 35 está configurado para accionar la placa 33 en rotación.
- 15 La figura 8 es un dibujo esquemático que representa una vista desde arriba, en el plano P, de la unidad de guiado de alambre 2 y la unidad de doblado de alambre 3 del presente dispositivo según la primera configuración (figura 8A y figura 8B) o la segunda configuración (figura 8C), en la que una rotación de los miembros de doblado de alambre 31, 32 de un ángulo α alrededor del centro de rotación C da como resultado el doblado del alambre próximo a la salida 22 de un ángulo β , en donde el ángulo de doblado β depende de (i) el ángulo α , (ii) la distancia R entre el centro de rotación C y cada miembro de doblado de alambre 32, 33 y (iii) la distancia d entre el centro de rotación C y la salida 22.
- 20 La figura 9 ilustra un arco de alambre tridimensional obtenido con la presente invención; las flechas indican los espacios interproximales.
- 25 La figura 10 es una vista en perspectiva de la unidad de doblado de alambre 3 y la parte distal de la unidad de guiado de alambre 2 según una realización particular en la que la unidad de guía de alambre comprende un cuerpo hueco 218 configurado para llevar el alambre a la salida 22, y en la que los miembros de doblado 31, 32 están montados en una placa giratoria 33 y tienen la forma de un sólido compuesto que comprende un primer cilindro, un cono truncado y un segundo cilindro sucesivamente. de modo que el diámetro de los miembros de doblado 31, 32 disminuye progresivamente a lo largo de la dirección de proyección.
- 30 La figura 11 representa una vista en perspectiva de la unidad de doblado de alambre 3 según una realización particular en la que la unidad de doblado de alambre 3 comprende dos miembros de doblado 31, 32 y un miembro de corte 34 para cortar el alambre w insertado por la salida 22.
- 35 La figura 12 es una vista desde arriba que ilustra dos posiciones sucesivas de los miembros de doblado de alambre 31, 32 y el miembro de corte 34 de la realización de la figura 11, durante una rotación en el sentido de las agujas del reloj de la placa 33.
- La figura 13 ilustra un aumento de 50 veces de una extremidad de un arco de alambre cortado con el miembro de corte 34 de las figuras 11 y 12.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia (1) que comprende:

- 5 - una unidad de guiado de alambre (2) que comprende un sistema de transporte para conducir el alambre (w) y una salida (22) para insertar el alambre (w), estando la unidad de guiado de alambre configurada para guiar el alambre en una primera dirección a lo largo de un eje longitudinal a través de la salida (22), y
- 10 - una unidad de doblado de alambre (3) alimentada por el alambre insertado en la salida (22), que comprende al menos un miembro de doblado de alambre (31, 32), pudiendo el al menos un miembro de doblado de alambre (31, 32) girar alrededor de un centro de rotación (C) en un primer plano incluido el eje longitudinal, de tal manera que, cuando el alambre sale fuera de la salida (22), una rotación de los al menos uno de los miembros de doblado (31, 32) alrededor del centro de rotación (C) resulta en el doblado del alambre (w) próximo a la salida (22), en donde la salida (22) de la unidad de guiado de alambre (2) está ubicada, a lo largo de la primera dirección, más allá del centro de rotación (C), y en donde la unidad de doblado de alambre (3) comprende un miembro de doblado (31, 32) capaz de trasladarse a lo largo de una dirección perpendicular al primer plano.

15 2. Dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia según la reivindicación 1, en donde la salida (22) es una boquilla, preferiblemente una boquilla extraíble.

3. Dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia según la reivindicación 1, configurado de manera que una rotación del al menos un miembro de doblado (31, 32) de un ángulo α da como resultado el doblado del alambre (w) después de la recuperación elástica de un ángulo β . en donde la relación entre α y β viene dada por la ecuación (e1):

$$\tan (\beta) = \frac{\text{sen} (\alpha)}{\text{cos} (\alpha) - \frac{d}{R}} \quad (e1)$$

20 en el que d es la distancia entre el centro de rotación (C) y la salida (22), y R es la distancia entre el centro de rotación (C) y de al menos un miembro de doblado de alambre (31, 32).

4. Dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el sistema de transporte (21) es capaz de girar alrededor del eje longitudinal, para hacer girar el alambre (w) alrededor del eje longitudinal.

25 5. Dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la unidad de guiado de alambre (2) comprende un tubo (214) configurado para alojar y guiar el alambre (w).

6. Dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia (1) según la reivindicación 5, en donde el tubo (214) comprende:
- una cubierta externa, preferiblemente hecha de un material metálico o de aleación y
 - una funda interior, preferiblemente hecha de un elastómero termoplástico de calidad médica.

30 7. Dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la salida (22) tiene una superficie interior que tiene un radio interior, una superficie exterior y un bisel o círculo que se extiende desde la superficie interior a la superficie exterior, teniendo el bisel o círculo un radio de curvatura r igual o mayor que el radio interior Dt/2, preferiblemente igual o mayor que el diámetro interior Dt.

35 8. Dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde la unidad de doblado de alambre (3) comprende una placa (33) capaz de girar alrededor de un eje de rotación perpendicular al eje longitudinal, en donde al menos un miembro de doblado (31, 32) sobresale de dicha placa giratoria (33).

40 9. Dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde la unidad de guiado de alambre (2) comprende un cuerpo hueco (218) que tiene un extremo proximal y un extremo distal, estando el cuerpo hueco (218) conectado de forma no giratoria al sistema de transporte (21) y estando configurado para recibir, en su extremo proximal, el alambre (w) del sistema de transporte (21) y guiarlo a lo largo de la primera dirección hacia la unidad de doblado de alambre (3).

10. Dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde al menos un miembro de doblado (31, 32) es una varilla de doblado.

45 11. Dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia (1) según la reivindicación 10, en donde la varilla de doblado tiene un diámetro que disminuye a lo largo de la dirección que sobresale, preferiblemente la varilla comprende una primera parte de forma frustocónica y una segunda parte libre de forma cilíndrica.

12. Dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en donde la

unidad de doblado de alambre (3) comprende además un miembro de corte de alambre (34), preferiblemente el miembro de corte de alambre (34) es una varilla que tiene una superficie plana (341).

5 13. Dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia según la reivindicación 1 a 12, en donde la unidad de doblado de alambre (3) comprende un miembro de doblado (31, 32), preferiblemente capaz de girar alrededor de un centro de rotación (C) de al menos 180°, preferiblemente al menos 200°.

14. Dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia según la reivindicación 13, en donde el sistema de transporte (21) es capaz de rotar alrededor del eje longitudinal mayor de 180°, preferiblemente mayor de 360°, para proporcionar un doblado de segundo orden.

10 15. Dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en donde la unidad de doblado de alambre (3) comprende dos miembros de doblado (31, 32), preferiblemente separados por una distancia angular comprendida entre 10° y 170°, más preferiblemente entre 45° y 120°, aún más preferiblemente, igual a 90°.

16. Dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia según la reivindicación 15, en donde el sistema de transporte (21) es capaz de girar alrededor del eje longitudinal con un ángulo comprendido entre 0° y 180°, para proporcionar un doblado de segundo orden.

15 17. Sistema de doblado de alambre de ortodoncia que comprende:

a. un dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, en el que el dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia (1) responde a las órdenes de control;

20 b. un conjunto de controladores que comprende un primer controlador conectado operativamente (213) a la unidad de guiado de alambre (2) y configurado para accionar el alambre en la unidad de guiado, y un segundo controlador (35) conectado operativamente a la unidad de doblado de alambre (3) configurado para accionar en rotación de al menos un miembro de doblado (31, 32); y

c. un controlador programable configurado para enviar comandos de control a los controladores del conjunto de controladores, para accionar el dispositivo de doblado de ortodoncia 1.

25 18. Sistema de doblado de alambre de ortodoncia según la reivindicación 17, comprendiendo además una unidad de detección de alambre para detectar la presencia del alambre (w), estando dicha unidad de detección de alambre instalada preferentemente entre la salida de la unidad de guiado de alambre (2) y la unidad de doblado de alambre (3).

19. Un método para fabricar un arco de alambre de ortodoncia con el dispositivo de doblado de alambre de ortodoncia (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, cuyo método comprende:

30 - guiar el alambre (w) a través de la unidad de guiado de alambre (2) en una primera dirección a lo largo del eje longitudinal, e insertar el alambre (w) fuera de la unidad de guiado de alambre (2) a través de la salida (22);

- alimentar la unidad de doblado de alambre (3) con el alambre (w) insertado desde la salida (22); y

- girar el al menos un miembro de doblado (31, 32) de un ángulo predefinido α alrededor del centro de rotación (C) para doblar así el alambre (w).

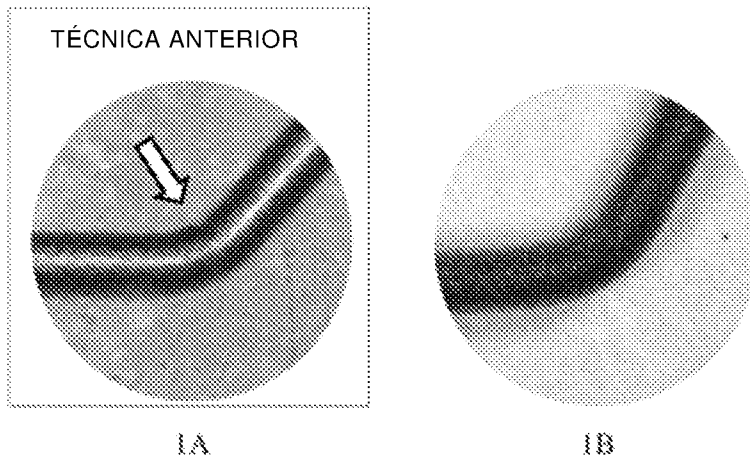


FIG. 1

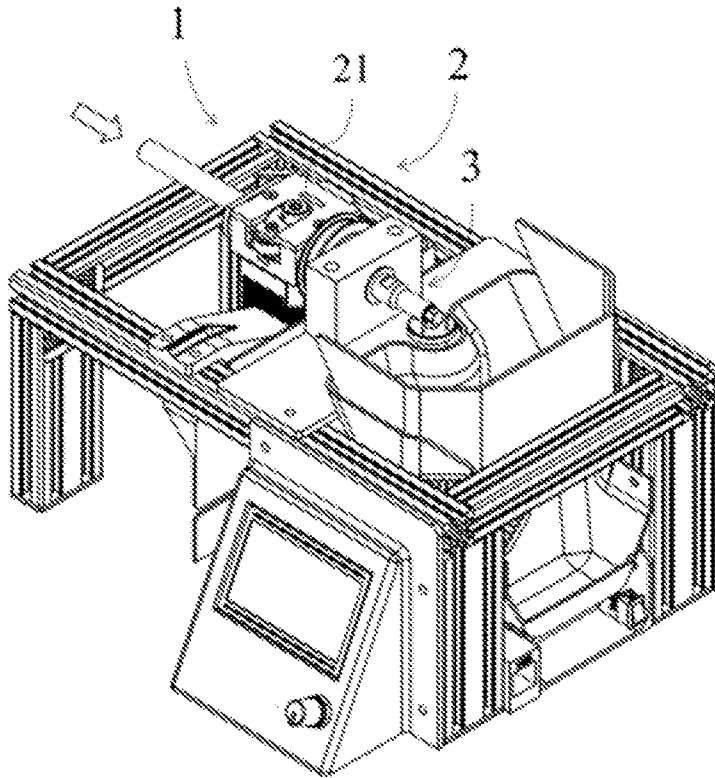


FIG. 2

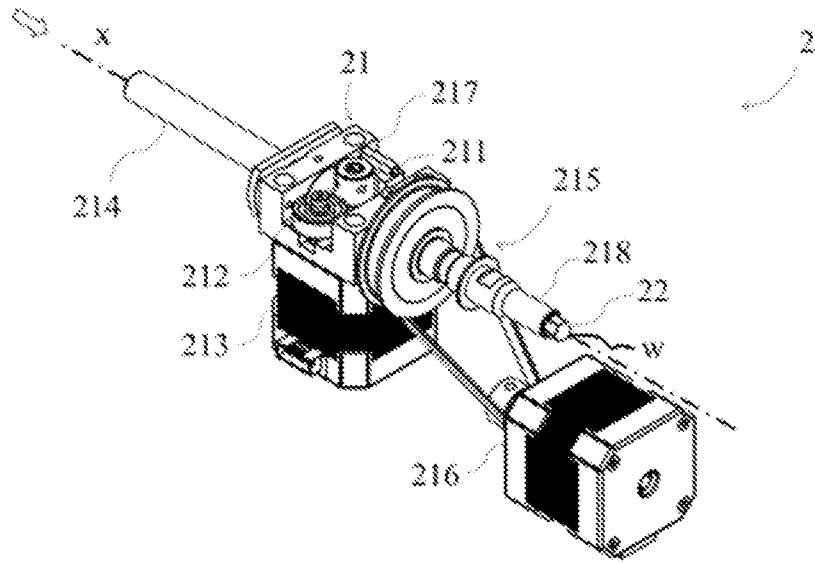


FIG. 3

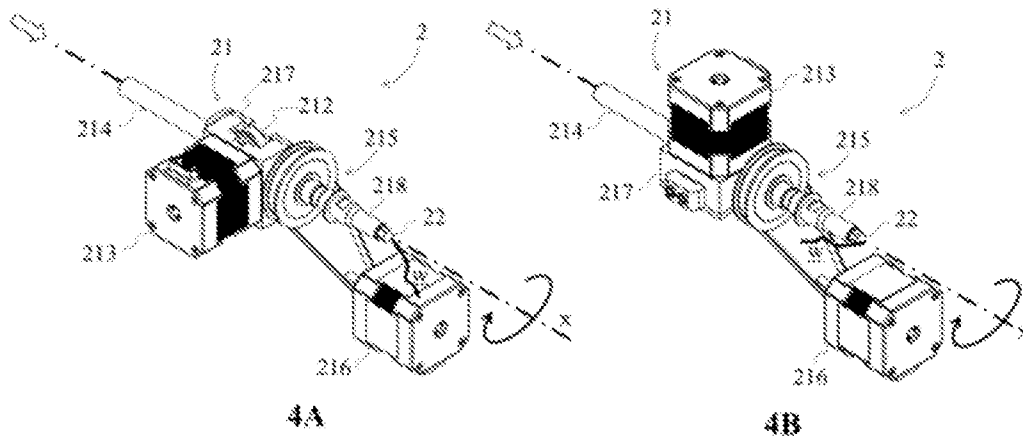
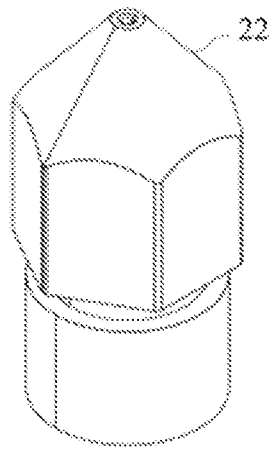
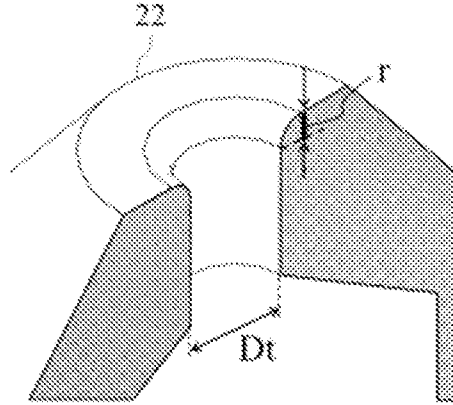


FIG. 4

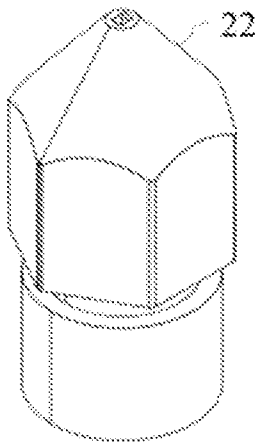


5A

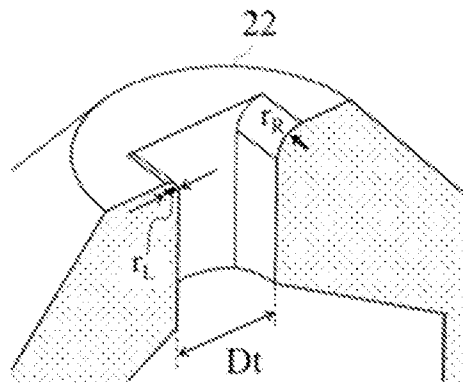


5B

FIG. 5



6A



6B

FIG. 6

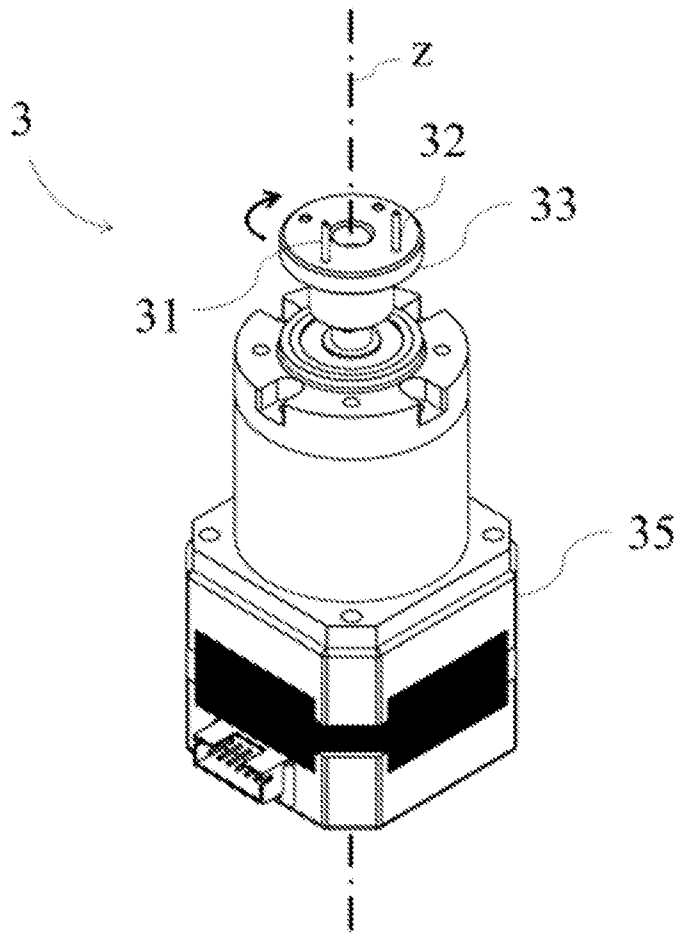


FIG. 7

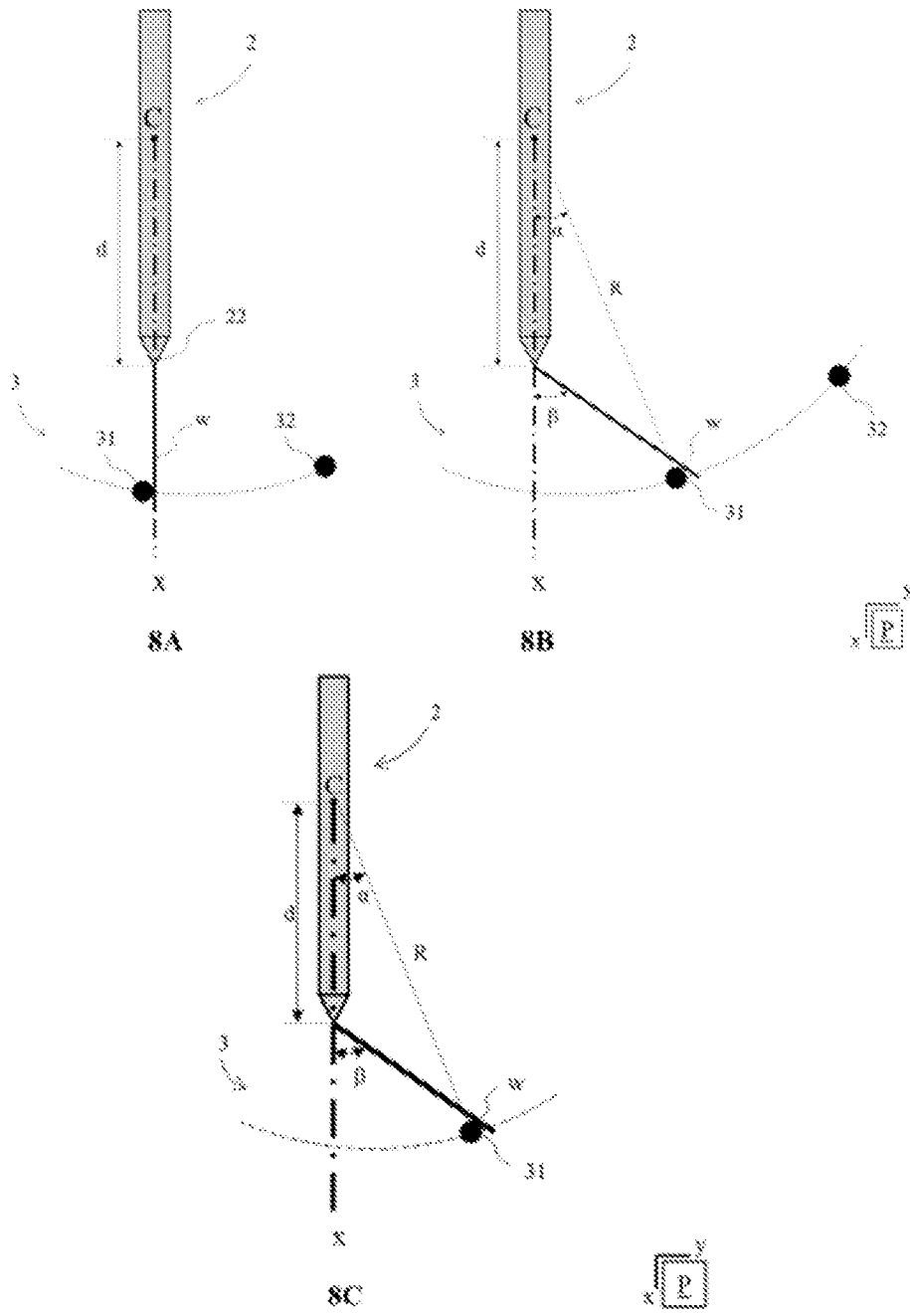


FIG. 8

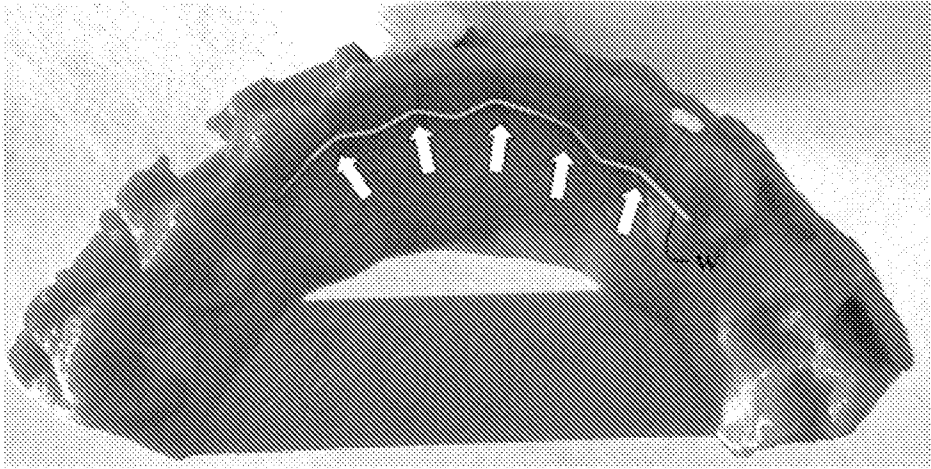


FIG. 9

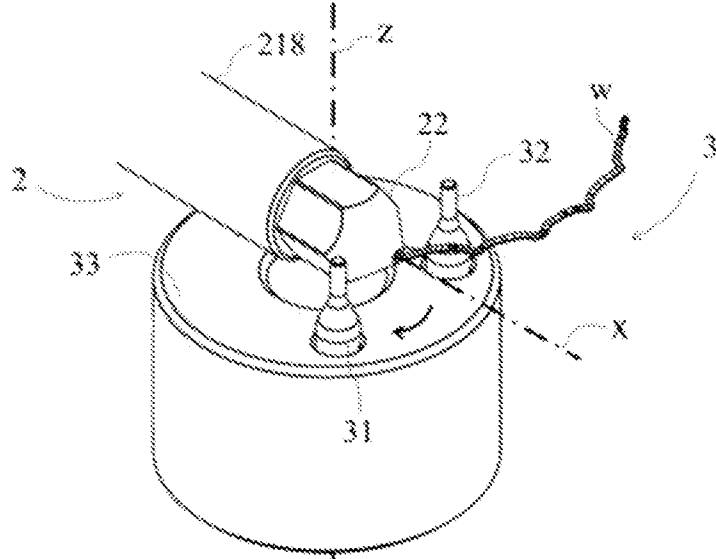


FIG. 10

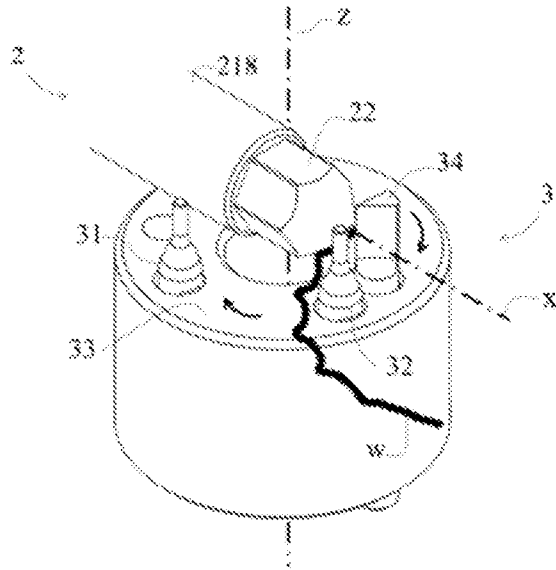


FIG. 11

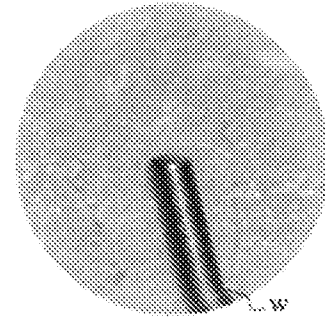
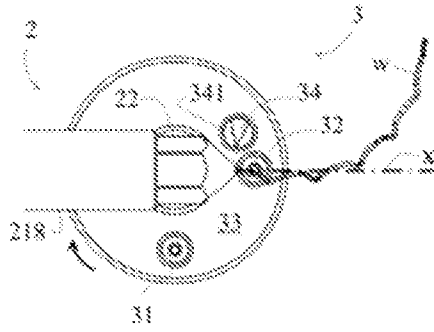
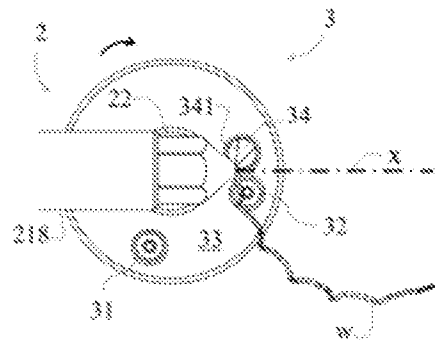


FIG. 13



12A



12B

FIG. 12