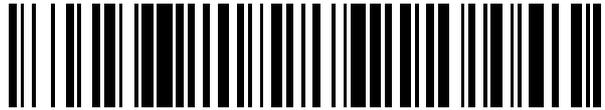


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 816 076**

51 Int. Cl.:

A61H 1/00 (2006.01)

A61B 17/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.08.2016 PCT/US2016/046911**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.02.2017 WO17027853**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.08.2016 E 16836013 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2020 EP 3334399**

54 Título: **Dispositivo quirúrgico de ultrasonidos curva y método de fabricación del mismo**

30 Prioridad:

12.08.2015 US 201562204079 P

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

31.03.2021

73 Titular/es:

**REACH SURGICAL, INC. (100.0%)
120 Xinxing Road, West Zone, TEDA
Tianjin 300462, CN**

72 Inventor/es:

BEAUPRE, JEAN

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 816 076 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 quirúrgico de ultrasonidos curva y método de fabricación del mismo

Antecedentes

5 Las cuchillas quirúrgicas accionadas por ultrasonidos se han utilizado durante bastante tiempo para el corte, la coagulación y/o la disección de tejidos durante diversos procedimientos médicos. En comparación con los bisturíes estáticos convencionales, por ejemplo, las cuchillas accionadas por ultrasonidos suelen requerir menos fuerza para cortar el tejido, y también pueden proporcionar coagulación de los vasos sanguíneos (en particular cuando el dispositivo incluye un elemento mordaza asociado a la cuchilla).

10 Las cuchillas quirúrgicas de ultrasonidos se suelen proporcionar en el extremo de una guía de ondas alargada, que a su vez se acopla de forma operativa a un transductor de ultrasonidos. El transductor, que a menudo se proporciona como parte o alojado dentro de un mango, se adapta para convertir la energía eléctrica (normalmente suministrada por un generador externo) en movimiento vibratorio, normalmente vibraciones longitudinales, a una frecuencia de ultrasonidos. En muchos casos, el transductor incluye una "pila Langevin" de discos piezoeléctricos para este propósito. La onda estacionaria producida por el transductor se transmite desde el transductor a la guía de ondas, y propaga la longitud de la guía de ondas a la cuchilla situada en el extremo distal de la guía de ondas. Como resultado, la cuchilla vibra a una frecuencia de ultrasonidos.

15 Cuando la cuchilla que vibra de forma ultrasónica se impulsa contra el tejido, tal como mediante la manipulación de un mango y/o sujetando el tejido entre la cuchilla y un elemento mordaza, la energía mecánica vibratoria de la cuchilla se transmite al tejido, no sólo cortando el tejido sino también generando calor por fricción y causando cavitación, coaptación y coagulación del tejido.

20 En algunos casos, la cuchilla es recta y, cuando se utiliza con un transductor que vibra de forma longitudinal, vibra únicamente en la dirección longitudinal (paralela al eje longitudinal de la guía de ondas). Sin embargo, a menudo es deseable proporcionar cuchillas accionadas por ultrasonidos que se curvan en una o más direcciones. Las cuchillas curvas proporcionan una diversidad de ventajas, incluyendo un mayor acceso a determinados lugares dentro de un paciente, así como una visibilidad mejorada durante su utilización. Si bien las cuchillas curvas, cuando se conectan de forma operativa a un transductor que vibra de forma longitudinal (por ejemplo, por medio de una guía de ondas alargada), generalmente vibrarán en al menos en una dirección no longitudinal (por ejemplo, de forma transversal) debido a la naturaleza asimétrica de la cuchilla curva con respecto al eje longitudinal de la guía de ondas, dichas vibraciones no longitudinales en la cuchilla durante su utilización pueden ser ventajosas. Por ejemplo, algunas cuchillas curvas que vibran al menos una dirección no longitudinal pueden proporcionar un mayor desplazamiento de la cuchilla, en particular en el extremo distal de la cuchilla.

25 Las cuchillas curvas, sin embargo, pueden ser difíciles de fabricar. Por ejemplo, las cuchillas curvas de la técnica anterior suelen tener una o más caras (es decir, superficies) que se curvan en dos o más direcciones, requiriendo por lo tanto la utilización de equipos especializados tales como fresas de acabado en chaflan en ángulo (también denominados como fresadoras), múltiples tipos de fresas de acabado y un control preciso de la profundidad de corte (eje Z) de la máquina fresadora para obtener una geometría precisa de la cuchilla (es decir, "efector de extremo"). Si bien las cuchillas de sección transversal cuadrada más simples son más fáciles de fabricar, lo que permite la utilización de procesos de mecanizado menos complejos, estas cuchillas no proporcionan los beneficios de una geometría de cuchilla curva.

30 La patente US 2007198005 A1 propone un cortador de coagulación. Más especialmente, un cortador de coagulación comprende: un elemento transmisor para transmitir energía, para tratar el tejido vivo del cuerpo, al tejido vivo del cuerpo; una vaina exterior a través de la cual se pasa el elemento transmisor; y una sección de agarre soportada en la parte de la punta final de la vaina exterior de forma que sea capaz de girar con respecto al elemento transmisor, lo que permite agarrar el tejido vivo del cuerpo contra el elemento transmisor. Con una disposición de este tipo, después de girar la sección de agarre hacia el elemento transmisor para que esté en un estado cerrado, las caras del elemento transmisor y la sección de agarre, que están enfrentadas entre sí, proporcionan una parte de contacto, donde el elemento transmisor y la sección de agarre están en contacto entre sí sobre una longitud predeterminada, para hacer una incisión en el tejido vivo del cuerpo agarrado entre el elemento transmisor y la sección de agarre, y una parte sin contacto, donde el elemento transmisor y la sección de agarre se dotan con un intervalo predeterminado en ambos lados del eje que se extiende en la dirección de la longitud predeterminada de la parte de contacto de forma que no esten en contacto entre sí, para coagular el tejido vivo del cuerpo.

35 Si bien pueden existir una diversidad de dispositivos y técnicas para proporcionar cuchillas curvas accionadas por ultrasonidos, se cree que nadie antes del inventor ha hecho o utilizado una invención según se describe en la presente memoria.

Breve descripción de los dibujos

55 Si bien la memoria descriptiva concluye con reivindicaciones que señalan en particular y reivindican claramente la invención, se cree que la invención se entenderá mejor a partir de la descripción detallada de determinadas formas de realización de la misma cuando se lean junto con los dibujos adjuntos. A menos que el contexto indique lo contrario,

- en los dibujos se utilizan los mismos números para identificar elementos similares en los dibujos. Además, algunas de las figuras se pueden haber simplificado mediante la omisión de determinados elementos para mostrar más claramente otros elementos. Dichas omisiones no son necesariamente indicativas de la presencia o ausencia de elementos particulares en cualquiera de las formas de realización de ejemplo, salvo que se indique de forma explícita en la correspondiente descripción detallada.
- 5 La FIG. 1 representa una vista en sección transversal parcial de una forma de realización de un dispositivo quirúrgico de ultrasonidos que tiene una cuchilla curva.
- La FIG. 2 representa una forma de realización de un generador de ultrasonidos y un transductor adjunto con el que se puede utilizar el dispositivo quirúrgico de ultrasonidos de la FIG. 1.
- 10 La FIG. 3A representa una vista lateral esquemática de un dispositivo de cizalla de ultrasonidos.
- La FIG. 3B representa una vista en sección transversal parcial del dispositivo de cizalla de ultrasonidos de la FIG. 3A.
- La FIG. 4A representa una vista en perspectiva de la parte de la cuchilla del dispositivo quirúrgico de ultrasonidos de la FIG. 1.
- 15 Las FIG. 4B-4E representan vistas laterales de la cuchilla de la Fig. 4A, con cada vista sucesiva girada en sentido contrario a las agujas del reloj (según se ve desde el extremo distal de la cuchilla) de la vista anterior.
- La FIG. 5 representa una vista ampliada similar a la FIG. 4B.
- Las FIG. 6A-6E representan vistas similares a las FIG. 4A-4E de una forma de realización alternativa de una cuchilla, con cada vista sucesiva rotada en el sentido de las agujas del reloj (según se ve desde el extremo distal de la cuchilla) de la vista anterior.
- 20 La FIG. 7 representa una vista en perspectiva de todavía otra forma de realización de una cuchilla.
- Las FIG. 8A-8D, 9A-9E, 10A-10E, 11A-11E, 12A-12F, y 13A-13B representan un método de fabricación de la cuchilla de la FIG. 5.
- La FIG. 14 representa una vista lateral de otra forma de realización alternativa de una cuchilla.
- La FIG. 15 representa una vista en perspectiva de todavía otra forma de realización de una cuchilla.
- 25 Las FIG. 16 y 17 representan la perspectiva frontal y las vistas laterales de la parte distal del dispositivo de cizalla de ultrasonidos de las FIG. 3A y 3B, con la FIG. 17 que representa el elemento mordaza en su posición totalmente cerrada contra la cuchilla.
- Las FIG. 18 y 19 representan vistas en perspectiva, y en perspectiva en corte parcial de otra cuchilla alternativa.
- 30 La FIG. 20 es una ilustración esquemática de una cuchilla que tiene una cara curva hacia arriba, en donde el radio de curvatura de esa cara cambia de forma continua a lo largo de esa cara.
- Las FIG. 21-25 representan vistas similares a las FIG. 6B-6E de otra forma de realización alternativa de una cuchilla, con cada vista sucesiva girada en sentido contrario a las agujas del reloj (según se ve desde el extremo distal de la cuchilla) de la vista anterior.
- 35 Los dibujos tienen por objeto ilustrar, más que limitar, el alcance de la presente invención. Las formas de realización de la presente invención se pueden llevar a cabo de formas no necesariamente representadas en los dibujos. Por lo tanto, los dibujos tienen por objeto simplemente ayudar en la explicación de la invención. Por lo tanto, la presente invención no se limita a las disposiciones precisas mostradas en los dibujos.

Descripción detallada

- 40 En la siguiente descripción detallada se describen ejemplos de formas de realización de la invención con el único fin de permitir que un experto en la técnica correspondiente pueda realizar y utilizar la invención. De este modo, la descripción detallada y la ilustración de estas formas de realización son de carácter puramente ilustrativo y no tienen por objeto en modo alguno limitar el alcance de la invención ni su protección. También se debe entender que los dibujos no están a escala y en determinados casos se han omitido detalles que no son necesarios para la comprensión de la presente invención.
- 45 Las formas de realización de la presente descripción proporcionan un dispositivo quirúrgico de ultrasonidos para utilizar con un transductor de ultrasonidos con fines médicos, según se reivindica en las reivindicaciones 1 ó 23. Las formas de realización preferidas de estos dispositivos se reivindican en las reivindicaciones 2-21 y 24.
- 50 Las cuchillas descritas en la presente memoria tienen una parte curva que incluye al menos cinco caras que se extienden longitudinalmente a lo largo de al menos una parte de la cuchilla, al menos una de esas caras incluye uno o más segmentos curvos de tal manera que la cuchilla tenga al menos una superficie curva junto con varios bordes

de cuchilla adecuados para cortar tejido. Cada una de las caras de la cuchilla es plana a través de su anchura, en donde esa anchura se extiende perpendicular al eje longitudinal saliente de la guía de ondas. Los segmentos curvos de una cara individual están todos curvados en una única dirección, aunque esa curvatura puede ser positiva y/o negativa en una única cara. La cuchilla curva se proporciona en el extremo distal de una guía de ondas, y la guía de ondas se adapta para el acoplamiento operativo (directa o indirectamente) a un transductor de ultrasonidos. En algunos casos, un elemento mordaza se sitúa de forma operativa adyacente a la cuchilla curva para el acoplamiento selectivo con una cara y/o un borde de la cuchilla de forma que proporcione tanto coagulación como corte, proporcionando por lo tanto una disposición de pinzas quirúrgicas (también denominadas como cizallas de ultrasonidos). Con o sin un elemento mordaza asociado, la cuchilla de corte se puede utilizar para cortar, coagular y/o diseccionar tejidos por ultrasonidos. También se entenderá que el término "segmento curvo" abarca una cara que tiene un único segmento curvo que se extiende a lo largo de la totalidad de la longitud de esa cara (por ejemplo, la longitud del segmento curvo es el 100% de la cara).

Las formas de realización de la cuchilla curva descritas en la presente memoria se configuran de forma que simplifiquen la fabricación, al mismo tiempo que todavía proporcionan varios bordes de cuchilla adecuados para cortar tejido. Al proporcionar varios bordes de cuchilla, las formas de realización descritas en la presente memoria permiten a los cirujanos emplear una gama mayor de técnicas y efectos. Además, las formas de realización de la cuchilla curva descritas en la presente memoria también permiten que el tejido se corte en más de una dirección, a menudo sin que el cirujano tenga que reposicionar el dispositivo.

La FIG. 1 es una vista en sección transversal parcial de una forma de realización de un dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10) que comprende una guía de ondas alargada (12) y una cuchilla curva (24). En la forma de realización particular mostrada, el dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10) incluye también un conjunto de vaina que comprende una vaina cilíndrica hueca (60) y un acoplador de vaina (70) en el extremo proximal de la vaina (60). En otras formas de realización, se omite el conjunto de vaina.

En la forma de realización mostrada en la FIG. 1, la guía de ondas (12) se sitúa dentro de la vaina (60) y el acoplador de vaina (70). Sin embargo, el conjunto de vaina no se fija directamente a la guía de ondas (12). En su lugar, y según se detalla a continuación, la guía de ondas (12) se puede unir de forma operativa en su extremo proximal a un transductor de ultrasonidos, y el acoplador de vaina (70) se fija a la carcasa del transductor. Se entenderá, sin embargo, que la guía de ondas (12) se puede fijar al conjunto de vaina (es decir, a la vaina (60) y/o al acoplador de vaina (70)), tal como mediante soldadura, unión adhesiva o de otras formas conocidas en la técnica.

La guía de ondas (12) incluye una parte de conector con rosca interna (14) en su extremo proximal, así como varios planos (16) dispuestos alrededor de la circunferencia de la guía de ondas (12) adyacente a la parte de conector (14). Los planos (16) proporcionan una tuerca integral con la guía de ondas (12) para utilizaren el apretado de la guía de ondas sobre un transductor, según se explica a continuación. Si bien la guía de ondas (12) se representa como de construcción unitaria, en formas de realización alternativas la guía de ondas (12) comprende dos o más partes unidas entre sí (por ejemplo, por medio de una unión roscada). Por ejemplo, en una forma de realización alternativa, la parte de conector (14) y los planos (16) comprenden una estructura unitaria que se une de forma roscada en el extremo proximal de la guía de ondas (12) (por ejemplo, mediante la utilización de un orificio roscado internamente y un perno roscado de acoplamiento que conecta las dos partes de la guía de ondas (12)). De forma similar, aunque la cuchilla (24) se representa como parte integrante de la guía de ondas (12), en formas de realización alternativas la cuchilla (24) es una estructura separada que se une al extremo distal de la guía de ondas (12), tal como mediante una unión roscada.

La FIG. 2 ilustra un generador de ejemplo (80) y un transductor de ultrasonidos (82) con el que se puede utilizar el dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10). Se entenderá que el generador (80) y el transductor (82) son meramente de ejemplo, ya que el dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10) se puede utilizar con cualquiera de una diversidad de generadores y transductores. El transductor (82) incluye una carcasa (84) que se configura para facilitar el agarre y la manipulación de la carcasa del transductor (84) por parte de un médico. El extremo proximal de la carcasa (84) incluye un conector eléctrico (por ejemplo, una clavija de enchufe o una toma de corriente) para la conexión operativa al generador (80) por medio de un conector de acoplamiento (81) proporcionado en el extremo de un cable conectado de forma similar al generador (80). Por lo tanto, una señal de accionamiento eléctrico que comprende una corriente alterna de frecuencia de ultrasonidos se suministra desde el generador (80) al transductor (82) por medio del cable y el conector (81). El transductor (82) convierte la señal de accionamiento en una onda vibratoria de ultrasonidos estacionaria en el transductor, que incluye la parte distal (85) de la trompa del transductor (o transformador de velocidad, no mostrado) que sobresale del extremo distal de la carcasa (84). La carcasa del transductor (84) también incluye un saliente roscado (89) en su extremo distal, adyacente a la parte distal (85) de la trompa del transductor.

Un perno de montaje roscado (88) se fija a la parte distal (85) de la trompa del transductor, tal como fijándolo de forma roscada y adhesiva dentro de un orificio roscado (no mostrado) en la parte distal (85). Por lo tanto, el perno roscado (88) se extiende distalmente desde la pared del extremo distal (86) de la parte distal (85). Se debe señalar también que la pared del extremo distal (86) de la parte distal (85) de la trompa del transductor se sitúa en un antinodo de la onda vibratoria estacionaria producida por el transductor (82). A modo de ejemplo, el generador (80) y el transductor (82) en la forma de realización representada se configuran para generar una onda vibratoria estacionaria que tenga una frecuencia de aproximadamente 55 kHz. Sin embargo, se pueden emplear otras diversas frecuencias de ultrasonidos, por ejemplo, entre aproximadamente 20 y aproximadamente 120 kHz.

El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10) se puede acoplar de forma operativa al transductor (82) de una diversidad de maneras. En la forma de realización mostrada, la parte de conector (14) en el extremo proximal de la guía de ondas (12) incluye un orificio roscado (17) que se extiende hacia el interior (es decir, distalmente) desde la pared del extremo proximal (15) de la parte de conector (14). El orificio roscado (17) se dimensiona y configura para recibir de forma roscada el perno de montaje (88) del transductor (82) en el mismo para acoplar de forma operativa la guía de ondas (12) al transductor (82). Cuando la parte de conector (14) se rosca en el perno de montaje (88) del transductor (82), la pared del extremo proximal (15) de la parte de conector (14) hace tope con la pared del extremo distal (86) de la parte distal (85) del transductor (82). Cuando se acoplan de esta manera, la onda vibratoria estacionaria producida en el transductor se propaga a lo largo de la longitud de la guía de ondas (12). Los planos (16) se utilizan para apretar aún más la guía de ondas (12) en el extremo distal del transductor (82), y se puede utilizar una llave dinamométrica (no mostrada) para asegurar que la guía de ondas no se apriete demasiado.

Según se mencionó anteriormente, el conjunto de vaina comprende la vaina cilíndrica (60) y el acoplador de vaina (70), que se fijan entre sí según se muestra. La vaina (60) se puede fijar al acoplador de vaina (70) de una diversidad de maneras, tal como, mediante soldadura, adhesivo y/o estampado. En la forma de realización de ejemplo mostrada en la FIG. 1, una parte proximal (61) de la vaina (60) se fija dentro de una cavidad convenientemente configurada dentro del acoplador (70), adyacente al extremo distal del acoplador. Además, el diámetro interior de la parte proximal (61) de la vaina (60) es más grande que el diámetro interior de la parte de la vaina (60) externa al acoplador (70) para recibir la parte de conector (14) y los planos (16) de la guía de ondas (12) dentro de la parte proximal (61).

El acoplador de vaina (70) generalmente es hueco e incluye una cavidad roscada (72) que se extiende hacia el interior alejándose de la pared del extremo proximal (74) del acoplador (70). Una vez que la guía de ondas (12) se ha acoplado de forma operativa al transductor (82) de la manera descrita anteriormente, el conjunto de vaina se desliza sobre la guía de ondas (12). En particular, la cuchilla (24) se inserta a través de la cavidad roscada (72) seguida de la guía de ondas (12). A partir de entonces, el acoplador de vaina (70) se fija de forma roscada a la carcasa del transductor (84) mediante el acoplamiento roscado del saliente roscado (89) dentro de la cavidad roscada (72), con la pared del extremo proximal (74) del acoplador (70) haciendo tope con la pared del extremo (87) de la carcasa del transductor (84). Una vez ensamblado de esta manera, al menos una parte de la cuchilla (24) se extiende más allá de la pared del extremo distal (62) de la vaina (60), según se ve en la FIG. 1. En otras palabras, en algunas formas de realización, una parte proximal de la cuchilla (incluyendo las partes proximales de las caras de la cuchilla, descritas más adelante en la presente memoria) se coloca dentro de la vaina, mientras que una parte distal de la cuchilla se extiende más allá de la pared del extremo distal de la vaina (según se representa en la Fig. 1). Por supuesto, se entenderá que la guía de ondas (12), la cuchilla (24) y/o el conjunto de vaina se pueden configurar de tal manera que más o menos de la cuchilla (24) se extienda más allá del extremo distal (62) de la vaina (60) que se representa en la FIG. 1 (véase, por ejemplo, las FIG. 3A y 3B). En general, una cantidad suficiente de la cuchilla (24) debería sobresalir más allá del extremo distal de la vaina (60) para proporcionar una adecuada visualización, alcance y manipulación de la cuchilla para el corte, la disección y la coagulación durante la utilización, sin que haya demasiado de la cuchilla (24) expuesta para que exista un mayor riesgo de contacto involuntario entre la cuchilla (24) y el tejido.

En la forma de realización mostrada en la FIG. 1, entre aproximadamente 0,5 y aproximadamente 2,5 cm de la cuchilla (24) se extiende más allá de la pared del extremo distal (62) de la vaina (60). En otras formas de realización, entre aproximadamente 1,0 y aproximadamente 2,0 cm de la cuchilla (24) se extiende más allá de la pared del extremo distal (62) de la vaina (60). En todavía otras formas de realización, entre aproximadamente el 15% y aproximadamente el 85% del 1/4 de onda distal, o entre aproximadamente el 30% y aproximadamente el 70% del 1/4 de onda distal de la cuchilla (24) está expuesta. El 1/4 de onda distal es la región que se extiende entre el nodo vibratorio más distal y la punta distal (26) de la cuchilla, es decir, aproximadamente la longitud de la cuchilla (24) que se extiende desde aproximadamente el nodo más distal hasta la punta distal (26).

Durante la utilización de los dispositivos quirúrgicos de ultrasonidos y las cuchillas descritas en la presente memoria, diversas fuerzas aplicadas en la cuchilla (24) tenderán a provocar una desviación lateral de la guía de ondas (12) dentro de la vaina (60). Para evitar el contacto entre la pared interior de la vaina (60) y la cuchilla (24) y la guía de ondas (12), limitando o previniendo de este modo los posibles daños al dispositivo de ultrasonidos (10), así como la amortiguación de la onda estacionaria, se proporcionan uno o más separadores entre la guía de ondas (12) y el interior de la vaina (60) para mantener la guía de ondas (12) en el centro de la vaina (60) (es decir, el eje longitudinal de la guía de ondas (12) alineado con el eje longitudinal de la vaina (60)). En la forma de realización mostrada en la FIG. 1, los anillos elásticos (17A, 17B) se proporcionan en el exterior de la guía de ondas (12), y comprenden, por ejemplo, anillos de silicona. Dado que la amplitud de la vibración longitudinal de la guía de ondas (12) a la frecuencia de accionamiento (por ejemplo, 55 kHz) durante su utilización es nula en los nodos de la onda estacionaria, los anillos elásticos (17A, 17B) se sitúan en los nodos vibratorios de la guía de ondas (12) o cerca de ellos para limitar la amortiguación de la onda estacionaria. Los anillos (17A, 17B) también amortiguan cualquier vibración que tenga frecuencias distintas de la frecuencia de accionamiento, ya que los nodos de vibraciones de otras frecuencias generalmente no coincidirán con las ubicaciones de los nodos para la frecuencia de accionamiento.

Los anillos elásticos (17A, 17B) se pueden soportar y mantener en su lugar de una diversidad de maneras conocidas por los expertos en la técnica. Por ejemplo, en las formas de realización mostradas en las FIG. 6, 7 y 14, se proporciona un soporte anular (220, 320, 420) para un anillo elástico en la guía de ondas, y el anillo elástico se puede, por ejemplo, insertar moldeado sobre el soporte (220, 320, 420) o fijado sobre el soporte anular de otras maneras conocidas por los expertos en la técnica (por ejemplo, con adhesivos, pegado, etc.). Los soportes anulares se pueden formar, por

ejemplo, mediante torneado. Como otra alternativa, y según se ve en la forma de realización de las FIG. 18 y 19, se proporciona una ranura circunferencial (621) en la guía de ondas (por ejemplo, mediante torneado de forma que se formen dos anillos adyacentes con la ranura situada entre los mismos). El anillo elástico se puede mantener entonces en posición de forma mecánica atrapando el anillo dentro de la ranura (621). Se pueden emplear disposiciones similares para fijar anillos elásticos adicionales alrededor de la guía de ondas. En algunas formas de realización, los anillos elásticos (17A, 17B) se proporcionan en o cerca de dos o más nodos vibratorios, dependiendo en parte de la longitud de la guía de ondas.

Como es conocido por los expertos en la técnica, la guía de ondas puede proporcionar una diversidad de otras características (12). Por ejemplo, la guía de ondas (12) mostrada en la FIG. 1 incluye varios segmentos de diámetro variable, con conicidades (18A, 18B, 18C) que proporcionan una transición suave entre los segmentos de diferentes diámetros. En la forma de realización de ejemplo mostrada en la FIG. 1, el primer segmento (12A) se sitúa en los planos adyacentes (16) y tiene un diámetro más pequeño que el de la región de los planos (16) para amplificar la onda vibratoria estacionaria. Una primera conicidad (18A) se sitúa en el extremo distal del primer segmento (12A), y proporciona una transición suave desde el diámetro más grande del primer segmento (12A) hasta el diámetro más pequeño del segundo segmento (12B). De forma similar, una segunda conicidad (18B) se sitúa en el extremo distal del segundo segmento (12B), y proporciona una transición suave desde el diámetro más pequeño del segundo segmento (12B) hasta el diámetro más grande del tercer segmento (12C). Por último, una tercera conicidad (18C) se sitúa en el extremo distal del tercer segmento (12C) (anillo elástico adyacente (17B), en el nodo vibratorio más distal de la guía de ondas), y proporciona una transición suave desde el diámetro más grande del tercer segmento (12C) de la guía de ondas (12) hasta el diámetro más pequeño de la cuchilla (24). Estos cambios de diámetro sirven, entre otras cosas, para ajustar la amplitud y/o la frecuencia de la onda vibratoria que se propaga en la longitud de la guía de ondas. Se entenderá, sin embargo, que se trata sólo de una disposición de ejemplo de la guía de ondas. Las formas de realización alternativas incluyen cualquier número de segmentos de diámetros variables, dependiendo, en parte, de la longitud deseada de la guía de ondas (que dependerá, por ejemplo, del uso previsto del instrumento).

El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos que comprende la guía de ondas (12) y la cuchilla (24) se puede fabricar con cualquiera de una diversidad de materiales, en particular diversos metales médica y quirúrgicamente aceptables tales como el titanio, la aleación de titanio (por ejemplo, Ti6Al4V), el aluminio, la aleación de aluminio o el acero inoxidable. La guía de ondas (12) y la cuchilla (24) mostradas en la FIG. 1 se forman como una única unidad, fabricada a partir de una única varilla de metal que se ha fresado de forma que proporcione las características representadas. Alternativamente, la guía de ondas y la cuchilla pueden comprender dos o más componentes separables de la misma de diferentes composiciones, con los componentes acoplados entre sí, por ejemplo, por medio de adhesivo, soldadura, un perno roscado, y/u otras formas adecuadas conocidas por los expertos en la técnica. Por ejemplo, la guía de ondas (12) se puede configurar como dos piezas unidas en o entre planos (16) y el primer segmento (12A). De forma similar, la cuchilla (24) se puede construir por separado de la guía de ondas (12) y unirse al extremo distal de la guía de ondas (12).

También se entenderá que el dispositivo quirúrgico de ultrasonidos que comprende la guía de ondas (12) y la cuchilla (24) se puede utilizar sin el conjunto de vaina simplemente acoplado de forma operativa el extremo proximal de la guía de ondas (12) (es decir, la parte de conector (14)) al transductor (82) (por medio del perno de montaje roscado (89)). Sin embargo, la vaina (60) no sólo protege la guía de ondas (12), sino que también evita el contacto inadvertido entre la guía de ondas (12) y el paciente, el personal médico o el entorno quirúrgico. Dicho contacto no sólo amortiguará la vibración de la guía de ondas (12), sino que también puede provocar lesiones al paciente o al personal médico, ya que la guía de ondas (12) vibra por ultrasonidos.

En las Figuras 3A y 3B se representa una forma de realización alternativa de un dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (110), en donde el dispositivo (110) se configura como una cizalla de ultrasonidos (también conocida como coagulador de mordaza o pinzas de ultrasonidos) que tiene un elemento mordaza (150) soportado con capacidad de pivotar en una cuchilla curva adyacente (124). El elemento mordaza (150) se adapta para el acoplamiento selectivo con una cara o un borde de la cuchilla (124) de forma que facilite el corte y la coagulación simultáneas del tejido impulsado contra una cara o un borde de la cuchilla (124) mediante el elemento mordaza (150). La cuchilla (124) es similar a la cuchilla (24) en la FIG. 1 o se puede configurar de manera similar a las otras diversas formas de realización de cuchillas curvas descritas en la presente memoria. En la forma de realización mostrada, el elemento mordaza (150) se sitúa y configura para el acoplamiento selectivo con una cara superior y curvada de forma cóncava de la cuchilla (124).

Aparte de la cuchilla (124) y el elemento mordaza (150), el dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (110) es similar al aparato mostrado y descrito en la patente de EE.UU. N.º 5.322.055. Como en la anterior forma de realización, la cuchilla curva (124) se proporciona en el extremo distal de una guía de ondas alargada (112). Si bien la guía de ondas (112) y la cuchilla (124) se representan como que son de construcción unitaria, en las formas de realización alternativas la guía de ondas (112) comprende dos o más partes unidas entre sí (por ejemplo, mediante unión roscada). De forma similar, aunque la cuchilla (124) se representa como que es parte integrante de la guía de ondas (112), en formas de realización alternativas la cuchilla (124) tiene una estructura separada y se une al extremo distal de la guía de ondas (112), tal como, por medio de una unión roscada. El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (110) incluye también una vaina cilíndrica hueca (160) en la que se coloca al menos una parte de la guía de ondas (112) y opcionalmente una parte de la cuchilla (124).

Al igual que en la forma de realización anterior, aunque al menos una parte de la guía de ondas (112) se sitúa dentro

de la vaina (160), la vaina (160) no se fija directamente a la guía de ondas (12). En su lugar, y como se detalla a continuación, la guía de ondas (112) se une de forma operativa en su extremo proximal a un transductor (182), y el extremo proximal de la vaina (160) se fija dentro del mango (172).

5 El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (110) incluye además un transductor de ultrasonidos (182) montado en el mango (172), según se muestra. El transductor (182) se puede montar de forma desmontable en el mango (172), tal como mediante un acoplamiento roscado con el mismo, o se puede fijar dentro o sobre el mango (172). El transductor (182) incluye una carcasa (184) que se configura para facilitar el agarre y la manipulación del dispositivo quirúrgico (110) junto con el asa estacionaria (174) del mango (172). El extremo proximal de la carcasa del transductor (184) incluye un conector eléctrico (por ejemplo, un clavija de enchufe o una toma de corriente) para la conexión operativa a un generador. Por lo tanto, una señal de accionamiento eléctrico que comprende una corriente alterna de frecuencia de ultrasonidos se suministrará desde el generador al transductor (182) por medio de un cable conectado de forma operativa al conector eléctrico en la carcasa del transductor. Al igual que en la anterior forma de realización, el transductor (182) convierte la señal de accionamiento en una onda vibratoria de ultrasonidos estacionaria en el transductor, que incluye la trompa del transductor (o transformador de velocidad) (185).

15 Aunque no se muestra en las FIG. 3A o 3B, un perno de montaje roscado se fija al extremo distal (186) de la trompa del transductor (185), tal como fijado de forma roscada y adhesiva dentro de un orificio roscado en el extremo distal (186) del trompa del transductor (185). Por lo tanto, como en la anterior forma de realización, este perno roscado se extiende distalmente alejándose del extremo distal (186) de la trompa del transductor (185), y este extremo distal (186) de la trompa del transductor (185) se sitúa en un antinodo de la onda vibratoria estacionaria producida por el transductor (182) (por ejemplo, a 55 kHz). De forma similar a la anterior forma de realización, el extremo proximal de la guía de ondas (112) incluye un orificio roscado (no mostrado) que se extiende hacia el interior (es decir, distalmente) desde el extremo proximal de la guía de ondas (112). Este orificio roscado se dimensiona y configura para recibir de forma roscada el perno de montaje en el extremo distal de la trompa del transductor (185), de tal manera que la guía de ondas (112) se acopla de forma operativa al transductor (182) fijando de forma roscada la guía de ondas en el perno de montaje de la trompa del transductor (185). Cuando se acopla de esta manera (es decir, según se ve en la FIG. 3B), la onda vibratoria estacionaria producida en el transductor (182) se propaga a lo largo de la longitud de la guía de ondas (112).

20 La vaina (160) se puede fijar al mango (172) de una diversidad de maneras conocidas por los expertos en la técnica, tal como por medio de soldadura, adhesivo, fijadores mecánicos y/o estampado. En la forma de realización de ejemplo mostrada en las FIG. 3A y 3B, el extremo proximal de la vaina (160) y la guía de ondas (112) se fijan dentro del mango (172) mediante un pasador de montaje (191).

35 Según se ve en la FIG. 3A, al menos una parte de la cuchilla (124) se extiende más allá de la pared del extremo distal (162) de la vaina (160). Una vez más se entenderá que la guía de ondas (112), la cuchilla (124), la vaina (160) y/o el mango (172) se pueden configurar de tal manera que más o menos de la cuchilla se extienda más allá del extremo distal de la vaina (160) que se representa en la FIG. 3A. En este caso, la totalidad de las caras de la cuchilla (es decir, la parte curva de la cuchilla) se extiende más allá de la pared del extremo distal (162) de la vaina (160). Al igual que en la forma de realización descrita anteriormente, se proporcionan uno o más anillos elásticos (117) en el exterior de la guía de ondas (112) (por ejemplo, anillos de silicona) y actúan como separadores que no sólo mantienen la guía de ondas (112) centrada con la vaina (160), sino que también se sitúan en los nodos vibratorios de la guía de ondas (112) para limitar la amortiguación de la onda estacionaria en la frecuencia de accionamiento, mientras que también amortiguan las frecuencias distintas de la frecuencia de accionamiento.

40 El elemento mordaza (150) incluye una almohadilla (151) montada en el mismo para comprimir el tejido contra una cara o el borde de la cuchilla (124) para facilitar el corte y la coagulación del tejido. La almohadilla (151) se forma de un polímero u otro material compatible, y se acopla a un borde o cara de la cuchilla (124) cuando el elemento mordaza (150) se gira a su posición totalmente cerrada mostrada en la FIG. 17. La almohadilla (151) puede comprender, por ejemplo, PTFE o poliimida (PI), con o sin materiales de relleno añadidos tales como vidrio, metal y/o carbono. En algunas formas de realización, la almohadilla (151) comprende un material resistente a las altas temperaturas. La almohadilla (151) se une al elemento mordaza (150) mediante, por ejemplo, un adhesivo o un fijador mecánico. Según se ve en las Figuras 3A y 3B, la superficie expuesta de la almohadilla (151) proporciona una superficie de acoplamiento con el tejido curva. En la forma de realización mostrada, esta superficie de acoplamiento con el tejido tiene una curvatura que corresponde a la curvatura de la parte correspondiente de la primera cara de la cuchilla.

55 Además, según se ve mejor en la FIG. 16, en la superficie de sujeción de la almohadilla (151) se forman dientes (152) para mejorar el agarre y la manipulación de los tejidos, incluso cuando la cuchilla (124) no vibra, lo que permite por lo tanto que el dispositivo quirúrgico (110) se utilice como unas pinzas convencionales cuando no se utiliza para cortar/coagular tejidos. Los dientes (152) se proporcionan en dos filas, con una región retranqueada (152) entre las mismas. La región retranqueada (152) se conforma y se configura para el acoplamiento coincidente con una cara adyacente de la cuchilla (124), según se ve mejor en la FIG. 16. Al conformar la superficie de la región retranqueada (152) con la de la cara adyacente de la cuchilla (124), no hay espacios entre la almohadilla del tejido (151) y la cuchilla cuando la almohadilla del tejido se sujeta contra la cara adyacente de la cuchilla, asegurando por lo tanto que el tejido se corte por completo a lo largo de la cuchilla. También se observará que el extremo distal de la vaina (160) tiene conicidad a fin de limitar la entrada de tejido en el interior de la vaina (160) durante la utilización.

El extremo proximal del elemento mordaza (150) se monta con capacidad de pivotar en la vaina (160), adyacente al extremo distal de la misma, mediante un pasador pivotante (153). El elemento mordaza (150) también se une con capacidad de pivotar al extremo distal de una varilla del actuador (179) en el pasador pivotante (154). La varilla del actuador (179) se monta en el mango (172) para el movimiento lineal paralelo al eje longitudinal de la guía de ondas (112), y se extiende hacia fuera desde el mango (172) directamente por encima de la vaina (160). Desde la posición abierta de la FIG. 3A, el movimiento lineal de la varilla del actuador (179) en dirección distal (es decir, hacia la cuchilla (124)), hace que el brazo mordaza pivote hacia su posición cerrada, de tal manera que la almohadilla (151) acabará acoplándose con una cara de la cuchilla (124) (véase la FIG. 17). De forma similar, desde la posición cerrada, el movimiento lineal de la varilla del actuador (179) en dirección proximal (es decir, hacia el transductor (182)), hace que el brazo mordaza pivote hacia su posición abierta de la FIG. 3A.

Para realizar un movimiento lineal y longitudinal de la varilla del actuador (179), se monta con capacidad de pivotar un asa (175) en el mango (172), según se muestra. El asa (175) se fija con capacidad de pivotar dentro de la mango (172) en el pasador pivotante (176), y el extremo distal del mango (175) se une con capacidad de pivotar al extremo proximal de la varilla del actuador (179) en el pasador pivotante (177) dentro del mango (172). Por lo tanto, el movimiento pivotante del asa (175) alejándose del mango (172) hace que el elemento mordaza (150) gire hacia su posición abierta (FIG. 3A), mientras que el movimiento pivotante del asa (175) hacia el mango (172) hace que el elemento mordaza (150) gire hacia su posición cerrada, posición de sujeción del tejido.

Según se mencionó anteriormente, las cuchillas representadas y descritas en la presente memoria tienen al menos una superficie curva junto con varios bordes de cuchilla adecuados para el corte por ultrasonidos del tejido. Estas cuchillas se pueden fabricar a partir de tocho torneado (por ejemplo, tocho redondo) utilizando sólo fresas de acabado y sin fresado en el eje Z, al tiempo que todavía proporciona varios bordes de cuchilla adecuados para el corte de tejido.

Las cuchillas curvas representadas y descritas en la presente memoria se proporcionan en el extremo distal de una guía de ondas, y tienen una parte curva que incluye al menos cinco caras que se extienden longitudinalmente a lo largo de al menos una parte de la longitud de la cuchilla. Cada una de las caras de la cuchilla es plana a través de su anchura, la cual anchura se extiende de forma perpendicular al eje longitudinal (L) saliente de la guía de ondas. A lo largo de sus respectivas longitudes (es decir, la dirección ortogonal a sus respectivas anchuras), cada una de las caras de la cuchilla es o bien plana o bien incluye uno o más segmentos curvos (con o sin uno o más segmentos planos), estando cada uno de los segmentos curvos de una cara individual curvado en la misma dirección (sin embargo, esa curvatura puede ser positiva y/o negativa). Al menos una de las caras de la cuchilla incluye al menos uno de dichos segmentos curvos. En algunas formas de realización en donde la parte curva de la cuchilla tiene un número par de caras (por ejemplo, seis), dos caras opuestas (es decir, caras en lados opuestos de la cuchilla) tienen al menos un segmento curvado. La dirección de la curvatura de los segmentos curvos de una cara individual no cambia a lo largo de su longitud, siendo el gradiente de curvatura en la superficie de los segmentos curvos de cada cara distinto de cero en una dirección y cero en la dirección perpendicular (es decir, a través de sus anchuras). Por lo tanto, los ejes de curvatura de cada uno de los segmentos curvos de una cara individual son paralelos entre sí (según se ve, por ejemplo, en la FIG. 5). Además, los ejes de curvatura de cada uno de los segmentos curvos de las caras de la cuchilla son perpendiculares a un plano que incluye el eje longitudinal (L) de la guía de ondas (es decir, las caras de la cuchilla no incluyen ningún segmento curvo que tenga un eje de curvatura que no sea perpendicular a un plano que incluya el eje longitudinal de la guía de ondas). Por lo tanto, el ángulo incluido entre las caras adyacentes también es constante a lo largo de la longitud de la parte curva de la cuchilla.

Por consiguiente, cada una de las caras de la parte curva de la cuchilla comprende una superficie desarrollable, facilitando de este modo la fabricación de la cuchilla a partir de tocho torneado (por ejemplo, tocho redondo) utilizando una fresa de acabado y movimiento sólo en los ejes X e Y de la pieza de trabajo (es decir, el material de la cuchilla, por ejemplo, tocho redondo) y la fresa de una con respecto a la otra. Durante el fresado no se requiere ningún movimiento o corte en el eje Z, ya que cada una de las caras de la cuchilla es plana y/o incluye una o más superficies cilíndricas rectas (superficies cilíndricas circulares o elípticas) u otra superficie curva en una única dirección. Se entenderá que las cuchillas descritas en la presente memoria se pueden fabricar a partir de cualquier tocho torneado, incluyendo no sólo el tocho cilíndrico recto o cónico sino también el tocho torneado elíptico recto o cónico. (La configuración de las caras de la cuchilla descrita por lo anterior se puede comprender mejor con referencias al método de producir las caras de la cuchilla a partir del tocho redondo, según se describe adicionalmente en la presente memoria).

La intersección de cada par de caras adyacentes de la parte curva de la cuchilla define un borde cortante, que se extiende a lo largo de al menos una parte de la longitud de la cuchilla. Dado que cada cara adyacente de la cuchilla no se curva necesariamente de la misma manera, se puede proporcionar una diversidad de formas y configuraciones del borde cortante en la misma cuchilla para dar más opciones de corte al médico.

En algunas formas de realización, las cinco o más caras de la cuchilla, y por lo tanto los cinco o más bordes cortantes que hay entre las mismas, se extienden hasta la punta distal (26) de la cuchilla (por ejemplo, las FIG. 6A-6E). En otras formas de realización (por ejemplo, la FIG. 15), una o más de las caras de la cuchilla termina en una cara cilíndrica (527) (u otra superficie torneada). La cara cilíndrica (527) resulta cuando dos caras adyacentes se intersecan a lo largo de la longitud de la cuchilla, pero adyacentes a sus extremos distales esa intersección se extiende fuera del perfil torneado del tocho utilizado para fabricar la cuchilla. En las formas de realización mostradas en la FIG. 15, la cara cilíndrica (527) comprende una parte del tocho cilíndrico a partir de la cual se ha fabricado la cuchilla (524). Se

entenderá, sin embargo, que la cuchilla descrita en la presente memoria se puede fabricar a partir de cualquier tocho torneado, lo que incluye no sólo el tocho cilíndrico sino también, por ejemplo, el tocho torneado elíptico.

En algunas formas de realización, la parte curva de la cuchilla tiene seis caras dispuestas como tres pares de caras opuestas, de tal manera que la forma de la sección transversal de la cuchilla en cualquier plano perpendicular al eje longitudinal de la guía de ondas a través de la parte curva de la cuchilla (excepto a través de algunos segmentos de transición, según se describe a continuación) es un hexágono. El ángulo incluido entre las caras adyacentes en estas formas de realización es constante a lo largo de la longitud de la parte curva de la cuchilla, y cada uno está entre aproximadamente 100 y aproximadamente 140 grados. En una forma de realización particular, todos los ángulos incluidos entre las caras adyacentes de una cuchilla que tiene una parte curva con seis caras son aproximadamente 120 grados (por ejemplo, la cuchilla 424 en la FIG. 14).

El extremo proximal de la cuchilla en algunas formas de realización incluye una sección cilíndrica entre el extremo distal de la guía de ondas y las varias caras de la cuchilla. La cuchilla (24), por ejemplo, incluye una parte cilíndrica (25) situada entre la conicidad (18C) adyacente al nodo más distal de la guía de ondas (12) y los extremos proximales de las caras de la cuchilla (28, 30, 32, 34, 36, 38) (véanse las FIG. 1 y 4A). En otras formas de realización, en particular cuando no se proporciona una conicidad en el nodo más distal, la cuchilla incluye una parte cilíndrica situada entre el nodo más distal de la guía de ondas y las varias caras (es decir, cuando no hay una conicidad entre el nodo más distal y la cuchilla). Además, en todavía otras formas de realización, no se incluye dicha parte cilíndrica en el extremo proximal de la cuchilla.

Las FIG. 4A-4E representan diversas vistas de la cuchilla (24) que, en esta forma de realización, incluye una parte curva con seis caras (28-38) que se extienden distalmente alejándose de la parte cilíndrica (25) hasta la punta distal (26). En esta forma de realización particular, cada cara (28-38) incluye un segmento de transición (A) curvo, un segmento medio (B) plano y un segmento distal (C) curvo. Los segmentos de transición (A) de cada cara proporcionan una transición suave desde la parte cilíndrica (25) a los segmentos medio y distal (B, C) de la parte curva de la cuchilla, y aumentan gradualmente en anchura en dirección distal (es decir, hacia la punta distal (26)). Los segmentos de transición (A) no sólo son necesarios por la utilización de una fresa de acabado para formar las caras de la cuchilla en el tocho torneado, sino que los segmentos de transición (A) ayudan a reducir la tensión en la intersección de las caras y la parte cilíndrica (25). No obstante, los segmentos de transición (A), así como el borde entre un segmento de transición (A) y la cara adyacente (por ejemplo, un segmento de transición adyacente) son también partes utilizables de la cuchilla. Por lo tanto, cada uno de estos bordes de los segmentos de transición se puede utilizar para cortar y/o cauterizar tejido.

El segmento de transición (A) de cada una de las caras de la cuchilla es plano a través de su anchura y se curva en una única dirección a lo largo de su longitud. En la forma de realización mostrada en las FIG. 4 y 5, el segmento medio (B) de cada una de las caras de la cuchilla, por otra parte, es plano a través de su anchura y también plano a lo largo de su longitud, extendiéndose con un ángulo con el eje longitudinal de la guía de ondas de tal manera que la cuchilla (24) tiene conicidad a lo largo de los segmentos medios (B). En formas de realización alternativas, uno o más de los segmentos medios (B) se extienden paralelos al eje longitudinal (L) de la guía de ondas. Por último, cada segmento distal (C) de cada una de las caras de la cuchilla (24) es plano a través su anchura y se curva (en una única dirección) a lo largo de su longitud. En formas de realización alternativas, uno o más (pero no todos) los segmentos distales (C) son planos a lo largo de sus respectivas longitudes.

Según se mencionó anteriormente, la parte curva de la cuchilla (24) tiene seis caras (28-38) que se extienden distalmente alejándose de la parte cilíndrica (25) hasta la punta distal (26). Las caras de la cuchilla (24) se disponen como tres pares de caras opuestas, de tal manera que la forma de la sección transversal de la cuchilla en cualquier plano perpendicular al eje longitudinal (L) de la guía de ondas a través de cualquier punto de los segmentos medios (B) o los segmentos distales (C) es un hexágono. El ángulo incluido entre las caras adyacentes es constante a lo largo de la longitud de la cuchilla, y cada uno está entre aproximadamente 100 y aproximadamente 140 grados. En la forma de realización mostrada en las FIG. 4A-4E, todos los ángulos incluidos entre las caras adyacentes son aproximadamente 120 grados, de tal manera que la forma de la sección transversal de la cuchilla en cualquier plano perpendicular al eje longitudinal (L) de la guía de ondas a través de cualquier punto del segmento medio (B) o del segmento distal (C) es un hexágono equiangular.

Se debe observar que un hexágono equiangular significa simplemente que los ángulos incluidos, es decir, interiores, son idénticos, y los lados opuestos del hexágono son paralelos entre sí. Sin embargo, puesto que la forma de la sección transversal del hexágono equiangular descrito anteriormente se define en un plano perpendicular al eje longitudinal (L) de la guía de ondas y las caras opuestas, aunque paralelas a través de sus anchuras y que sólo se curvan en una única dirección, pueden tener diferentes cantidades de curvatura, no teniendo necesariamente los lados opuestos de este hexágono equiangular la misma longitud. Por lo tanto, las cuchillas descritas en la presente memoria, aunque se pueden fabricar utilizando únicamente fresas de acabado convencionales y sin fresado en el eje Z, pueden tener varios bordes cortantes curvos que no se curven necesariamente en una única dirección (a pesar del hecho de que cada cara individual se curve en una única dirección).

Por supuesto, se entenderá que el ángulo incluido entre las caras adyacentes en las formas de realización alternativas dependerá, en parte, de cuántas caras se proporcionen en la cuchilla. Por ejemplo, en algunas formas de realización de una cuchilla que tiene cinco caras, cada uno de los ángulos incluidos entre las caras adyacentes está entre

aproximadamente 88 y aproximadamente 128 grados, o, en algunos casos, cada uno es aproximadamente 108 grados, de tal manera que la forma de la sección transversal de la cuchilla en cualquier plano perpendicular al eje longitudinal de la guía de ondas a través de la parte curva de la cuchilla (excepto a través de algunos segmentos de transición, donde los haya) es un pentágono equiangular. De forma similar, en algunas formas de realización de una

5 cuchilla que tiene siete caras, cada uno de los ángulos incluidos está entre aproximadamente 108 y aproximadamente 148 grados, o, en algunos casos, cada uno es aproximadamente 128 grados, de tal manera que la forma de la sección transversal de la cuchilla en cualquier plano perpendicular al eje longitudinal de la guía de ondas a través de la parte

10 curva de la cuchilla (excepto a través de algunos segmentos de transición, donde los haya) es un heptágono equiangular. De forma similar, en algunas formas de realización de una cuchilla que tiene ocho caras, cada uno de los ángulos incluidos está entre aproximadamente 115 y aproximadamente 155 grados, o, en algunos casos, cada uno es

aproximadamente 135 grados, de tal manera que la forma de la sección transversal de la cuchilla en cualquier plano perpendicular al eje longitudinal de la guía de ondas a través de la parte curva de la cuchilla (excepto a través de algunos segmentos de transición, donde los haya) es un octágono equiangular.

En todavía otras formas de realización, la cuchilla se puede configurar para tener una mayor variación en los ángulos incluidos que las especificadas en los párrafos anteriores. Por lo tanto, al menos uno de los ángulos incluidos entre las caras adyacentes es más de 20 grados, más de 30 grados o más de 45 grados inferior que al menos uno de los otros ángulos incluidos a lo largo de al menos una parte de la cuchilla. Por ejemplo, la cuchilla (624) mostrada en las

15 FIG. 18 y 19 tiene cinco caras de tal manera que la forma de la sección transversal de la cuchilla en cualquier plano perpendicular al eje longitudinal de la guía de ondas a través de los segmentos distales curvos (C) de la cuchilla (624) es un pentágono. Sin embargo, aunque cuatro de los ángulos incluidos entre las caras adyacentes sean

20 aproximadamente 120 grados, el quinto ángulo incluido (α) es aproximadamente 60 grados. Por lo tanto, el borde cortante (637) es más afilado que los otros cuatro bordes cortantes.

Como se ve también en las Figuras 4A-4E y 5, como los segmentos de transición (A) de las caras (28-38) no tienen todos la misma longitud, la forma de la sección transversal de la cuchilla en un plano perpendicular al eje longitudinal

25 (L) de la guía de ondas a través de algunas partes de los segmentos de transición (A) incluirá partes de una superficie cilíndrica (40) correspondiente a la del tocho redondo a partir del cual se fabrica la cuchilla (véase, por ejemplo, la FIG. 12F, en donde 28A designa el segmento de transición de la primera cara (28) de la parte curva de la cuchilla (24)). En algunas formas de realización, los segmentos de transición A comprenden menos de la mitad de la longitud de la parte curva de la cuchilla, o incluso menos de un tercio de la longitud de la parte curva de la cuchilla.

En la forma de realización alternativa representada en las Figuras 18 y 19, mientras que los segmentos distales curvos

30 (C) comprenden cinco caras, los segmentos de transición (A) incluyen una sexta cara (638A) para facilitar la provisión de un ángulo incluido (α) reducido entre dos de las caras del segmento distal. No obstante, cada cara (628, 630, 632, 634, 636) incluye un segmento de transición (A) curvo, un segmento medio (B) plano y un segmento distal (C) curvo. Al igual que antes, los segmentos de transición (A) de cada cara proporcionan una transición suave desde la parte

35 cilíndrica (625) a los segmentos medio y distal (B, C) de la cuchilla. Cada segmento de transición (A) de cada una de las caras de la cuchilla, así como la cara de transición (638A), es plana a través de su anchura y se curva en una única dirección a lo largo de su longitud. El segmento medio (B) de cada una de las caras de la cuchilla, por otra parte, es plano a través de su anchura y también plano a lo largo de su longitud, extendiéndose de forma paralela al eje longitudinal de la guía de ondas. Por último, el segmento distal (C) de cada una de las caras de la cuchilla es plano a

40 través de su anchura y se curva (en una única dirección) a lo largo de su longitud. Además, como la cuchilla (524) en la FIG. 15, la primera cara (628) y, en parte, las caras segunda y quinta (630, 636), terminan en una cara cilíndrica (627).

Según se ve mejor en las FIG. 4A, 4B y 5, la primera cara (28) interseca la segunda cara (30) a lo largo del borde

45 cortante (29), a través del segmento de transición (A), el segmento medio (B) y el segmento distal (C) de la cuchilla (24). De forma similar, la segunda cara (30) interseca la tercera cara (32) a lo largo del borde cortante (31), la tercera cara (32) interseca la cuarta cara (34) a lo largo del borde cortante (33), la cuarta cara (34) interseca la quinta cara (36) a lo largo del borde cortante (35), la quinta cara (36) interseca la sexta cara (38) a lo largo del borde cortante (37), y la sexta cara (38) interseca la primera cara (28) a lo largo del borde cortante (39). Si se desea, los bordes cortantes se pueden pulir para suavizar los bordes o se pueden rectificar para afilar los bordes. También se puede realizar el

50 pulido de la totalidad de la cuchilla para mejorar el acabado superficial, mejorar la vida útil de la cuchilla (evitar la fatiga) y/o ajustar la velocidad de corte. En lo que respecta a los tres pares de caras opuestas de la cuchilla (24), la primera cara (28) está en relación opuesta a la cuarta cara (34), la segunda cara (30) está en relación opuesta a la quinta cara (36), y la tercera cara (32) está en relación opuesta a la sexta cara (38). Dado que cada ángulo incluido entre las caras adyacentes es constante a lo largo de la longitud de la parte curva de la cuchilla (24), y es

55 aproximadamente 120 grados, los ejes de curvatura de los segmentos curvos de cada par de caras opuestas son paralelos entre sí, es decir, cada par de caras opuestas sólo se curva en la misma dirección (aunque esa dirección de curvatura puede ser positiva o negativa). Esto se ve mejor, por ejemplo, en la FIG. 5, que representa una vista en planta lateral de la cuchilla (24) (y es la misma vista que la FIG. 4B).

Según se muestra en la FIG. 5, los segmentos de transición (28A, 34A) de las caras primera y cuarta opuestas (28, 34) se curvan a lo largo de sus longitudes, los segmentos medios (28B, 34B) son planos (a lo largo de sus longitudes y anchuras), y los segmentos distales (28C, 34C) se curvan a lo largo de sus longitudes. Cada uno de estos segmentos

60 (28A-C, 34A-C) es plano a través de su anchura, en donde la anchura se extiende de forma perpendicular al eje longitudinal (L) de la guía de ondas (12) (es decir, perpendicular al plano de la FIG. 5). Los segmentos curvos (28A,

28C, 34A, 34C) se curvan todos en la misma dirección, de tal manera que sus ejes de curvatura (D', E', F', G') sean paralelos entre sí y sean perpendiculares a un plano que incluye el eje longitudinal (L) de la guía de ondas (es decir, perpendiculares al plano de la FIG. 5). Por supuesto, si bien los segmentos curvos (28A, 28C, 34A, 34C) se curvan todos en la misma dirección, el segmento distal (34C) de la cuarta cara (34) se curva de forma negativa (radio de curvatura negativo (F)) aunque los otros segmentos curvos (28A, 28C, 34A) se curvan de forma positiva (radios de curvatura positivos (D, E, F)). Según se utiliza en la presente memoria, una superficie cóncava tiene un radio de curvatura positivo, mientras que una superficie convexa tal como el segmento distal (34C) de la cuarta cara (34) tiene un radio de curvatura negativo.

En algunas formas de realización de las cuchillas descritas en la presente memoria, los segmentos de transición de cada cara son cóncavos (por ejemplo, 28A y 34A en la FIG. 5). Por lo tanto, los segmentos de transición proporcionan de forma efectiva una conicidad que reduce el tamaño de la sección transversal de la cuchilla. Además, en algunas formas de realización de las cuchillas descritas en la presente memoria (por ejemplo, las cuchillas (24, 124, 224)), cuando uno de los segmentos medio o distal de cada par de caras opuestas es cóncavo (por ejemplo, 28C en la FIG. 5), el correspondiente segmento medio o distal de la cara opuesta es convexo (por ejemplo, 34C en la FIG. 5). Además, en estas formas de realización el radio de curvatura del segmento medio o distal cóncavo de una cara de cuchilla es igual o mayor que el correspondiente segmento medio o distal de la cara opuesta. Por ejemplo, en la forma de realización mostrada en la FIG. 5, el radio de curvatura (E) del segmento distal cóncavo (28C) de la primera cara (28) es mayor que el radio de curvatura (G) del segmento distal convexo (34C) de la cuarta cara (34). De esta manera, el área de la sección transversal de la parte curva de la cuchilla en estas formas de realización no aumentará a lo largo de ninguna parte de su longitud. Más bien, el área de la sección transversal de la parte curva de la cuchilla disminuirá entre sus extremos proximal y distal de tal manera que la cuchilla tenga conicidad a lo largo de su longitud y la cuchilla tenga su parte más estrecha en la punta distal (26).

Aunque cada una de las seis caras (28-38) de la cuchilla (24) incluye un único segmento medio (28B-38B), se puede proporcionar cualquier número de segmentos medios de curvatura variable (o sin curvatura) entre los segmentos de transición (28A- 38A) y los segmentos distales (28C-38C). En la forma de realización mostrada en la FIG. 5, aunque los segmentos medios de todas las caras (28-38) no están curvados (es decir, tienen un gradiente de curvatura nulo), tienen conicidad de tal manera que la distancia entre los segmentos medios opuestos disminuye en la dirección distal.

Se entenderá que se puede proporcionar cualquier número de segmentos planos y curvos en cualquiera de las varias caras de la parte curva de la cuchilla. Por ejemplo, en algunas formas de realización, cada cara tiene al menos un segmento que es curvo, tal como cada cara tiene un segmento distal curvo, con o sin transición y segmentos medios distintos, cada uno de los cuales (segmentos de transición y medios) puede ser recto o curvo a lo largo de su longitud. En otras formas de realización la totalidad de una o más caras es curva, con un único radio de curvatura para la totalidad de la longitud de la cara (por ejemplo, la primera cara (228) de la cuchilla (224) en las FIG. 6A-6E).

Las Figuras 6A-6E representan una forma de realización alternativa de una cuchilla (224) que tiene seis caras (228-238) que se extiende distalmente alejándose de la parte cilíndrica (225) hacia la punta distal (226). En esta forma de realización particular, cada cara (228-238) incluye un segmento de transición (A) y un segmento distal (C) (no hay un segmento medio plano en ninguna de las seis caras). Los segmentos de transición (A) de cada cara proporcionan la transición desde la parte cilíndrica (225) a los segmentos distales (C) de la cuchilla. Al igual que la forma de realización anterior, dado que los segmentos de transición (228A-238A) proporcionan una conicidad que reduce el área de la sección transversal de la cuchilla desde la parte cilíndrica (225) hacia el resto de la parte curva de la cuchilla, los segmentos de transición (228A-238A) aumentan gradualmente su anchura en la dirección distal (es decir, hacia la punta distal (226)). A diferencia de la cuchilla (24), el extremo distal de los segmentos de transición (228A-238A) se sitúa a distancias variables del extremo distal de la guía de ondas (212). Una vez más, el segmento de transición (A) de cada una de las caras de la cuchilla es plano a través de su anchura y se curva en una única dirección a lo largo de su longitud, siendo cada segmento de transición (228A-238A) cóncavo. De forma similar, el segmento distal (C) de cada una de las caras de la cuchilla es plano a través de su anchura y se curva (en una única dirección) a lo largo de su longitud. Sin embargo, en esta forma de realización, cada segmento distal de las caras de la cuchilla comprende una curva compleja de radio que cambia de forma continua, sin embargo, esa curvatura es sin embargo en una única dirección a lo largo de la longitud del segmento distal (por ejemplo, según se representa de forma esquemática en la FIG. 20).

Al igual que antes, las seis caras (228-238) de la cuchilla (224) se disponen como tres pares de caras opuestas, de tal manera que la forma de la sección transversal de la cuchilla en cualquier plano perpendicular al eje longitudinal (L) de la guía de ondas a través de cualquier punto del segmento distal (C) es un hexágono. El ángulo incluido entre las caras adyacentes es constante a lo largo de la longitud de la cuchilla, y cada uno es aproximadamente 120 grados, de tal manera que la forma de la sección transversal de la cuchilla en cualquier plano perpendicular al eje longitudinal (L) de la guía de ondas a través de cualquier punto del segmento distal (C) es un hexágono equiangular.

La primera cara (228) interseca la segunda cara (230) a lo largo del borde cortante (229), la segunda cara (230) interseca la tercera cara (232) a lo largo del borde cortante (231), la tercera cara (232) interseca la cuarta cara (234) a lo largo del borde cortante (233), la cuarta cara (234) interseca la quinta cara (236) a lo largo del borde cortante (235), la quinta cara (236) interseca la sexta cara (238) a lo largo del borde cortante (237), y la sexta cara (238) interseca la primera cara (228) a lo largo del borde cortante (239). En lo que respecta a los tres pares de caras opuestas de la cuchilla (224), la primera cara (228) está en relación opuesta a la cuarta cara (234), la segunda cara (230) está

en relación opuesta a la quinta cara (236), y la tercera cara (232) está en relación opuesta a la sexta cara (238). Dado que cada ángulo incluido entre caras adyacentes es constante en la longitud de la cuchilla (224), y aproximadamente 120 grados, los ejes de curvatura de las partes curvas de cada par de caras opuestas son paralelos entre sí, es decir, cada par de caras opuestas sólo se curva en la misma dirección (aunque esa dirección de curvatura puede ser positiva o negativa, como en la forma de realización anterior). Al igual que en el caso de la cuchilla (24), cuando un segmento distal (C) de una cara (228-238) es cóncavo, el segmento distal (C) de la cara opuesta es convexo (por ejemplo, el segmento distal de la primera cara (228) es cóncavo, y el segmento distal de la cuarta cara (234) opuesta es convexo).

La FIG. 7 representa otra forma de realización alternativa de una cuchilla (324) que tiene seis caras (328-338) que se intersecan entre sí con ángulos incluidos de aproximadamente 120 grados. Una vez más cada cara incluye un segmento de transición (A), un segmento medio (B) y un segmento distal (C). Al igual que antes, los segmentos de transición (328A, 330A, 332A, 334A, 336A, 338A) son planos a través de sus respectivas anchuras y se curvan (de forma cóncava) en una única dirección a lo largo de sus respectivas longitudes. Sin embargo, en esta forma de realización, los segmentos medios y distales (B, C) de las caras opuestas segunda y quinta (330, 336) son planos a lo largo de la totalidad de sus longitudes. Las caras (328, 332, 334, 338) son planas a lo largo de sus longitudes respectivas en los segmentos medios (B), pero se curvan en una única dirección a lo largo de sus longitudes respectivas en los segmentos distales (C). Además en esta forma de realización, cada par de caras opuestas que se curvan a lo largo de sus segmentos distales (C) tienen el mismo radio de curvatura, de tal manera que la forma de la sección transversal de la cuchilla (324) en cualquier plano perpendicular al eje longitudinal (L) de la guía de ondas a través de cualquier punto del segmento medio (B) o del segmento distal (C) es un hexágono equiangular, semirregular (los lados opuestos del hexágono son congruentes, es decir, de igual longitud). Por lo tanto, el tamaño de la sección transversal de la cuchilla (324) no tiene concididad aparte del segmento de transición (A). Además, el eje del segmento medio (B) es paralelo al eje longitudinal de la guía de ondas.

Las FIG. 8A-8D, 9A-9E, 10A-10E, 11A-11E y 12A-12F representan un método de fabricación de la cuchilla (24) a partir de un segmento (42) de tocho redondo, en donde la concididad (18C) en el extremo distal de la guía de ondas (12) se ha omitido de las FIG. 8A-8D, 9A-9E, 10A-10E, 11A-11E y 12A-12F con fines de claridad. La guía de ondas (12) y la cuchilla (24) se mecanizan a partir de un único tocho redondo, y las características omitidas de la guía de ondas (12) (por ejemplo, las concididades (18)) se pueden formar por métodos conocidos por los expertos en la técnica. En particular, el diámetro del segmento (42) del tocho redondo (mostrado en las FIG. 8A-8D) se ha reducido en las FIG. 9A-9E para proporcionar no sólo el diámetro deseado del tercer segmento (12C) de la guía de ondas (12), sino también un soporte anular (20) para el anillo elástico (17B) que se puede, por ejemplo, insertar moldeado sobre el soporte (20) o aplicado sobre el soporte (20) de otras maneras conocidas por los expertos en la técnica. El soporte (20) y el cilindro distal (42A) se pueden formar, por ejemplo, girando el tocho redondo en un torno para reducir su diámetro, dejando el cilindro distal (42A) en el extremo del tocho redondo con el mismo diámetro que (o menor que) el diámetro del segmento original (42) del tocho redondo. El cilindro distal (42A) se corresponde con los segmentos medio y distal (B, C) de la cuchilla (24) final. Como alternativa, las caras de la cuchilla se pueden fresar en el tocho redondo con todo el diámetro.

Después de la reducción del tamaño del tocho redondo a la configuración mostrada en las FIG. 9A-9E, las seis caras de la cuchilla (24) se mecanizan utilizando una o más fresas de acabado para producir la configuración mostrada en las FIG. 10A-10E. Sin embargo, no se requiere un fresado en el eje Z, y las seis caras se pueden fresar utilizando sólo tres orientaciones del tocho redondo. Por ejemplo, las caras primera y cuarta (28, 34) se fresan en el tocho redondo utilizando una fresa de acabado (44) según se muestra en las FIG. 10A-10E y 13A-13B. La pieza de trabajo (el tocho redondo, opcionalmente reducido de tamaño según se muestra en las FIG. 9A-9E) se coloca en la mesa X-Y de una fresadora, según se muestra en las FIG. 13A y 13B. A continuación, la pieza de trabajo se hace avanzar en las direcciones X e Y, sin rotación de la pieza de trabajo, al mismo tiempo que se hace girar la fresa de acabado (alrededor de un eje orientado hacia Z). Como resultado, se fresa la primera cara (28) en la pieza de trabajo, en donde la primera cara (28) es plana a través de su anchura (es decir, la dirección Z en la FIG. 13B). La cuarta cara (34) se fresa de la misma manera, sin necesidad de girar la pieza alrededor de su eje longitudinal (L), sino simplemente moviendo la pieza en la dirección Y para reorientarla antes de fresar la cuarta cara (34). (Como alternativa la pieza de trabajo se puede girar 180 grados alrededor de su eje longitudinal desde la posición mostrada en la FIG. 13 para mecanizar (fresar) la cuarta cara (34)).

A continuación, la pieza de trabajo se gira (en el sentido de las agujas del reloj, visto desde el extremo distal) alrededor de su eje longitudinal (L) 60 grados, y las caras tercera y sexta (32, 38) se fresan utilizando una o más fresas de acabado de la misma manera (es decir, sólo con movimiento X e Y de la pieza de trabajo con respecto a la fresa de acabado que está girando alrededor del eje Z) (véanse las FIG. 11A-11E). Por último, la pieza de trabajo se gira alrededor de su eje longitudinal (L) otros 60 grados, y las caras segunda y quinta (30, 36) se fresan utilizando una o más fresas de acabado de la misma manera que antes (es decir, sólo con movimiento X e Y de la pieza de trabajo con respecto a la fresa de acabado giratoria) (véanse las FIG. 12A-12F). Se entenderá, por supuesto, que el orden de corte de los pares de caras opuestas se puede cambiar. De forma similar, las caras opuestas se pueden fresar moviendo la fresa de acabado giratoria en las direcciones X e Y con respecto a una pieza de trabajo estacionaria, o incluso una combinación de estas técnicas efectuando un movimiento en X e Y de la pieza de trabajo con respecto a una fresa de acabado giratoria (es decir, mediante un movimiento en dirección X e Y tanto de la pieza de trabajo como de la fresa de acabado giratoria).

La FIG. 14 representa todavía otra forma de realización alternativa de una cuchilla (424) que tiene seis caras que se

intersecan con un ángulo incluido de aproximadamente 120 grados. Al igual que en las formas de realización anteriores, cada cara es plana a través de su anchura y se curva en una única dirección a lo largo de su longitud. En esta forma de realización, sin embargo, la primera cara (428), la segunda cara (430) y la sexta cara situada adyacente a la primera cara (428) (no visible en la FIG. 14) se curvan de forma continua a lo largo de la totalidad de sus longitudes, teniendo una curvatura elíptica positiva (es decir, curvadas de forma cóncava). Según se utiliza también en la presente memoria, una superficie cóncava tiene una curvatura positiva, mientras que una superficie convexa tiene un radio de curvatura negativo. Según se utiliza también en la presente memoria, el eje de curvatura de una superficie curvada, de forma elíptica tal como la primera cara (428) cuya curvatura se define por una elipse (D) en la FIG. 14, se define como una línea que se extiende a través del punto central de la elipse paralela a la anchura de la cara de la cuchilla y perpendicular al eje longitudinal (L). El eje de rotación de otras curvas complejas se puede definir de manera similar.

Según se muestra en la FIG. 14, a lo largo de su longitud, la curvatura de la primera cara (428) sigue una parte de una elipse (D) que está inclinada con respecto al eje longitudinal (L) de la guía de ondas. Por lo tanto, según se ve en la FIG. 14, el eje mayor (E) de la elipse (D) no es paralelo al eje longitudinal (L), sino que está inclinado con un ángulo incluido de aproximadamente 5 grados. Por supuesto, la trayectoria elíptica de la primera cara (48) no tiene por qué estar inclinada con respecto al eje longitudinal (L) o se puede inclinar en diversos grados (por ejemplo, hasta aproximadamente 20 grados, o entre aproximadamente 2 y aproximadamente 10 grados). Dado que la primera cara (428) se curva de forma continua a lo largo de la trayectoria elíptica de la totalidad de su longitud, la primera cara (428) no incluye un segmento de transición separado y distinto. En su lugar, el segmento de transición cóncavo se incorpora en la primera cara (428), que se curva de forma continua. La segunda cara (430) y la sexta cara de la cuchilla (424) tienen una curvatura de forma elíptica similar, aunque no necesariamente siguiendo curvas elípticas idénticas a la elipse (D) (por ejemplo, se pueden inclinar o no inclinar, tener diferentes excentricidades y/o diferentes radios). Por lo tanto, las caras segunda y sexta de la cuchilla (424) tampoco tienen segmentos de transición separados y distintos.

Los segmentos distales (C) de las caras opuestas (es decir, la tercera cara (432) en relación opuesta a la sexta cara, la cuarta cara (434) en relación opuesta a la primera cara (428), y la quinta cara en relación opuesta a la segunda cara (430)) también se curvan de forma elíptica de una manera similar, y por lo tanto comprenden superficies elípticas curvadas de forma convexa. Estas caras opuestas también tienen segmentos de transición (A) (por ejemplo, el segmento de transición (432A) de la tercera cara (432)) que se curva de forma elíptica y cóncava, según se describió anteriormente en la presente memoria. En esta forma de realización particular, los segmentos distales opuestos curvados de forma convexa siguen partes de elipses inclinadas similares a sus caras cóncavas opuestas. Por lo tanto, cada par de caras opuestas se curvan a lo largo de sus longitudes en la misma dirección singular, con una cara de cada par curvada de forma cóncava a lo largo de la totalidad de su longitud, y teniendo la otra cara opuesta de cada par un segmento distal curvado de forma convexa y un segmento de transición curvado de forma cóncava.

Además, la cuchilla (424) también es simétrica con respecto a un plano que incluye el eje longitudinal (L) de la guía de ondas (es decir, un plano paralelo al plano de la FIG. 14 que incluye el eje longitudinal (L)). Debido a esto, así como a la curvatura de la cuchilla, la cuchilla vibrará tanto de forma longitudinal como de forma transversal (es decir, en las direcciones X e Y de la FIG. 13A, pero no en la dirección Z).

Se entenderá, por supuesto, que las caras de la cuchilla (424) se pueden curvar en cualquiera de una diversidad de maneras, tal como tener un radio de curvatura único y uniforme (es decir, una superficie que siga una parte de una trayectoria circular), un radio de curvatura que varíe de forma constante a lo largo de la totalidad de su longitud (o una parte de la misma), o segmentos de formas curvadas y/o curvatura variable que incluyan uno o varios segmentos que sean planos tanto a través de su anchura como de su longitud. Sin embargo, la dirección de curvatura de cada una de las seis caras no cambia a lo largo de sus respectivas longitudes, y los ejes de curvatura de cada uno de los pares de caras opuestas (por ejemplo, la primera cara (428) y la cuarta cara (434)) son paralelos entre sí y son perpendiculares a un plano que incluye el eje longitudinal (L) de la guía de ondas. Además, la forma de la sección transversal de la cuchilla (424) a través de cualquier parte de la cuchilla distal a los segmentos de transición es un hexágono equiangular.

También se observará a partir de la FIG. 14 que, aunque la parte cilíndrica (425) se extiende de forma distal alejándose de la conicidad más distal (418C) de la guía de ondas (situada en el nodo más distal de la guía de ondas), también se proporciona una conicidad distal creciente (427) entre la parte cilíndrica (425) y los segmentos de transición (A) de las caras de la cuchilla.

La FIG. 15 representa todavía otra forma de realización alternativa de una cuchilla (524) que tiene seis caras (528-538) que se intersecan con un ángulo incluido de aproximadamente 120 grados. En este caso, debido a que el radio de curvatura del segmento distal (528C) de la primera cara (528) es suficientemente pequeño (es decir, más curvatura), la primera cara (528) termina antes del extremo distal de la pieza de trabajo a partir de la que se ha fabricado. Como resultado, la primera cara (528) y, en parte, las caras segunda y sexta (530, 538), terminan en la cara cilíndrica (527), que es un remanente del cilindro distal (por ejemplo, 42A en las FIG. 9A-9E) creado mediante el torneado del tocho redondo original. Por lo tanto, en la forma de realización mostrada en la FIG. 15, si bien la parte curva de la cuchilla (524) tiene una vez más seis caras dispuestas como tres pares de caras opuestas, la forma de la sección transversal de la cuchilla en cualquier plano perpendicular al eje longitudinal de la guía de ondas a través de la parte curva de la cuchilla es un hexágono excepto a través de las partes más proximales de los segmentos de transición y excepto a través de la cara cilíndrica (527).

Las FIG. 21-25 representan otra forma de realización alternativa de una cuchilla (824) que tiene seis caras (828-838) que se intersecan con un ángulo incluido de aproximadamente 120 grados. Estas caras se extienden distalmente alejándose desde la parte cilíndrica (825) hacia la punta distal (826). Al igual que en las formas de realización anteriores, cada cara es plana a través de su anchura y se curva en una única dirección a lo largo de su longitud. Las seis caras se disponen en tres pares, de tal manera que la forma de la sección transversal de la cuchilla en cualquier plano perpendicular al eje longitudinal de la guía de ondas a través de la parte curva de la cuchilla (excepto a través de algunos segmentos de transición, según se describe en la presente memoria) es un hexágono. Además, las caras opuestas de cada par son paralelas a través de sus anchuras, y se curvan en la misma dirección. Sin embargo, una cara de un par tiene una curvatura positiva (una superficie cóncava) mientras que la otra cara tiene una curvatura negativa (una superficie convexa). Además, todos los ejes de curvatura de las seis caras de la cuchilla son perpendiculares a un plano que incluye el eje longitudinal (L) de la guía de ondas. Sin embargo, dada la sección transversal hexagonal de la cuchilla, hay tres planos de este tipo (uno por cada par de caras opuestas). Por lo tanto, el ángulo incluido entre las caras adyacentes es una constante de 120 grados a lo largo de la longitud de la parte curva de la cuchilla. La intersección de cada par de caras adyacentes de la parte curva de la cuchilla define un borde cortante para utilizar durante los procedimientos quirúrgicos.

Todas las seis caras de la cuchilla (824) tienen una curvatura elíptica, con las elipses que definen la curvatura inclinada. Para las caras curvadas de forma convexa, se incluye de nuevo un segmento de transición curvado de forma cóncava para proporcionar una transición suave desde el tocho cilíndrico. La curvatura de cada uno de estos segmentos de transición sigue una parte de un círculo, según se ve en las FIG. 21 y 23. En las tres caras adyacentes, curvadas de forma cóncava (828, 830, 838), no se incluye un segmento de transición separado y distinto, ya que las transiciones cóncavas de la parte cilíndrica (825) se incorporan a la cara curvada de forma cóncava.

Con referencia a las FIG. 21-25, en donde cada vista sucesiva se gira en sentido contrario a las agujas del reloj (según se ve desde el extremo distal de la cuchilla), tres de las caras (832, 834, 836) incluyen un segmento de transición curvado de forma cóncava (832A, 834A, 836A) y una parte distal de la cara curvada de forma elíptica. Estos segmentos de transición proporcionan una transición suave desde la parte cilíndrica a las caras curvadas de forma convexa (832, 834, 836). Las caras curvadas de forma cóncava (828, 830, 838) no tienen segmentos de transición. Al igual que antes, cada uno de los segmentos de transición de las caras de la cuchilla curva es plano a través de su anchura y se curva en una única dirección a lo largo de su longitud. Del mismo modo, cada segmento distal de las caras de la cuchilla es plano a través de su anchura y se curva (en una única dirección) a lo largo de su longitud.

En la forma de realización de las FIG. 21-25, la primera cara (828), la segunda cara (830) y la sexta cara (838) se curvan de forma continua a lo largo de la totalidad de su longitud, teniendo una curvatura elíptica positiva (es decir, curvada de forma cóncava). Por lo tanto, las caras primera, segunda y sexta de la cuchilla (824) no tienen segmentos de transición separados y distintos. Según se muestra en la FIG. 21, a lo largo de su longitud, la curvatura de la primera cara (828) sigue una parte de una elipse (D8A) que está inclinada con respecto al eje longitudinal de la guía de ondas. Por lo tanto, según se ve en la FIG. 21, el eje mayor (E8A) de la elipse (D8A) no es paralelo al eje longitudinal (L9), sino que está inclinado con un ángulo incluido de aproximadamente 5 grados. Por supuesto, la trayectoria elíptica de la primera cara (848) no tiene por qué estar inclinada con respecto al eje longitudinal (L8) o se puede inclinar con diversos grados (por ejemplo, hasta aproximadamente 20 grados, o entre aproximadamente 2 y aproximadamente 10 grados). Dado que la primera cara (828) se curva de forma continua a lo largo de esta trayectoria elíptica para la totalidad de su longitud, la primera cara (828) no incluye un segmento de transición separado y distinto.

La segunda cara (830) y la sexta cara (838) de la cuchilla (824) se curvan de forma elíptica de forma similar, aunque no necesariamente siguiendo curvas elípticas idénticas a la elipse (D8A) (por ejemplo, se pueden inclinar o no inclinar, tener diferentes excentricidades y/o diferentes radios). En la forma de realización particular mostrada, la curvatura de la segunda cara (830) sigue una parte de una elipse (D8C) que tiene una excentricidad algo mayor que la elipse D8A. La elipse (D8C) se inclina una vez más con respecto al eje longitudinal de la guía de ondas, según se ve en la FIG. 22. En este caso, el eje mayor (E8C) de la elipse (D8C) se inclina con un ángulo incluido de aproximadamente 2,5 grados con respecto al eje longitudinal de la guía de ondas. Una vez más, no es necesario inclinar la trayectoria elíptica de la segunda cara (830), pero se puede inclinar con diversos grados (por ejemplo, hasta aproximadamente 20 grados, o entre aproximadamente 2 y aproximadamente 10 grados). Aunque la trayectoria elíptica de la curvatura de la sexta cara (838) no se muestra en la FIG. 25, la curvatura de la sexta cara (838) sigue una parte de una elipse inclinada que es similar a la elipse (D8C) mostrada en la FIG. 22 (por ejemplo, inclinada en aproximadamente 2,5 grados, o alternativamente hasta aproximadamente 20 grados, o entre aproximadamente 2 y aproximadamente 10 grados).

Las partes (o segmentos) distales curvados de forma convexa de las caras opuestas (es decir, la tercera cara (832) en relación opuesta a la sexta cara (838), la cuarta cara (834) en relación opuesta a la primera cara (828), y la quinta cara (836) en relación opuesta a la segunda cara (830)) también se curvan de forma elíptica de una manera similar. Estas caras opuestas también tienen segmentos de transición (A) (por ejemplo, el segmento de transición (832A) de la tercera cara (832)) que se curva de forma cóncava, según se describió anteriormente en la presente memoria. En esta forma de realización particular, los segmentos de transición (832A, 834Am 836A) son planos a través de su anchura y se curvan en una única dirección a lo largo de la longitud de esa cara. En la forma de realización mostrada, la curvatura de estos segmentos de transición (832A, 834A, 836A) sigue una parte de un círculo (G8) (véanse las FIG. 21 y 22). Sin embargo, una vez más, el eje de curvatura de los segmentos de transición (es decir, el centro del círculo (G8)) es paralelo al eje de curvatura de la cara asociada, y es perpendicular a un plano que incluye el eje longitudinal (L) de la guía de ondas. Los segmentos de transición se pueden curvar a lo largo de una parte de un círculo similar

(G8), o se pueden utilizar círculos de diferente tamaño para uno o más de los segmentos de transición.

Los segmentos distales curvados de forma convexa opuestos de la tercera cara (832) (en relación opuesta a la sexta cara (838)), la cuarta cara (834) (en relación opuesta a la primera cara (828)), y la quinta cara (836) (en relación opuesta a la segunda cara (830)) siguen partes de elipses inclinadas similares a sus caras cóncavas opuestas. Por lo tanto, cada par de caras opuestas se curva a lo largo de sus longitudes en la misma dirección singular, con una cara de cada par curvada de forma cóncava a lo largo de la totalidad de su longitud, y teniendo la otra cara opuesta de cada par un segmento distal curvado de forma convexa y un segmento de transición curvado de forma cóncava.

En la forma de realización específica mostrada, la curvatura elíptica del segmento distal de la cuarta cara (834) no sólo es negativa (es decir, es convexa), sino que sigue a una parte de una elipse (D8B) que, como la elipse (D8A), está inclinada con respecto al eje longitudinal (L) de la guía de ondas. De hecho, aunque son meramente ejemplos de una forma de realización, las elipses D8A y D8B son concéntricas (es decir, tienen un punto central y ejes mayores y menores comunes) y tienen la misma excentricidad. Como resultado, la distancia entre las partes curvadas de forma elíptica de las caras primera y cuarta (828, 834) es constante a lo largo de la longitud de la cuchilla.

La curvatura elíptica del segmento distal de la quinta cara (836) también es negativa (es decir, es convexa), siguiendo una parte de una elipse (D8D) que no sólo está inclinada en la misma medida que la elipse (D8C), sino que también es concéntrica con la D8C (es decir, las elipses D8C y D8D tienen un punto central y ejes mayores y menores comunes). Sin embargo, la excentricidad de la elipse (D8D) es menor que la de la elipse (D8C). Como resultado, la segunda cara (830) tiene una curvatura ligeramente menor que la quinta cara (836) (es decir, es algo más plana), y por lo tanto la distancia entre la segunda cara (830) y la quinta cara (836) disminuye a lo largo de sus longitudes de tal manera que la cuchilla (824) es ligeramente cónica. Aunque la trayectoria elíptica de la curvatura de la sexta cara (832) no se muestra en la FIG. 25, la curvatura de la sexta cara (832) sigue una parte de una elipse inclinada que es similar a la elipse (D8D) mostrada en la FIG. 22 (por ejemplo, inclinada en aproximadamente 2,5 grados, o de forma alternativa hasta aproximadamente 20 grados, o entre aproximadamente 2 y aproximadamente 10 grados). Por lo tanto, la distancia entre la tercera cara (832) y la sexta cara (838) disminuye de manera similar a lo largo de sus longitudes, siempre y cuando la cuchilla (824) tenga conicidad adicional a lo largo de su longitud.

Además, la cuchilla (824) también es simétrica con respecto a un plano que incluye el eje longitudinal (L) de la guía de ondas (es decir, un plano paralelo al plano de la FIG. 21 que incluye el eje longitudinal (L)). Debido a esto, así como a la curvatura de la cuchilla, la cuchilla vibrará tanto de forma longitudinal como de forma transversal (es decir, en las direcciones X e Y de la FIG. 13A, pero no en la dirección Z).

Se entenderá, por supuesto, que las caras de la cuchilla (824) se pueden curvar en cualquiera de una diversidad de maneras, tales como tener un radio de curvatura único y uniforme (es decir, una superficie que sigue una parte de una trayectoria circular), un radio de curvatura que varía de forma constante a lo largo de la totalidad de su longitud (o una parte de la misma), o segmentos de formas curvas y/o curvatura variable que incluyen uno o varios segmentos que son planos tanto a través de su anchura como de su longitud. Sin embargo, la dirección de curvatura de cada una de las seis caras no cambia a lo largo de sus respectivas longitudes, y los ejes de curvatura de cada uno de los pares de caras opuestas (por ejemplo, la primera cara (828) y la cuarta cara (834)) son paralelos entre sí y son perpendiculares a un plano que incluye el eje longitudinal (L) de la guía de ondas. Además, la forma de la sección transversal de la cuchilla (824) a través de cualquier parte de la cuchilla distal a los segmentos de transición es un hexágono equiangular.

Si bien anteriormente se han descrito en detalle diversas formas de realización de dispositivos quirúrgicos de ultrasonidos y cuchillas de los mismos, se entenderá que los componentes, características y configuraciones, así como los métodos de fabricación de los dispositivos y los métodos descritos en la presente memoria no se limitan a las formas de realización específicas descritas en la presente memoria.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10, 110) que comprende:

una guía de ondas alargada (12, 112) que tiene un eje longitudinal (L, L8, L9) y un extremo distal; comprendiendo el dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10) además:

5 una cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824) que se extiende alejándose del extremo distal de la guía de ondas (12, 112), teniendo dicha cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824) una longitud, un extremo distal y una parte curva que incluye al menos cinco caras que se extienden longitudinalmente a lo largo de al menos una parte de la longitud de la cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824), teniendo cada una de dichas caras una anchura que se
10 extiende de forma perpendicular al eje longitudinal (L, L8, L9) de la guía de ondas (12, 112) y una longitud que se extiende de forma ortogonal a dicha anchura,

en donde cada una de las caras es plana a través de su anchura y es o bien plana a lo largo de la totalidad de su longitud o bien incluye uno o más segmentos curvos (28A, 28C, 34A, 34C) a lo largo de su longitud, estando curvado cada uno de los segmentos curvos (28A, 28C, 34A, 34C) de una cara individual curvada en la misma dirección, de tal
15 manera que los ejes de curvatura de cada uno de los segmentos curvos (28A, 28C, 34A, 34C) de una cara individual son paralelos entre sí, y el eje de curvatura de cada uno de los segmentos curvos (28A, 28C, 34A, 34C) de las caras de la cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824) es perpendicular a un plano que incluye el eje longitudinal (L, L8, L9) de la guía de ondas (12, 112);

y además en donde al menos una de las caras de la cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824) incluye uno de dichos segmentos curvos (28A, 28C, 34A, 34C).

20 2. El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10, 110) de la reivindicación 1, en donde la intersección de cada par de caras adyacentes define un borde cortante que se extiende a lo largo de al menos una parte de la longitud de la cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824), y el ángulo incluido entre caras adyacentes está entre 100 y 140 grados.

3. El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos de la reivindicación 1 o 2, en donde dicha cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824) tiene al menos seis de dichas caras.

25 4. El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10, 110) de una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde dicha cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824) tiene seis caras dispuestas como tres pares de caras opuestas, en donde el ángulo incluido entre caras adyacentes es aproximadamente 120 grados, de tal manera que la forma de la sección transversal de la parte curva de la cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824) en un plano perpendicular al eje longitudinal (L, L8, L9) de la guía de ondas (12, 112) es un hexágono equiangular.

30 5. El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10, 110) de una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde cada una de dichas caras de la cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824) incluye un segmento de transición (A) curvo en su extremo proximal.

6. El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10, 110) de una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde al menos una de dichas caras tiene un segmento distal curvado de forma convexa que se extiende hasta el extremo distal de la cara, y otra de dichas caras tiene un segmento distal curvado de forma cóncava que se extiende hasta el extremo
35 distal de la cara.

7. El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10, 110) de una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde una o más de dichas caras se curva a lo largo de la totalidad de su longitud.

8. El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10, 110) de la reivindicación 1, en donde dicha cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824) tiene seis caras dispuestas en tres pares de caras opuestas, en donde al menos una de dichas caras tiene un segmento distal curvado de forma convexa que se extiende hasta el extremo distal de las caras, y la cara opuesta tiene un segmento distal curvado de forma cóncava que se extiende hasta el extremo distal de la cara.

9. El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10, 110) de la reivindicación 8, en donde la curvatura de dicho segmento distal curvado de forma convexa es igual o menor que la curvatura del segmento distal curvado de forma cóncava de la cara opuesta.
45

10. El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10, 110) de la reivindicación 9, en donde la curvatura del radio de dicho segmento distal curvado de forma convexa es mayor que la curvatura del segmento distal curvado de forma cóncava de la cara opuesta, de tal manera que una parte distal de la cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824) tiene concicidad en la dirección distal.

50 11. El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10, 110) de la reivindicación 1, en donde cada una de dichas caras tiene un segmento de transición curvado de forma cóncava (832A, 834A, 836A) en su extremo proximal, un segmento medio (B) plano y un segmento distal que se extiende hasta el extremo distal de la cara, teniendo al menos uno de dichos segmentos distales una curvatura convexa y teniendo otro de dichos segmentos distales una curvatura cóncava.

12. El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10, 110) de la reivindicación 1, en donde:

- dicha cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824) tiene seis caras dispuestas en tres pares de caras opuestas;
 - el ángulo incluido entre caras adyacentes es de aproximadamente 120 grados, de tal manera que la forma de la sección transversal de la cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824) en cualquier plano que se extienda a través de las seis caras mencionadas y perpendicular al eje longitudinal (L, L8, L9) de la guía de ondas (12, 112), es un hexágono equiangular;
 - las caras opuestas de cada par son paralelas a través de sus anchuras, y se curvan en la misma dirección; y
 - una parte distal de una cara de cada par tiene una curvatura positiva mientras que la parte distal opuesta de la otra cara de ese par tiene una curvatura negativa.
13. El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10, 110) de la reivindicación 12, en donde al menos la parte distal de todas las seis caras tiene una curvatura elíptica.
14. El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10, 110) de la reivindicación 13, en donde las elipses que definen dichas curvaturas elípticas están inclinadas con respecto al eje longitudinal (L, L8, L9) de la guía de ondas (12, 112).
15. El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10, 110) de la reivindicación 1, en donde:
- dicha cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824) tiene seis caras dispuestas en tres pares de caras opuestas;
 - tres de dichas caras situadas adyacentes entre sí y que definen un borde entre ellas se curvan de forma positiva a lo largo de la totalidad de la longitud de la cara;
 - las otras tres caras situadas adyacentes entre sí y que definen un borde entre las mismas se curvan de forma negativa a lo largo de la longitud de una parte distal de la cara, y se curvan de forma positiva a lo largo de la longitud de una parte proximal de la cara.
16. El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10, 110) de la reivindicación 1, en donde una o más de dichas caras incluye un segmento curvo que tiene una curvatura elíptica.
17. El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10, 110) de la reivindicación 16, en donde la elipse que define esa curvatura elíptica está inclinada con respecto al eje longitudinal (L, L8, L9) de la guía de ondas (12, 112).
18. El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10, 110) de la reivindicación 1, en donde la intersección de cada par de caras adyacentes define un borde cortante que se extiende a lo largo de al menos una parte de la longitud de la cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824), en donde al menos uno de dichos bordes cortantes se curva en dos direcciones a lo largo de la longitud del mismo.
19. El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10, 110) de la reivindicación 18, en donde la intersección de cada par de caras adyacentes define un borde cortante curvado, en donde cada uno de dichos bordes cortantes se curva en dos direcciones a lo largo de la longitud del mismo.
20. El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10, 110) de la reivindicación 1, en donde al menos uno de los ángulos incluidos entre caras adyacentes es de más de 20 grados, menor que al menos uno de los otros ángulos incluidos a lo largo de al menos una parte de la cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824).
21. El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos (10, 110) de la reivindicación 1, que además comprende un elemento mordaza que tiene una superficie de acoplamiento con el tejido curva, soportado dicho elemento mordaza con capacidad de pivotar adyacente a la cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824), en donde dicha superficie de acoplamiento con el tejido tiene una curvatura que se corresponde con la curvatura de al menos una parte de una de las caras de la cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824), y en donde además el elemento mordaza puede pivotar de forma selectiva entre una posición abierta en donde el elemento mordaza se separa alejándose de la cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824) y una posición cerrada en donde el elemento mordaza puede impulsar el tejido contra dicha una de las caras de la cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824).
22. Un método de fabricación del dispositivo quirúrgico de ultrasonidos de una cualquiera de las reivindicaciones 1-21 a partir de un segmento de tocho redondo sin fresado en el eje Z, que comprende la etapa de fresar dicho segmento de tocho redondo utilizando una fresa de acabado para producir cada una de dichas caras de dicha cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824).
23. Un dispositivo quirúrgico de ultrasonidos, que comprende una cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824), teniendo dicha cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824) una longitud, un extremo distal y una parte curva que comprende seis caras que se extienden longitudinalmente a lo largo de al menos una parte de la longitud de la cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824), teniendo cada una de dichas caras una anchura, una longitud que se extiende ortogonal a la anchura de la cara, y un segmento distal que se extiende hasta el extremo distal de la cuchilla (24, 124, 224, 324, 424, 524, 624, 824), en donde:
- cada una de las caras es plana a través de su anchura y, a lo largo de la totalidad de su longitud, es plana o curva

a lo largo de uno o más segmentos curvos (28A, 28C, 34A, 34C), estando curvado cada uno de los segmentos curvos (28A, 28C, 34A, 34C) de una cara individual en la misma dirección de tal manera que los ejes de curvatura de cada uno de los segmentos curvos (28A, 28C, 34A, 34C) de una cara individual son paralelos entre sí y ninguna cara se curva en más de una dirección;

5 - las caras se disponen como tres pares de caras opuestas de tal manera que las caras opuestas de cada par son paralelas a través de su anchura, y los ejes de curvatura de cada uno de los segmentos curvos (28A, 28C, 34A, 34C) de las caras opuestas de cada par son paralelos entre sí; y

10 - al menos uno de dichos segmentos distales tiene una curvatura convexa a lo largo de su longitud y el segmento distal de la cara opuesta de dicho al menos un segmento distal convexo (34C) tiene una curvatura cóncava a lo largo de su longitud.

24. El dispositivo quirúrgico de ultrasonidos de la reivindicación 23, en donde cada uno de dichos segmentos distales se curva de tal manera que el segmento distal de una cara de cada uno de dichos pares tiene una curvatura convexa y el segmento distal de la otra cara de ese par tiene una curvatura cóncava.

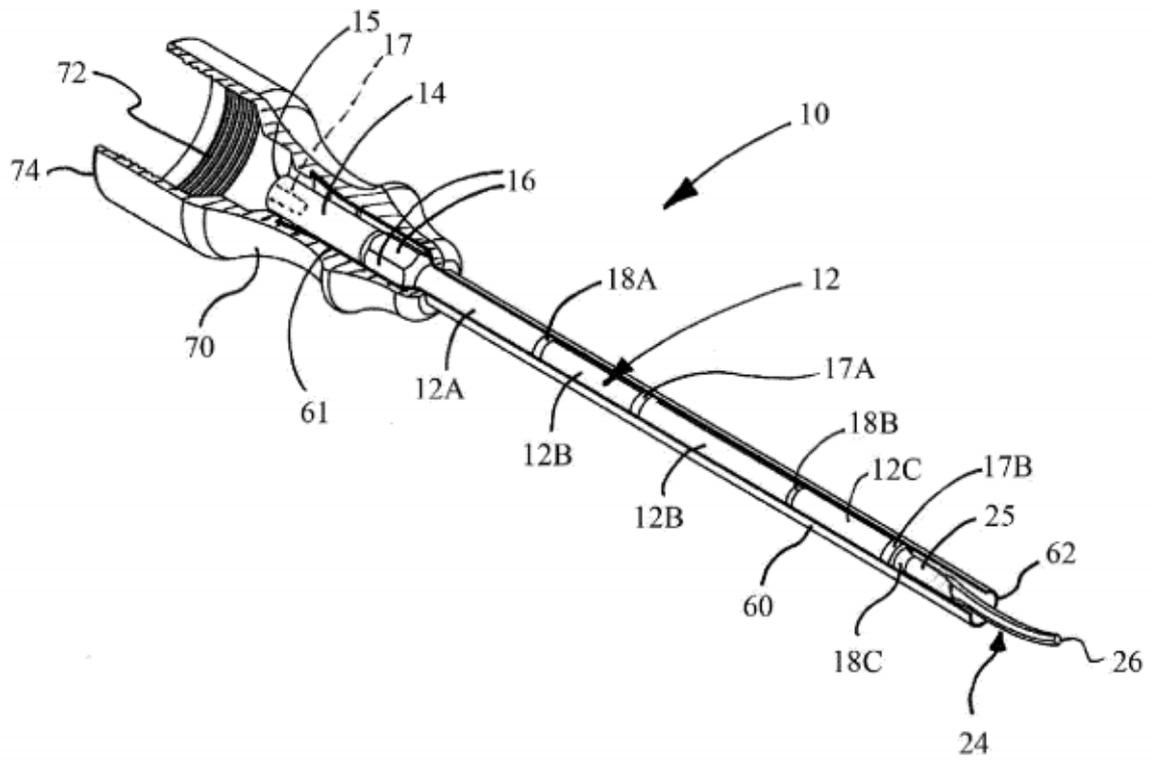


Fig.1

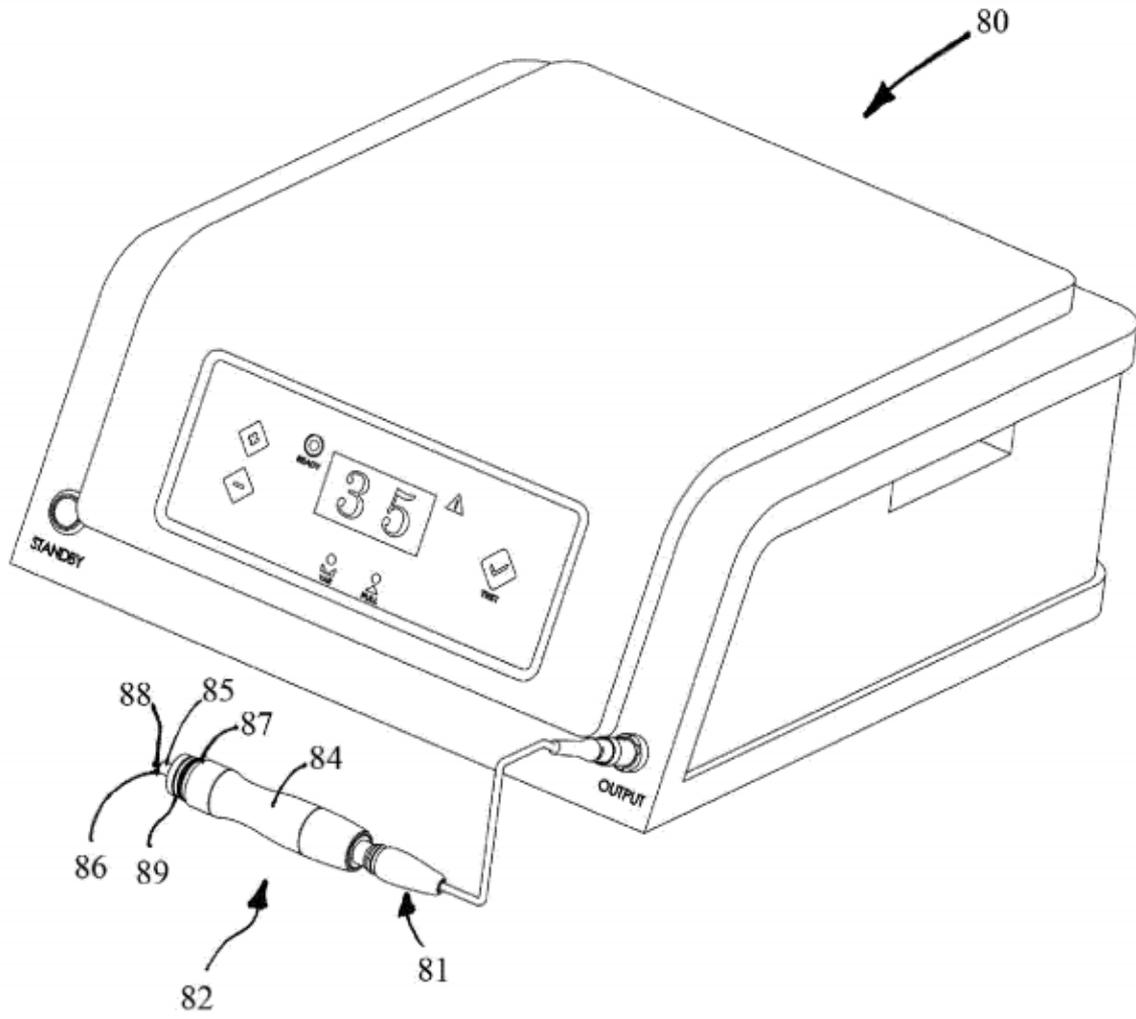
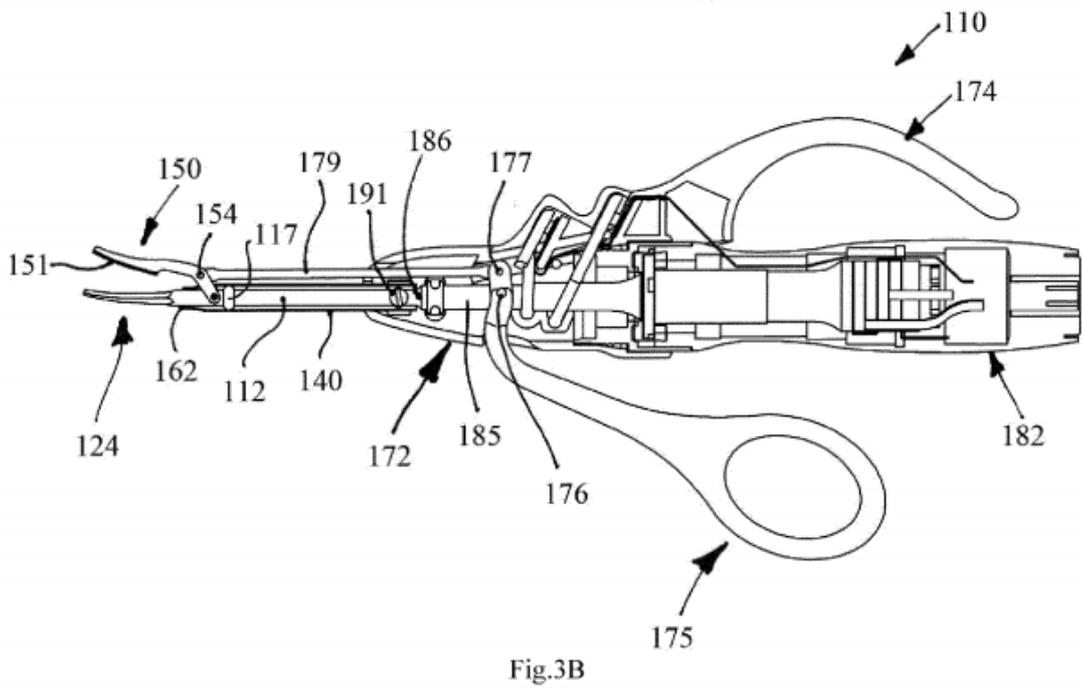
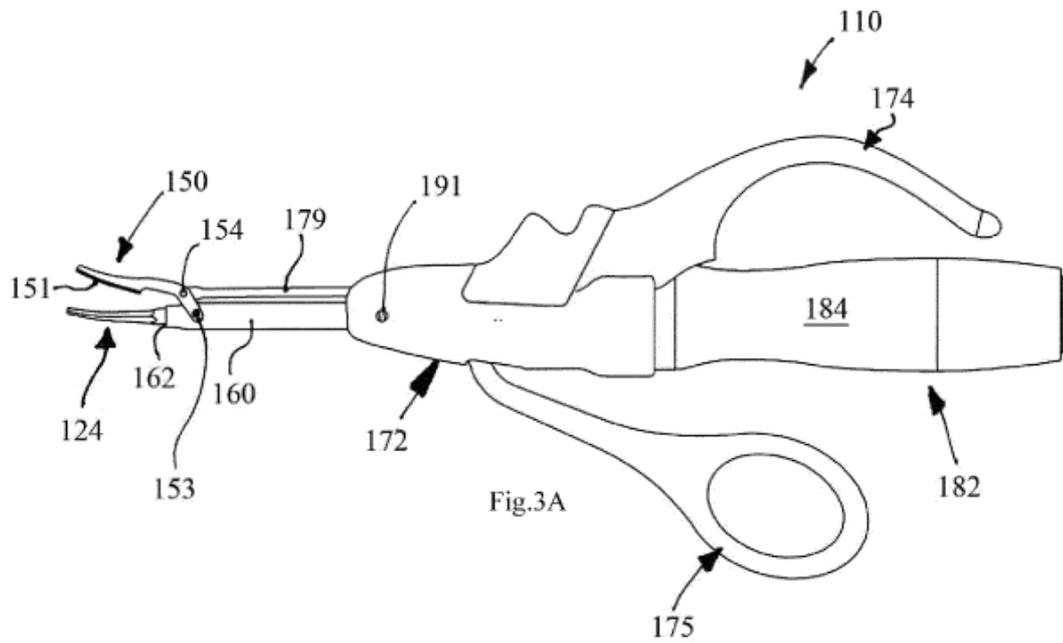
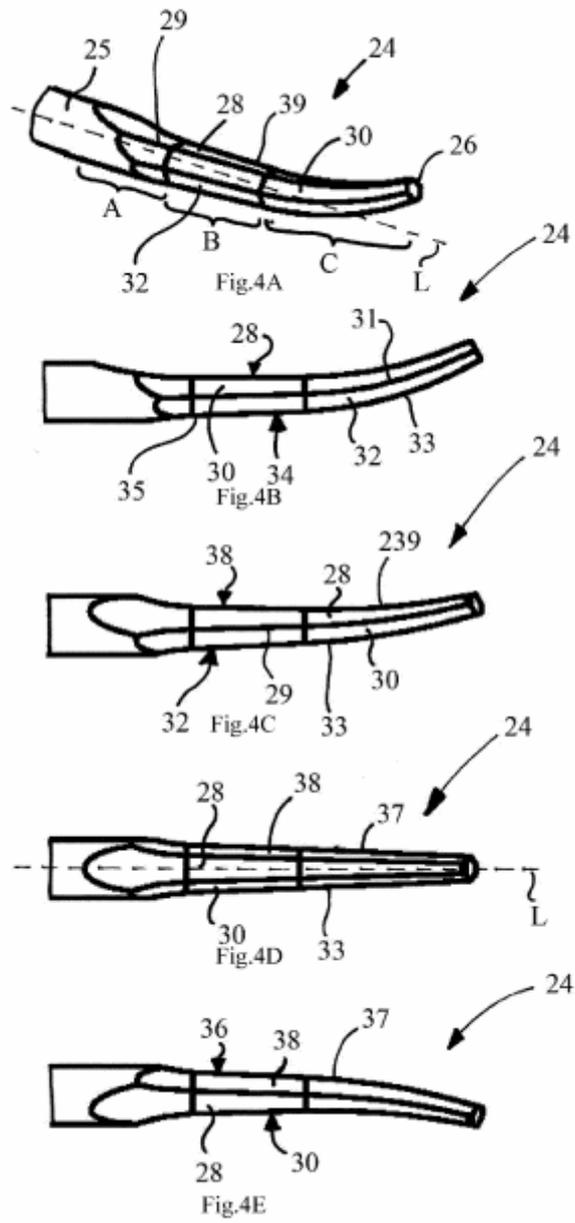


Fig.2





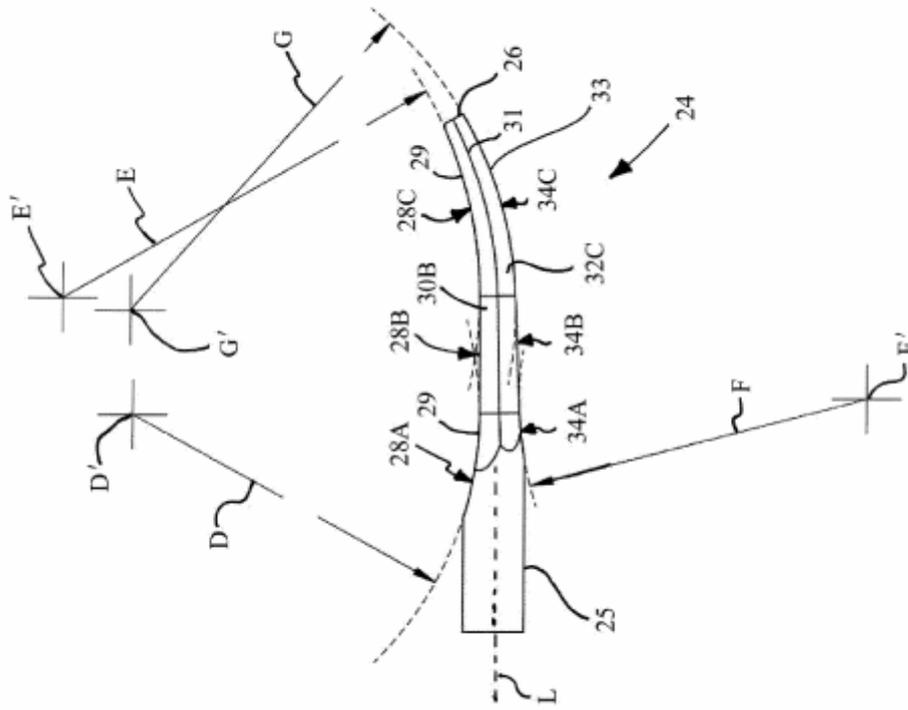
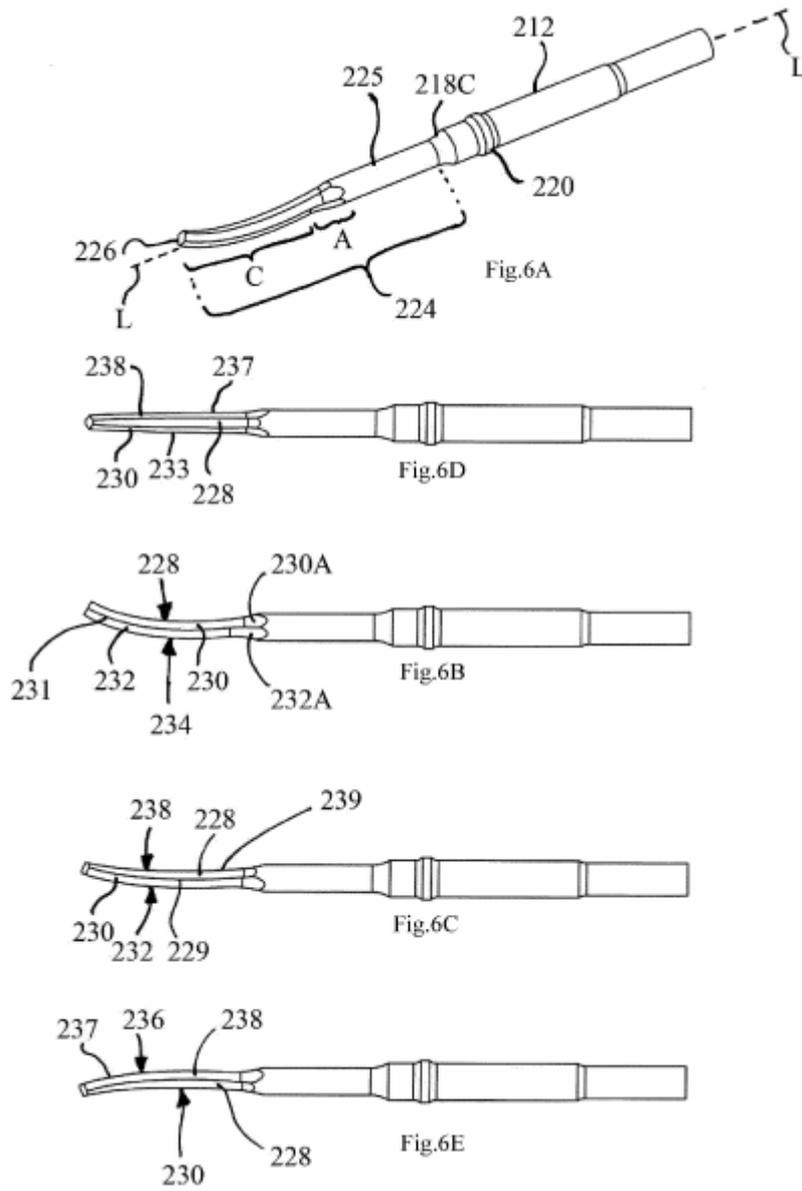


Fig.5



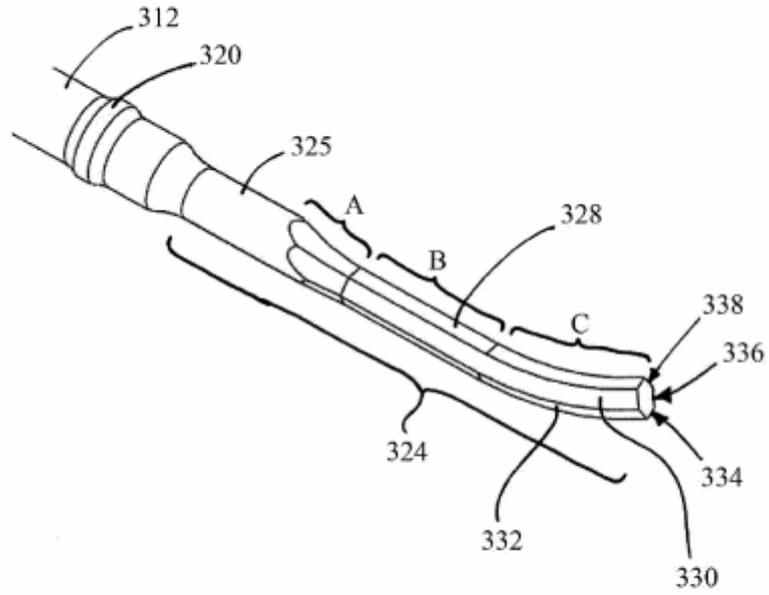
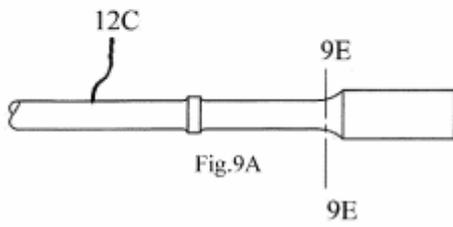
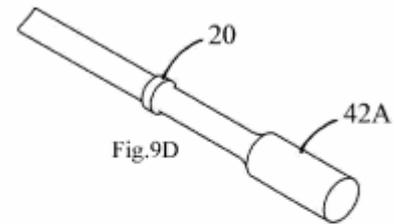
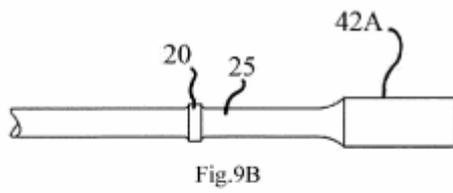
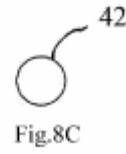
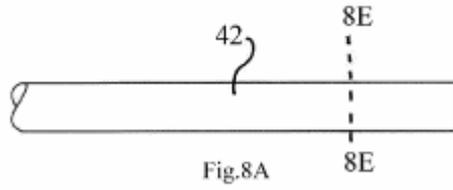
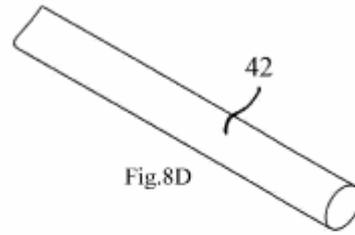
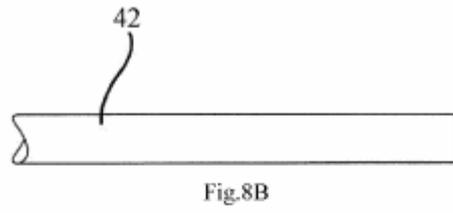
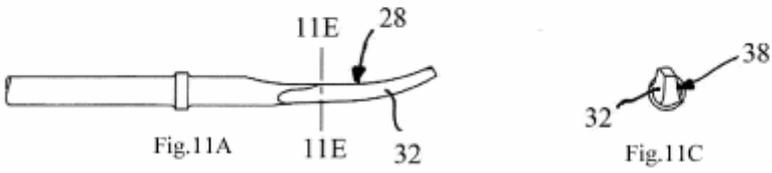
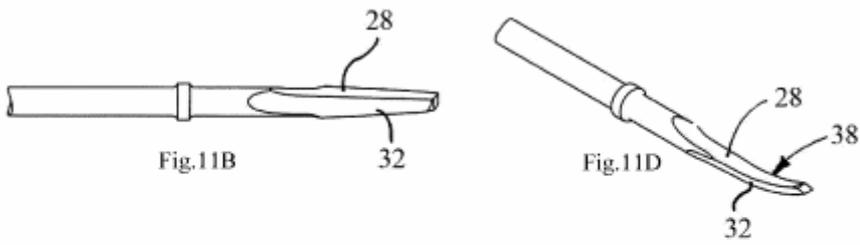
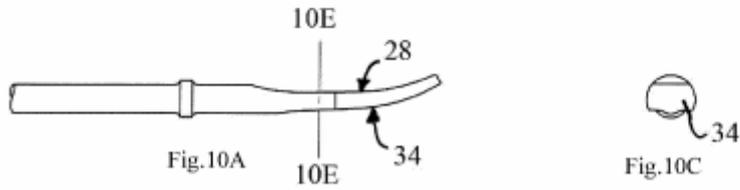
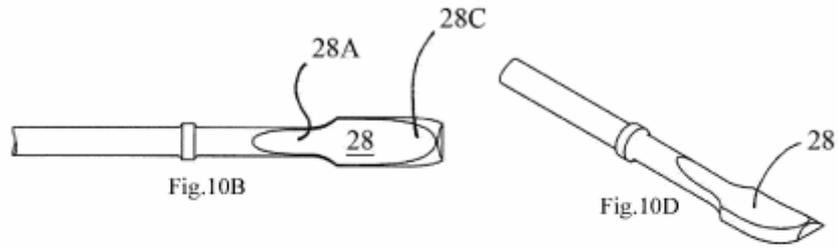


Fig.7





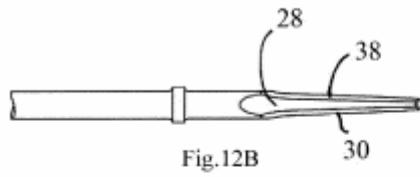


Fig. 12B

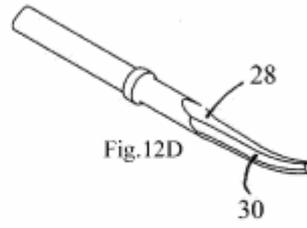


Fig. 12D

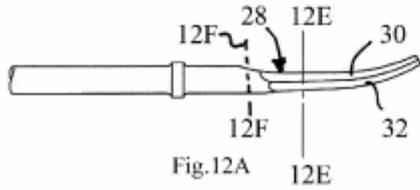


Fig. 12A

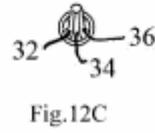


Fig. 12C



Fig. 9E

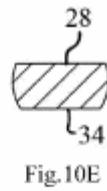


Fig. 10E

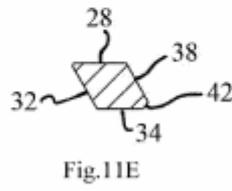


Fig. 11E

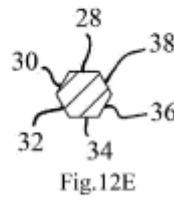


Fig. 12E

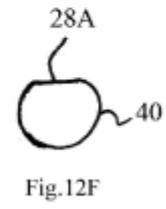
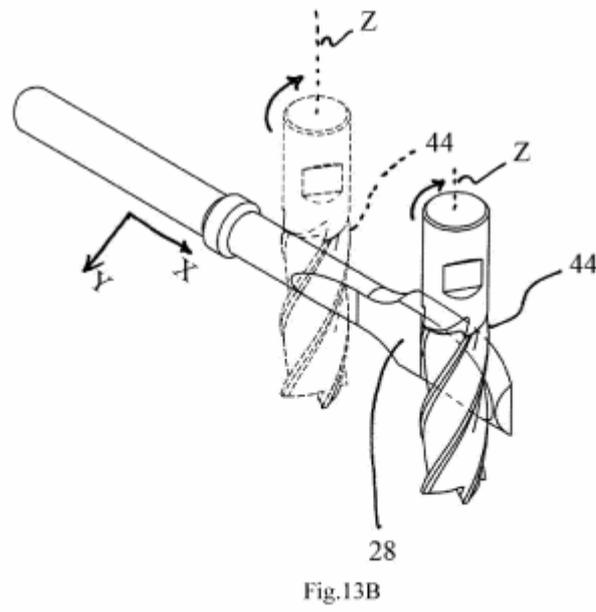
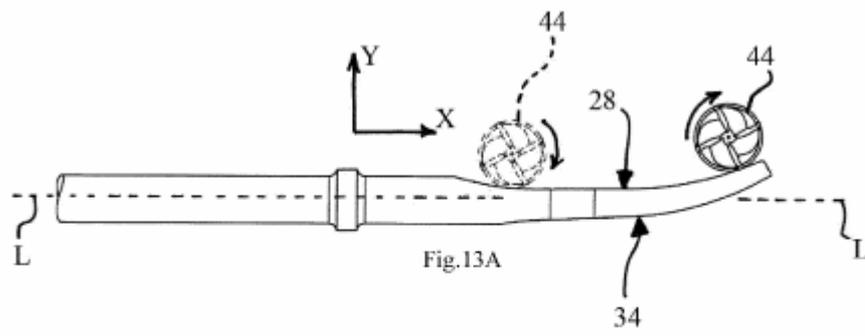


Fig. 12F



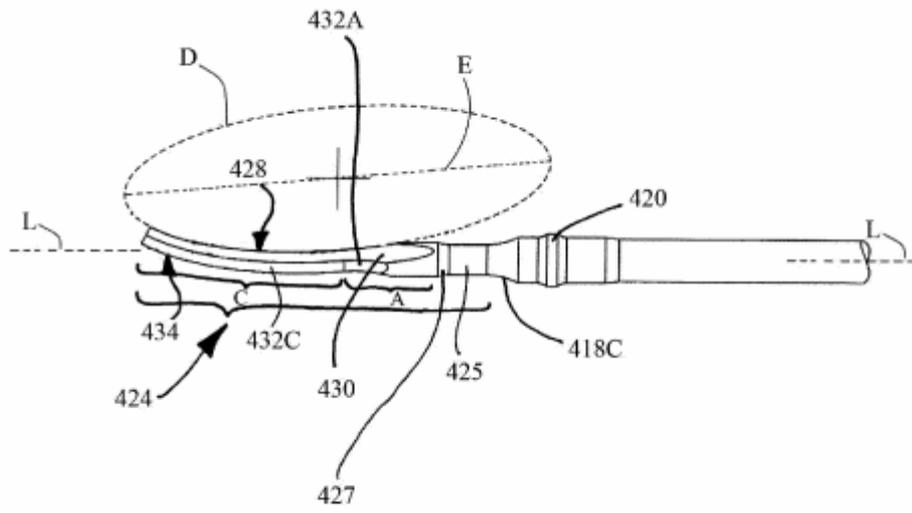


Fig.14

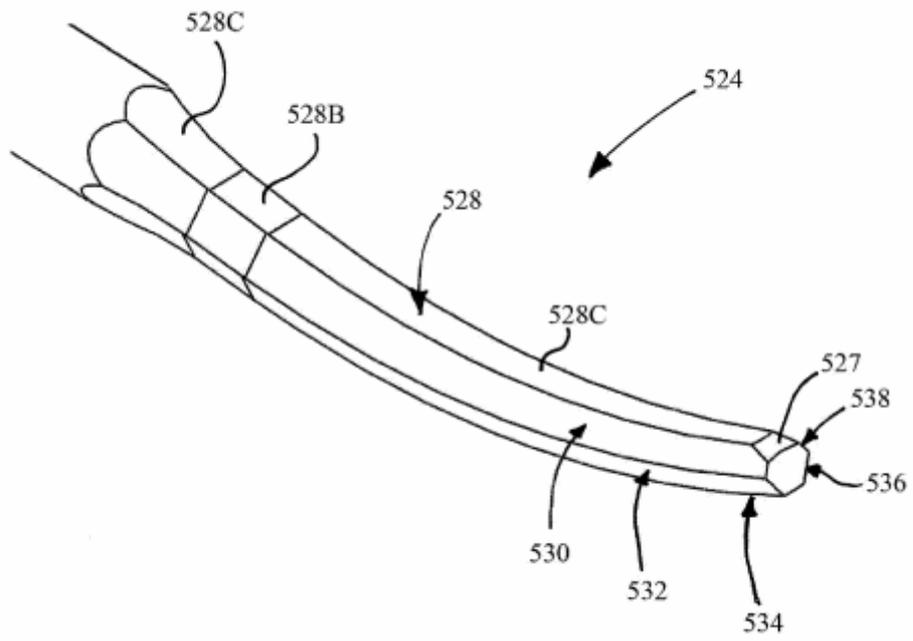


Fig.15

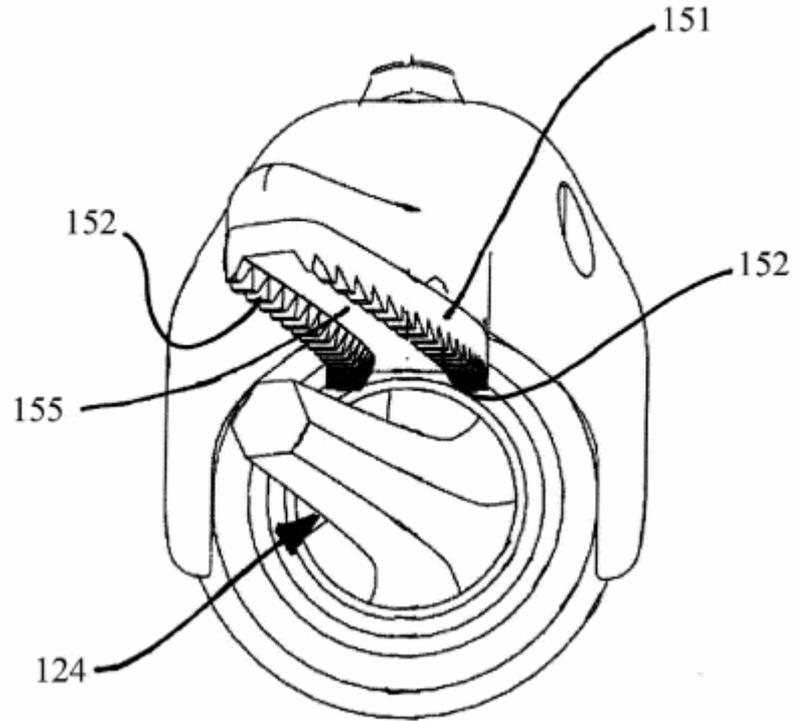


Fig.16

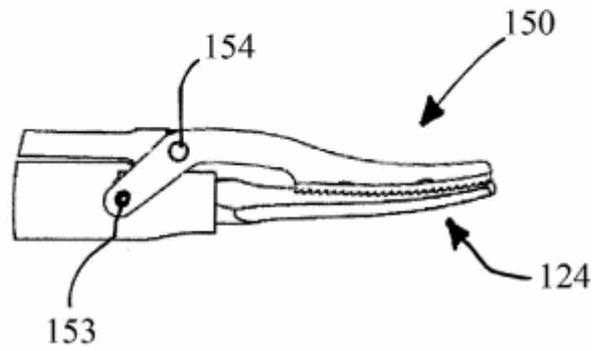
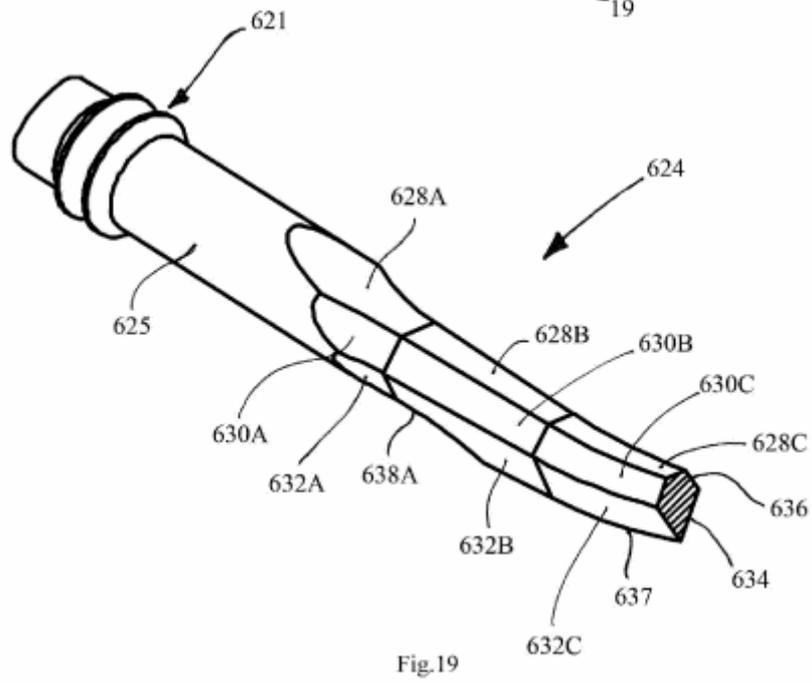
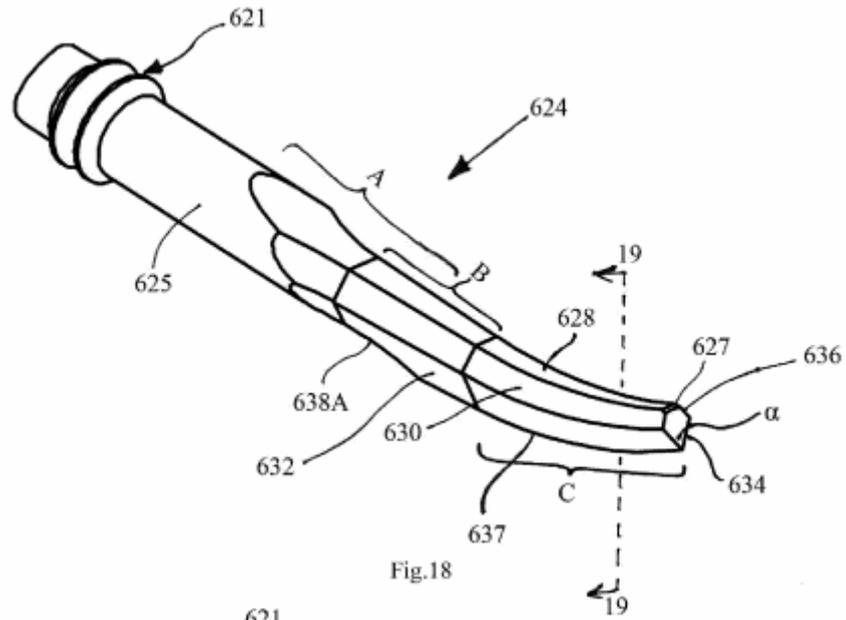


Fig.17



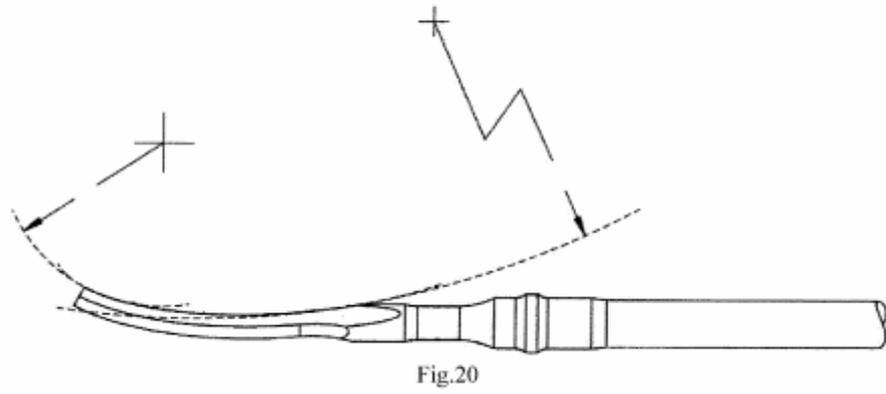


Fig.20

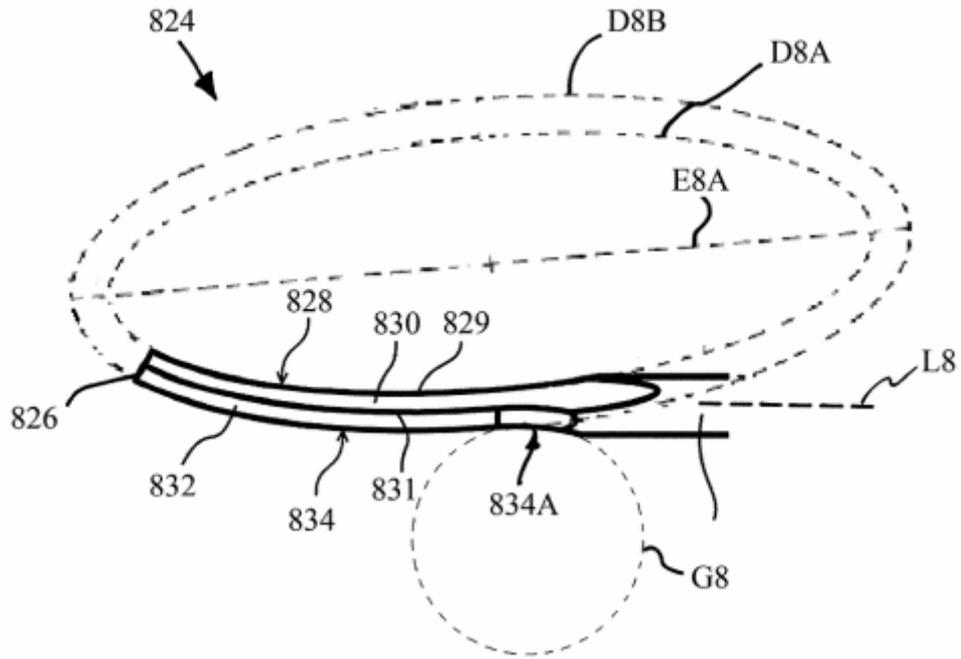


Fig.21

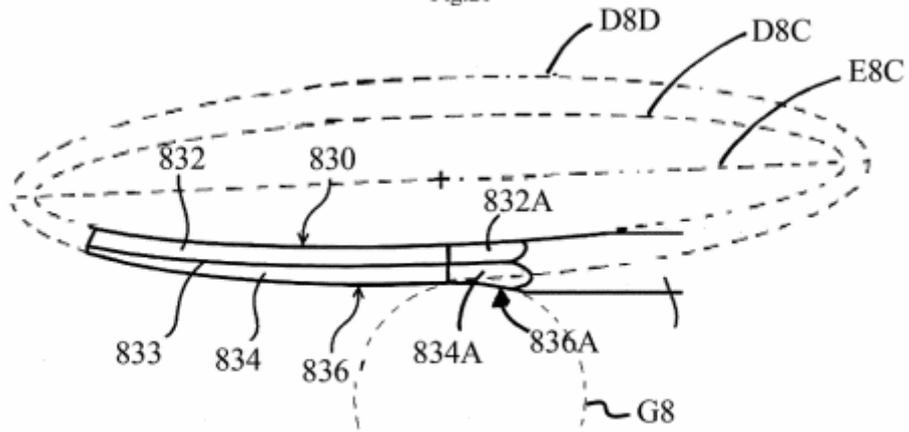


Fig.22

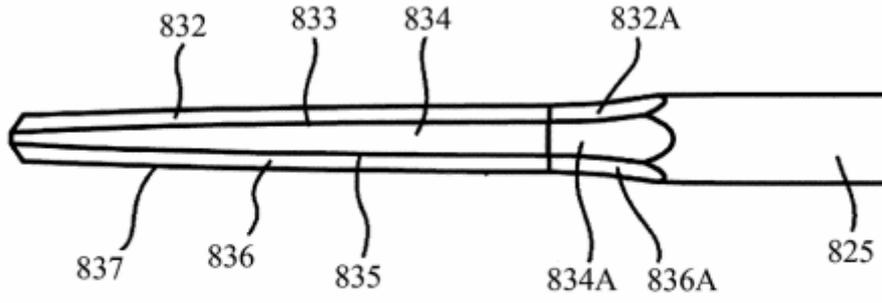


Fig.23

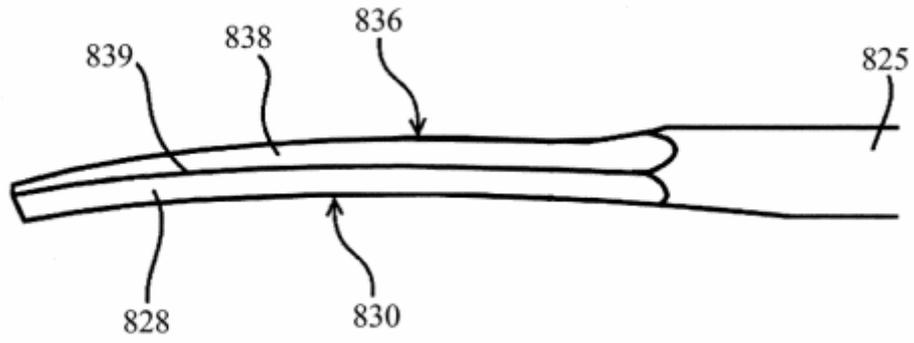


Fig.24

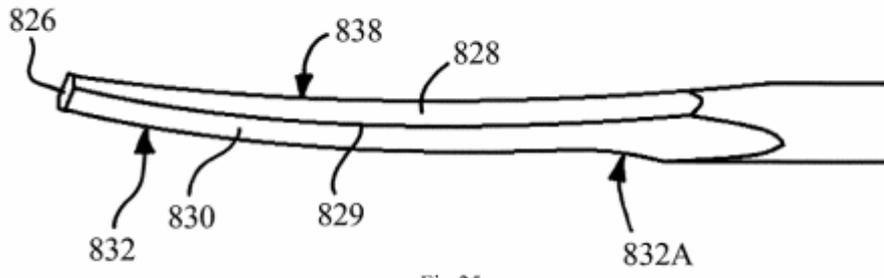


Fig.25