

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 637 248**

51 Int. Cl.:

**B23C 3/32** (2006.01)

**B23C 9/00** (2006.01)

**B23Q 5/04** (2006.01)

**B23Q 5/06** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.02.2011 PCT/GB2011/050200**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.08.2011 WO11095823**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.02.2011 E 11703257 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 2367655**

54 Título: **Método de fabricación de estator y dispositivo cortador giratorio**

30 Prioridad:

**04.02.2010 GB 201001836**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.10.2017**

73 Titular/es:

**NATIONAL OILWELL VARCO, L.P. (100.0%)  
7909 Parkwood Circle Drive  
Houston, TX 77036, US**

72 Inventor/es:

**WILMOT, WESSLEY**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

**ES 2 637 248 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**

Método de fabricación de estator y dispositivo cortador giratorio

5 Esta invención se relaciona con métodos de maquinado de estatores de bombas de cavidad progresiva y con un dispositivo cortador giratorio que se puede utilizar en los métodos. Sin embargo, el estator de tales bombas se corresponde con los estatores de los motores de cavidad progresiva y por lo tanto la invención también es aplicable a tales estatores. La presente invención encuentra aplicación particular en el rango de tamaño pequeño.

10 Antecedentes

15 Los estatores de tales máquinas son frecuentemente moldeados de caucho o como elastómero, donde un núcleo del molde es desatornillado del hueco del agujero del estator después del moldeo. Esto es perfectamente satisfactorio en muchos aspectos, excepto que existe demanda por un desempeño mayor. De hecho, los lóbulos de tales máquinas absorben tensiones considerables y pueden fracturarse a través de sus raíces. Son factibles los estatores contruidos de un material más sólido tal como el acero y algún material compuesto que no es fácilmente moldeado. Tales estatores pueden tener un caucho de grosor constante o un recubrimiento elastómerico para suministrar el amortiguamiento que es generalmente deseable para las máquinas de cavidad progresiva. Sin embargo, suministrar el agujero de tales estatores es problemático.

20 Tal como lo sabe la persona medianamente versada, las máquinas de cavidad progresiva tienen un lóbulo del estator  $x$  y un lóbulo del rotor  $(x-1)$  (donde  $x$  es un entero de valor positivo) que orbitan y rotan ambos dentro del estator. Los lóbulos tanto del estator como del rotor giran a lo largo de su longitud de tal manera que cualquier posición rotacional dada del rotor con respecto al estator existe una cavidad que se estrecha en un punto extremo en cada extremo del mismo y progresa hacia arriba, o hacia abajo, el estator y el rotor en la rotación del rotor en el estator. Formar el agujero del estator es directo en algunos materiales y en algunos tamaños. Pero cuando este debe ser cortado en un material duro, y es de un diámetro pequeño, entonces este posee problemas particulares.

25 La solicitud de patente internacional copendiente Publicación número WO2008/129237 y WO2010/049724 divulgan ambas un aparato de maquinado y un proceso que es efectivo para estatores de diámetro grande. Sin embargo, los estatores de dos lóbulos, y los estatores de diámetro pequeño, presentan problemas especiales que el aparato divulgado en las aplicaciones anteriormente mencionadas, o uno que trabaja con principios similares, no se puede acomodar. Con un estator de dos lóbulos, que es maquinado utilizando una herramienta de molido en ángulo recto en un cuerpo que es de ajuste deslizante dentro del agujero del tubo que es maquinado (el agujero es sustancialmente igual al diámetro menor del estator a ser formado), la herramienta que finalmente termina el lóbulo en cada lado del estator debe comprender un cortador de nariz de bola cuyo diámetro es igual al diámetro menor del estator. Esto impone una carga significativa sobre la herramienta y su soporte dentro del agujero, de tal manera que este no puede ser razonablemente logrado en material que tenga cualquier sustancia (significando con ello resistencia significativa al corte).

30 El documento WO2008/129237 A1 divulga un aparato que es adecuado para maquinar los lóbulos de un estator de cavidad progresiva multilóbulo (es decir, uno que tenga más de dos lóbulos). El aparato comprende un brazo alargado sobre el cual se dispone en un ángulo transversal una cabeza de maquinado para fresar el agujero cilíndrico de un tubo, el diámetro del agujero al comienzo del fresado se forma en el diámetro del diámetro menor del agujero finalmente a ser formado. La cabeza de maquinado se dispone para tener lunetas que soportan la cabeza de la máquina, las lunetas acoplan con el diámetro menor que se reduce a la medida que el maquinado progresa a una terreno helicoidal sobre el diámetro menor.

35 En el proceso descrito en el documento WO2008/129237 A1, que representa la técnica anterior más cercana para la reivindicación 1 independiente, los lóbulos son maquinados progresivamente utilizando primero un cortador pando para producir una depresión amplia. En la medida en que el cortador progresa hacia la pieza de trabajo, la pieza de trabajo es entorchada de tal manera que la depresión forma una hélice. Entonces, se obtienen cortadores sucesivamente más estrechos y más profundos que se utilizan hasta un perfil escalonado que se aproxima a la forma sinusoidal del perfil del extremo deseado. Finalmente, se utiliza un cortador conformado que tiene el perfil deseado de la depresión. El mismo proceso se emplea para cada lóbulo.

40 Con nada más de dos lóbulos, existe suficiente soporte para la cabeza de la máquina, y suficiente sección transversal del diámetro menor para suministrar fácilmente la potencia requerida para maquinar los lóbulos entre los diámetros menor y mayor. Estos lóbulos en ningún caso representan una proporción significativa del área incluida por el diámetro mayor; y no hacen la diferencia entre el diámetro mayor y menor que representa una proporción significativa del diámetro menor. De acuerdo con esto, el sistema trabaja bien con herramientas de diámetro mayor que tienen múltiples lóbulos. Por ejemplo, considere un estator teórico de tres lóbulos que tiene un agujero para soportar la herramienta en un círculo que es el diámetro menor. Los lóbulos a ser maquinados pueden ser considerados en términos de un triángulo equilátero cuyos lados son tangentes al círculo del diámetro menor. Así, los lóbulos a ser cortados son las puntas triangulares de ese triángulo y se puede ver que el diámetro máximo de las puntas está en  $0,86R$ , donde  $R$  es el radio del diámetro menor. Esta es aún una proporción sustancial del círculo del diámetro menor, pero también se debe

5 apreciar que la cantidad de material a ser retirada en este diámetro es simplemente las puntas laterales de dichas puntas triangulares y la cantidad de muy poco material en este diámetro. Consecuentemente, la herramienta de las especificaciones anteriormente mencionadas es adecuada. Esto contrasta con el perfil rectangular alargado (aunque con extremos redondeados) de un estator de dos lóbulos, y donde existe material sustancial a ser retirado en el ancho completo del diámetro menor.

10 Así, cuando el diámetro de la máquina se reduce y el número de lóbulos se reducen de manera correspondiente a dos, este método y esta herramienta no se comporta satisfactoriamente. La proporción del material a ser retirado versus el área del agujero disponible para transmitir potencia se incrementa. Más aún, la distancia proporcional del voladizo entre el borde de la herramienta y su soporte también se incrementa (como se representa por la excentricidad del agujero del estator - que es la proporción del diámetro mayor a menor). Pero más importante, como se describió anteriormente, es el diámetro del cortador requerido comparado con el diámetro del agujero disponible para acomodar el cuerpo de la herramienta que vence este método. Consecuentemente, es un objeto de la presente invención desarrollar un proceso mejorado para maquinar perfiles helicoidales en cuerpos de estator de diámetro relativamente pequeño. Por pequeño se significa con sólo dos lóbulos y un diámetro menor que un diámetro menor de aproximadamente 60 mm. Sin embargo, mientras la invención está restringida a estatores de dos lóbulos, no está realmente limitada a ningún diámetro particular y se podría emplear en cuerpos de estator de diámetro mayor.

20 El documento GB-A-1265743 divulga una cabeza de fresado multipropósito que tiene un eje longitudinal y que suministra un cortador rotatorio que rota alrededor de un eje paralelo al eje longitudinal y descentrado mediante cantidades variables, útil para cortar roscas externas en diámetros grandes.

25 El documento US 4.813.828 divulga un dispositivo de corte giratorio que tiene las características del preámbulo de la reivindicación 6 en combinación.

30 El documento CN 101 147 989 A, que representa la técnica anterior más cercana para el método de la reivindicación 14 independiente, divulga un método para maquinar el agujero del estator lobulado que comprende las etapas de suministrar el estator con un agujero que tiene un diámetro menor, suministrar un dispositivo cortador giratorio cuyo dispositivo comprende una cabeza cortadora en el extremo de un eje que tiene un eje longitudinal y un diámetro cerca, la cabeza cortadora tiene un miembro de muñón para montar una cortadora giratoria para rotación de la cortadora alrededor de un eje paralelo a dicho eje longitudinal pero descentrada del mismo, pasando el dispositivo a través del agujero de tal manera que el cortador giratorio corta el agujero y simultáneamente rotando el estator con respecto al dispositivo de tal manera que el corte del agujero es helicoidal.

35 Breve resumen de la divulgación

40 De acuerdo con la presente invención, se suministra un método para maquinar el agujero de un estator de dos lóbulos para una máquina de cavidades progresivas de acuerdo con la reivindicación 1. El agujero tiene un perfil deseado a lo largo de un eje longitudinal del agujero que comprende un diámetro menor y un diámetro mayor y un eje radial que varía helicoidalmente a lo largo de dicho eje longitudinal y que define un paso helicoidal, dicho perfil siendo definido, en cualquier posición axial a lo largo de dicho eje longitudinal, por el área barrida por un círculo de diámetro igual a dicho diámetro menor que es trasladado a lo largo de dicho eje radial por una cantidad de desplazamiento igual sobre cualquier lado de dicho eje longitudinal. El método comprende las etapas de:

45 a) suministrar un cuerpo estator tubular con un agujero cilíndrico centrado en dicho eje longitudinal y un diámetro no menor de dicho diámetro menor, y primeros y segundos dispositivos de maquinado que están cada uno con un ajuste de deslizamiento cercano sobre dicho diámetro menor, en donde

50 b) el primer dispositivo comprende una cabeza de fresado sobre el extremo de un árbol, la cabeza de fresado montando una cortadora rotatoria dispuesta para rotación alrededor de un eje transversal a dicho eje longitudinal mediante un mecanismo de impulsión a lo largo del árbol;

55 c) el segundo dispositivo comprende una cabeza de corte sobre el extremo de un árbol, la cabeza de corte montando una cortadora giratoria para rotación alrededor de un eje sustancialmente paralelo a dicho eje longitudinal, pero descentrado de este por un grado selectivamente variable entre una separación mínima y máxima del eje cortador giratorio del eje longitudinal;

60 d) impulsar el primer dispositivo a través del orificio de tal manera que dicha cortadora rotatoria sigue una senda helicoidal con dicho paso de hélice, en el proceso fresando una ranura a lo largo de dicha senda en el agujero del estator utilizando una cortadora rotatoria de diámetro suficientemente pequeño que el torque necesario para impulsar la cortadora permanezca dentro de la capacidad del mecanismo de impulsión;

65 e) descentrar angularmente el eje de rotación de la cortadora rotatoria del primer dispositivo con respecto al eje radial y de nuevo dividir el primer dispositivo a través del agujero a lo largo de dicha senda helicoidal, fresar una ranura helicoidal adicional en el agujero del estator, también utilizando una cortadora rotatoria de diámetro suficientemente

pequeño que el torque necesario para impulsar la cortadora permanezca dentro de la capacidad del mecanismo de impulsión;

5 f) extender la profundidad del corte de la cortadora rotatoria del primer dispositivo y repetir las etapas d) y e) sin sobrecortar el perfil deseado;

10 g) impulsar dicho segundo dispositivo a través del agujero, de tal manera que la cortadora giratoria sigue dicha senda helicoidal con el eje de rotación de dicha cortadora giratoria intersecando dicho eje radial y los elementos de corte de la cortadora giratoria que fresa el agujero del estator a un diámetro igual a dicho diámetro menor, en donde dicha cabeza cortadora es trasladada a lo largo de dicho eje radial mediante dicha cantidad de desplazamiento a lo largo de dicho eje longitudinal.

15 Lo que significa esta última etapa g) es que, por lo menos, la cabeza cortadora giratoria se ajusta en dicha cantidad de desplazamiento y se traslada a lo largo de dicha senda helicoidal (a lo largo de dicho eje longitudinal) de tal manera que fresa el agujero del estator en cada diámetro mayor del agujero (teniendo en mente que es una doble hélice a cualquier lado del eje longitudinal), así como también que se ajusta en posiciones intermedias para fresar el agujero del estator en posiciones entre los dos extremos. Mientras los "extremos" del agujero en cualquier sección serán circulares (o, en su lugar, semicirculares) que es lo que se requiere, las líneas que unen los extremos de los extremos deben ser rectas. Utilizando una cortadora circular tangencialmente a tales líneas inevitablemente dejarán filos, a menos que la cortadora también se mueva a lo largo de la línea. Sin embargo, si se hace esto, existe la posibilidad de que los filos se formen en la dirección longitudinal.

20 Preferiblemente, dicho método que incluye además las etapas de:

25 h) dicha cabeza cortadora se ajusta en un desplazamiento radial y se impulsa a lo largo de dicha senda helicoidal antes de ser indizada a un desplazamiento radial diferente y de nuevo impulsada a lo largo de dicha senda helicoidal, dicho proceso se repite hasta que dicha traslación está aproximadamente completa.

30 Alternativamente, dicho método incluye además las etapas de:

i) dicha cabeza de corte se dispone para ser impulsada a lo largo de dicho eje radial por un impulsor radial mientras que dicho segundo dispositivo está dentro del agujero del estator.

35 En ese evento, preferiblemente,

j) dicha impulsión es operada para impulsar dicha cabeza de corte por dicha cantidad de desplazamiento a lo largo de dicho eje radial antes de indizar dicho segundo dispositivo a lo largo de la senda helicoidal y repetir el proceso hasta que dicha traslación se completa de manera aproximada.

40 Alternativamente, de manera adicional, una combinación de las etapas h) y j) se emplea porque

k) dicha cabeza de corte es impulsada continuamente por dicha cantidad de desplazamiento a lo largo de dicho eje radial mientras que dicho segundo dispositivo es impulsado continuamente a lo largo de dicha senda helicoidal, y repite el proceso hasta que dicha traslación se completa de manera aproximada.

45 Dichas sendas helicoidales pueden ser diferentes una de la otra en el sentido de ser angularmente descentrados y de radios diferentes, pero ellas son paralelas en el sentido de tener el mismo paso de hélice.

50 Preferiblemente, dicha cortadora giratoria tiene elementos de corte que tienen caras de corte en forma de V cuyos puntos están sobre un círculo de diámetro igual a dicho diámetro menor.

55 Preferiblemente, dicho agujero cilíndrico del cuerpo del estator antes del maquinado es ligeramente mayor que el diámetro menor para definir un terreno helicoidal que persista en todo el método y que se emplee para guiar dichos primeros y segundos dispositivos. Preferiblemente, dichos primeros y segundos dispositivos están cada uno provistos con lunetas para llevar contra dicho terreno helicoidal y soportar dichas cabezas.

60 De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención, se suministra un dispositivo cortador giratorio de acuerdo con la reivindicación 6. Tal dispositivo cortador giratorio comprende una cabeza de corte sobre el extremo de un árbol que tiene un eje longitudinal y un diámetro alrededor de este, la cabeza de corte tiene un miembro de muñón sobre el cual se monta una cortadora giratoria para la rotación de la cortadora alrededor de un eje paralelo a dicho eje longitudinal pero descentrado de este por un grado selectivamente variable entre una separación mínima y máxima del eje de la cortadora giratoria desde dicho eje longitudinal, en el que el eje tiene una superficie de soporte sobre dicho diámetro adecuado para llevar contra un material que es cortado por el dispositivo de la cortadora giratoria y en donde el perfil helicoidal en dicho material es capaz de ser cortado por el dispositivo de la cortadora giratoria, dicho perfil tiene un diámetro menor, la superficie de soporte es adecuada para llevar sobre el diámetro menor para soportar dicha cortadora

giratoria, en donde el diámetro de la senda de corte de la cortadora cuando rota alrededor de su eje es igual al diámetro del árbol.

5 Preferiblemente, dicha cabeza cortadora se monta en una cara de extremo de dicho árbol, dicha cara es perpendicular a dicho eje longitudinal.

10 Preferiblemente, dicha cara de extremo tiene una ranura y dicha cabeza cortadora tiene un muñón para recepción en dicha ranura, medios que posibilitan el fijado de dicha cabeza en dicha ranura en diferentes posiciones de esta a lo largo de la ranura. Adicionalmente, dicha ranura y muñón tienen cola de paloma.

15 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, dicho miembro de muñón es impulsado por un miembro de impulsión montado para rotación en dicho árbol, un par de uniones universales separadas por un miembro de desplazamiento que posibilita el descentrado del eje de rotación de la cortadora giratoria. Preferentemente, dicha impulsión entre el miembro de impulsión y el miembro de muñón es por vía de un miembro intermedio dispuesto en la cabeza cortadora, y dicho miembro intermedio de impulsión es un engranaje que engrana con un engranaje sobre dicho miembro de muñón. Preferiblemente, dicho miembro intermedio de impulsión es una polea que impulsa una correa enrollada alrededor de una polea sobre dicho miembro de muñón.

20 En una realización alternativa, dicho miembro de muñón es impulsado por un motor montado en el extremo del árbol, y preferiblemente el motor es un motor hidráulico que comprende primeros y segundos engranajes que engranan ubicados en una cavidad suministrada con fluido hidráulico, uno de dichos engranajes es dicho miembro de muñón.

25 De acuerdo con todas las realizaciones de la presente invención, la cortadora giratoria está preferiblemente montada en un nicho de una unión de sobrebrazo, unida a dicha cara de extremo de dicho árbol, en donde dicho nicho tiene un primer lado y un segundo lado perpendicular ha dicho eje de rotación de dicha cortadora. Dicha unión es una de varias uniones que suministran una diferente de dichas posiciones descentradas.

30 De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención, se suministra un método de maquinar el agujero de un estator lobulado de acuerdo con la reivindicación 14. El método comprende las etapas de:

- 35 a) suministrar al estator con un agujero que tenga un diámetro menor;  
b) suministrar un dispositivo cortador giratorio, cuyo dispositivo comprende una cabeza cortadora sobre el extremo de un árbol que tiene un eje longitudinal y un diámetro alrededor de este, la cabeza cortadora tiene un miembro de muñón para montar la cortadora giratoria para rotación de la cortadora alrededor de un eje paralelo a dicho eje longitudinal, pero descentrado de este por un grado selectivamente variable entre una separación mínima y máxima del eje de la cortadora giratoria de dicho eje longitudinal, y en donde el árbol tiene una superficie de soporte sobre dicho diámetro;  
40 c) pasar el dispositivo a través del agujero de tal manera que la cortadora giratoria corta el agujero y simultáneamente rota el estator con respecto al dispositivo de tal manera que el agujero cortado es helicoidal; y  
d) soportar el árbol del diámetro menor del agujero durante la etapa c).

45 Preferiblemente, el método se repite en una diferente posición de inicio rotacional del dispositivo de la cortadora giratoria con respecto al estator, por medio de la cual se corta la pluralidad de lóbulos.

En una realización preferida, el método se repite en diferentes descentrados de la cortadora giratoria.

50 De acuerdo con un método como se describió anteriormente, el dispositivo de la cortadora giratoria de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 a 13 se emplea preferiblemente.

Descentrar el miembro de impulsión de la manera descrita anteriormente reduce el ángulo de requisito de deflexión de las uniones universales y/o la longitud del miembro de desplazamiento. La reducción del ángulo incrementa la potencia que se puede desarrollar. Reducir la longitud reduce la velocidad umbral alrededor de la cual no se puede evitar el girado excéntrico del árbol de desplazamiento.

55 Así, la invención suministra unos medios de maquinar el agujero de un estator de la máquina de cavidad progresiva que no sobre tensiona la capacidad del equipo de maquinado, y posibilita aún un agujero preciso a ser producido. La invención se predica sobre la apreciación de que la sección del estator de dos lóbulos es como se definió anteriormente, a saber, el área barrida por un círculo de diámetro igual al diámetro menor trasladado a lo largo del radio del eje longitudinal por una cantidad de desplazamiento que es igual, en la práctica, al diámetro de la órbita excéntrica del rotor de hélice único en el estator durante uso. Dado este perfil en cualquier posición longitudinal, la cortadora rotatoria del diámetro igual al diámetro menor y en el plano perpendicular al eje longitudinal de la máquina maquinará la pared del agujero en la forma precisamente correcta si se traslada en dicho plano hacia adelante y hacia atrás a lo largo de dicho radio, a través del centro.

60 En la alternativa mencionada anteriormente donde el segundo dispositivo es impulsado a través del cuerpo del estator y la cabeza giratoria es luego indizada en una posición radial diferente, la precisión del perfil final depende del tamaño de la etapa del índice. La etapa final lleva a la cortadora a la posición en la cual esta corta una mitad completa en un círculo

en el descentrado máximo. Sin embargo, entre la mitad del cuerpo del estator (donde este no corta nada dado que el agujero de partida no es menor que el diámetro menor deseado del agujero del estator terminado) y el descentrado máximo, habrá filos entre cada etapa de índice. Sin embargo, como un ejemplo, para un estator de 27 mm de diámetro menor y 45 mm de diámetro mayor con seis escalones de aproximadamente 3 mm resulta en un filo entre cada escalón de aproximadamente 0,05 mm de altura, que es una precisión perfectamente adecuada para la mayoría de los propósitos.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones de la invención son descritas adicionalmente en lo sucesivo con referencia a los dibujos que la acompañan, en los cuales:

Las figuras 1a y b son una sección lateral y una sección transversal de un estator de dos lóbulos al cual con el cual se relaciona la presente invención, la figura 1a es una sección en la línea A-A en la figura 1b;

La figura 2 es una sección que muestra el perfil del estator en cualquier punto dado a lo largo de su longitud;

La Figura 3 es una sección lateral en perspectiva del estator después de la formación utilizando el método de la presente invención;

La figura 4 es una sección similar a la figura 2, pero que muestra las sendas de maquinado de la primera etapa;

La Figura 5 es una sección similar a la Figura 2 que muestra el perfil después de que la primera etapa de maquinado está completa;

Las figuras 6a a d son vistas en perspectiva de: la herramienta completa; la herramienta completa en la sección lateral; una vista transparente; y una vista detallada del extremo de una herramienta para efectuar las operaciones de maquinado de la primera etapa;

Las figuras 7a a d son respectivamente: una vista en perspectiva de la herramienta total; una vista en perspectiva del extremo de la herramienta; una vista en perspectiva del extremo en sección; y una vista en perspectiva de una sección del extremo en diferente posición a aquella mostrada en la figura 7c; todas de una segunda herramienta de acuerdo con un aspecto de la presente invención y para efectuar operaciones de maquinado de segunda etapa;

Las figuras 8a y b son secciones a) de acuerdo con la figura 5, pero que muestran las operaciones de maquinado utilizando la herramienta de la figura 7, y b) el lado resultante del perfil (en detalle agrandado);

La Figura 9 es una sección lateral de la herramienta de la Figura 7 en uso;

La figura 10 es una sección lateral de acuerdo con una realización diferente de la segunda herramienta, en la cual la cortadora giratoria se configura para hacer cortes profundos;

La figura 11 es una sección lateral del aparato de la figura 10 cuando se configura para hacer cortes pandos.

La figura 12 es una sección lateral de acuerdo con una realización de la segunda herramienta que muestra la cabeza de la cortadora, en la cual se emplea la impulsión de correa;

Las figuras 13a y b son respectivamente una sección lateral de acuerdo con una realización de la segunda herramienta que muestra la cabeza cortadora dispuesta como un motor hidráulico, y una sección transversal;

La figura 14 es una sección lateral de acuerdo con una realización de la segunda herramienta, en la cual los medios de impulsión se ubican dentro del árbol de la herramienta;

La figura 15 es una sección lateral de acuerdo con una realización que muestra la unión del sobrebrazo;

La figura 16 es una vista en perspectiva de la unión de sobrebrazo de la figura 15; y

La figura 17 es una sección lateral que muestra un arreglo alternativo de la unión del sobrebrazo.

Descripción detallada

En los dibujos, el estator 10 comprende un cuerpo 12 en la forma de un tubo que tiene un agujero 14. El agujero 14 es una hélice doble cuyo perfil en cualquier posición a lo largo de un eje 20 longitudinal, que es el centro del agujero 14 es una forma oval que es barrida por un círculo de diámetro  $R_0$  y radio  $R_1$  que se trasladan desde el centro  $C_0$  coincidente con el eje 20 longitudinal a dos centros  $C_1$ ,  $C_2$  adicionales. La distancia desde  $C_1$ , o  $C_2$ , a  $C_0$ , es la excentricidad del estator. Así, iniciando con un tubo que tiene un agujero 16 circular central de diámetro  $R_0$ , en cualquier posición axial a

lo largo del eje 20, deben eliminarse los segmentos 22, 24 de forma en C (áreas sombreadas en la figura 2) se deben retirar. Sin embargo, el eje 30 radial del perfil 14 rota en la medida en que el perfil progresa a lo largo del estator 10, de tal manera que, cuando se ve desde un extremo como se muestra en la figura 1b, existe solamente un agujero circular visible, igual al agujero 16 original del cuerpo 12. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, el perfil 14 no es circular sino una hélice de paso P doble, como se muestra en la Figura 1a. El diámetro  $R_0$  se denomina como el diámetro menor, mientras que el ancho completo del perfil 14, que es igual a la suma del diámetro  $R_0$  menor más la separación de los  $C_1$ ,  $C_2$  centrales, y este se refiere al diámetro  $R_2$  mayor. El perfil de los extremos 14a, 14b (ver figura 2) de la sección del agujero 14 es semicircular, con los lados 14c, d que son líneas rectas paralelas que son tangenciales a los extremos 14a, 14b.

Por las razones explicadas adicionalmente adelante, el agujero 16 de inicio del cuerpo 12 del estator es realmente ligeramente mayor que el diámetro  $R_0$  menor. De acuerdo con esto, cuando la operación de maquinado a ser descrita adelante se completa, resulta un terreno 16a, como se muestra esquemáticamente en la Figura 3. Un terreno 16a (que es plana en la dirección longitudinal pero circular en la dirección circunferencial con respecto al eje 20 longitudinal) suministra una superficie de apoyo para las herramientas utilizadas para formar el agujero 14. Los terrenos 16a guían ambas las herramientas y suministran superficies de reacción para las fuerzas ejercidas durante el maquinado.

Regresando a las figuras 6a a d, se ilustra un ejemplo de una herramienta, ilustrada esquemáticamente, adecuada para efectuar la primera etapa de maquinado. Se debe entender que la máquina empleada es del tipo descrito en el documento WO2008/129237 referido anteriormente. Por "tipo" se significa simplemente una herramienta con una cabeza de fresado angulada – preferiblemente en ángulo recto). Con referencia específica a las Figuras 6a a d, la herramienta aquí ejemplificada comprende un cuerpo 40 cilíndrico que se forma en dos mitades 40a, b. Las mitades 40a, b son conchas de almeja, e incluyen una correa 42 sin fin que, en un extremo, está enrollada alrededor de una polea 44 de impulsión, y, en el otro, el extremo de trabajo, está enrollado alrededor de una polea 46 que está dispuesto en los cojinetes 48 en una cabeza 50 de la herramienta 100a.

Montada en un agujero 52 de la polea 46 está un soporte de herramientas (no mostrado) en el cual se pueden fijar una variedad de herramientas de fresado (tampoco mostradas). Al rotar la polea 44, de impulsión, las herramientas rotan alrededor de un eje 120 que es perpendicular al eje 20a longitudinal de la herramienta 100a. En uso, la herramienta 100a se inserta en el agujero 16 cilíndrico del cuerpo 10 del estator hasta que la cabeza 50 se extiende más allá del extremo del cuerpo 12 del estator. Una herramienta es luego fijada al agujero 52 (o en el soporte si el soporte no se extiende más allá del diámetro del agujero 16). El cuerpo 40 de la herramienta está en un ajuste deslizante cerrado en el agujero 16. El estator 10 está firmemente mantenido en un portapiezas (no mostrada) y, mientras son posibles varias operaciones, el arreglo preferido es que la herramienta 100a sea impulsada de tal manera que la herramienta de fresado en la cabeza sea rotada y la herramienta 100a se retire lentamente hacia atrás a través del cuerpo 12 del estator a lo largo del eje 20 longitudinal fresando una ranura sobre el agujero 16. Al mismo tiempo, el portapiezas que mantiene el cuerpo del estator 12 dispone el cuerpo 12 para rotar gradualmente alrededor de su eje 20 longitudinal de tal manera que este hace una revolución completa en la distancia en que la herramienta 100a se mueve la distancia P. Así, la ranura maquinada es helicoidal, empleando una combinación de rotación de pinza y movimiento lineal de la herramienta.

Regresando a la figura 4, el primer paso de la herramienta 100a da como resultado en un canal 30a que es retirado. Para esto, se emplea la punta de la herramienta que tiene las dimensiones de la ranura 30a y en la que el eje 120 de la herramienta 100a se alinea con el eje 30 del diámetro mayor del agujero 14 a ser formado. Cuando se completa, la punta de la herramienta se retira y la herramienta 100a se reinserta dentro del cuerpo 12 del estator. Luego, la herramienta 100a (o, más probablemente, el cuerpo 12 del estator) es indizado a través de un ángulo A con el fin de descentrar el eje 120A. La misma punta de herramienta es luego empleada para maquinarse una ranura 30b adicional, traslapando la ranura 30a, y removiendo más del segmento 22 a ser maquinado. Este proceso se repite con dos etapas de indización adicionales y pasos de maquinado removiendo las áreas 30c y 30d respectivamente. Cuando se completa, y la herramienta 100a se reinserta de nuevo dentro del agujero 16 se une una nueva punta de herramienta (no mostrada) que tiene un alcance mayor y está dispuesta para retirar el material adicional 30e. Dos fases adicionales remueven las áreas 30f y 30g.

La herramienta luego extendida adicionalmente para retirar las áreas 30h y 30i antes de que la herramienta de alcance mayor final, remueva un área 30j de sección rectangular panda. (De hecho, en la práctica, el procedimiento también involucrará más probablemente maquinarse el cuadrante a mano derecha del área 22, así como también el segmento 24 opuesto. Esto evita tener que cambiar la punta demasiado a menudo).

Luego, se aplican tres cortadores angulados sobre los descentrados de los ángulos A, B y C (a lo largo de los ejes 120A, B, C) los cortadores angulados que tienen los flancos 35, 33 y 31 respectivamente para retirar las regiones 30m, 30l y 30k triangulares respectivamente. Así, un total de 22 pasos se hacen retirando la mayoría del área 22 y dejando el perfil 16b mostrado en la Figura 5. Dado que la cantidad de material utilizada con cada paso es muy pequeña, la herramienta 100a es suficiente en su capacidad estructural para efectuar las operaciones de corte en cuestión.

Sin embargo, el agujero 16b ciertamente no está listo para su uso. De acuerdo con esto, la invención propone emplear una segunda herramienta de la cual la herramienta 100b mostrada en las Figuras 7a a d es un ejemplo. Mientras que la

herramienta 100a podría ser considerada como una herramienta de fresado tradicional, que tiene una cortadora rotatoria sobre un eje 120 transversal al eje longitudinal de la herramienta, la herramienta 100b se describe mejor como una "herramienta giratoria" que tiene una herramienta 80 de corte rotatorio, también denominada como una cortadora rotatoria, en un extremo 72 de un cuerpo o eje 71 de la herramienta. La cortadora 80 está montada sobre un miembro 84 de muñón rotacionalmente montado dentro de la cabeza 74 de la cortadora que está ajustada deslizantemente en una ranura 76 de cola de paloma formada en la cara 78 de extremo de la herramienta 100b. La cabeza 74 de la cortadora está formada en cola de paloma en 79 para ser un ajuste deslizante en la ranura 76. Sin embargo, los medios (no mostrados) se suministran para asegurar la cabeza de la cortadora 74 en cualquier posición seleccionada dentro de la ranura 76. Por ejemplo, un tornillo se podría recibir en la cabeza 74 de la cortadora que incida sobre la cara 78 de extremo halando la cabeza 74 de la cortadora alejándola de la ranura 76 y acufiando herméticamente el reborde 79 de la cola de paloma con la ranura 76. Otros medios para asegurar la cabeza 74 de la cortadora al extremo 72 se pueden suministrar.

La herramienta 80 de la cortadora que tiene una pluralidad de puntos 82 de corte, que preferentemente están en forma de V en el perfil y se ajustan sobre un círculo de diámetro igual al diámetro  $R_0$  menor y en un plano ortogonal al eje 20b longitudinal de la herramienta 100b.

Con referencia a la figura 7c, la herramienta 80 de corte está montada sobre el extremo del miembro 84 de muñón recibido en los cojinetes 86 en la cabeza 74 de la cortadora. El miembro 84 del muñón es impulsado por un eje 88 intermedio (de desplazamiento) el cual es en sí mismo impulsado por un miembro 90 de impulsión que se extiende a través de un agujero 92 a través del cuerpo/árbol 71. El miembro 90 de impulsión es montado en los cojinetes 94 en cada extremo del agujero 92. Entre el árbol 88 intermedio y el miembro 84 de muñón y el miembro 90 de impulsión están un par de uniones 96 universales que posibilitan la impulsión desde el eje 90 a ser mantenido a la herramienta 80 de corte sin importar la posición descentrada lateral de la cabeza 74 de la cortadora dentro de la ranura 76. Preferiblemente, el árbol 88 intermedio es ajustable en longitud y puede comprender, por ejemplo, elementos estriados telescópicos (no mostrados en detalle).

Con referencia a la figura 7b, la ranura 76 tiene un eje 122 que es transversal al eje 20b longitudinal de la herramienta 100b y es, de hecho, perpendicular a la misma. El eje 124 del miembro 84 de muñón es de manera similar perpendicular al eje 122. El eje 122 es la dirección de movimiento de la cabeza 74 cortadora en la ranura 76. El eje 124 es, por tanto, y permanece, paralelo al eje 20b longitudinal de la herramienta 100b.

Regresando a la figura 8a, se muestran los pasos hechos de la herramienta 100b a través del agujero 16b (de la figura 5). Primero que todo, la cabeza 74 de la cortadora se alinea con el cuerpo 71 de la herramienta 100b y la herramienta es pasada a través del estator 12, el cuerpo 71 de nuevo esta en un ajuste deslizante cerrado sobre los terreno 16a. Cuando la cabeza 74 de la cortadora se extiende a través del extremo abierto del cuerpo 12 del estator, los medios (no mostrados) de aseguramiento son liberados y la cabeza 74 de la cortadora desplazada transversalmente a lo largo del eje 122 a un desplazamiento máximo desde el eje 20b longitudinal, que es aquí coincidente con el eje 20 del estator 12. El desplazamiento es la cantidad de la mitad de la distancia entre los centros  $C_1$ ,  $C_2$  descritos anteriormente con referencia a la figura 2. Cuando el eje 90 de impulsión es operado para girar la herramienta 80 de corte, se forma el perfil 16c circular del extremo 14c del diámetro principal del agujero 14. De nuevo, la herramienta 100b es retirada a través del agujero del estator 12, siendo el estator simultáneamente rotado a una velocidad apropiada.

De hecho, tanto con la herramienta 100a de molido como con la herramienta 100b, de girado, las cabezas de corte describen todas una senda helicoidal en su paso a través del estator 12, cuya senda helicoidal es idéntica en cada ocasión en el sentido de que todas las sendas helicoidales seguidas son paralelas la una a la otra, y por lo tanto tienen el mismo paso P. Sin embargo, cada senda helicoidal se puede desplazar con respecto a la otra una tanto radialmente como angularmente con respecto a la otra, y, por supuesto, dos sendas principales son seguidas siendo angularmente descentradas por  $180^\circ$  una de la otra.

Así, se hacen pasos adicionales con la herramienta 100b (siendo esta regresada a la posición en línea para la reinserción en el estator 12), y los pasos son mostrados como círculos 1 a 6 en la figura 8a. Estos pasos pretenden limpiar el lado 16d del agujero 16 para formar los lados 14c, d del estator, pero, como puede verse en la figura 8b, el lado 16d comprenderá una serie de filos definidos por los pasos traslapante, por ejemplo, entre los pasos 4 y 5 de la figura 8b. Sin embargo, el tamaño del filo se puede minimizar al incrementar el número de pasos y, para propósitos más prácticos, seis es suficiente. De hecho, en un ejemplo, con un diámetro menor de 27 mm y un diámetro mayor de 45 mm, y seis etapas cada una de aproximadamente 3 mm de separación entre ellas, la altura del filo 16d en cada caso es de solamente de aproximadamente 0,05 mm, que no es suficiente para interferir con la operación adecuada del estator cuando está en uso como una bomba o estator del motor. El orden de los pasos no necesariamente siguen el orden de los números 1 a 6 (o, de hecho, el orden 6 a 1) y puede ser que sea más eficiente un orden diferente. Por ejemplo, cortar en el orden 3, 2, 1, 4, 5, 6 se puede preferir por la razón de que este mantiene el perfil 16a del agujero original en el diámetro menor durante el tiempo más largo posible, y de esta manera el árbol 71 puede ser un ajuste deslizante cercano y suministrar soporte para la cortadora 80 durante sus operaciones de corte. Más aun, cuando se completa un paso dado, por ejemplo, paso 3, sería más conveniente efectuar el mismo paso (3) con la misma herramienta en el otro lóbulo o lóbulos del estator antes de cambiar la cortadora para hacer un paso diferente (Por ejemplo 2, o 4).



Regresando a la figura 9, la posición de la herramienta 100b cuando existe un desplazamiento máximo y es paso cortante 1 (en la figura 8a) como se muestra dentro del cuerpo 12 del estator. De este, se puede ver que la cabeza 74 de la cortadora requiere ser achaflanada en 74a con el fin de evitar la colisión con el flanco 16e del perfil 14 en la medida en que esta se entorcha detrás de la cabeza 74 de la cortadora. De hecho, el eje 90 puede ser claramente visto para ser un eje 20c que esta desplazado con respecto al eje 20b de la herramienta 100b. El propósito de esto es minimizar la deflexión angular de las uniones 96 universales cuando está en la deflexión máxima de la cabeza 74 de la cortadora. Es en esta posición que la herramienta está siendo la mayoría de su corte del agujero 16c y por consiguiente requiere que se suministre más potencia a esta. Es bien conocido que las uniones universales en el ángulo de desplazamiento grande absorben una potencia sustancial. Mientras sería factible incrementar la longitud del árbol 88 de desplazamiento, esto solamente serviría para restringir la velocidad máxima (y así la potencia) capaz de ser suministrada (todas las otras cosas siendo iguales), ya que el umbral de girado está directamente ligado a la longitud de este árbol.

Sin embargo, el resultado del desplazamiento del agujero 92 y consecuentemente el desplazamiento del miembro 90 de impulsión es que, con el fin de tener la cabeza 74 de corte alineada con el eje 20b longitudinal, (esto es, el eje 124 coincidente con del eje 20b), el árbol 88 intermedio es realmente inclinado hacia arriba. Así, refiriéndose de nuevo a la figura 7d, donde el eje 124 se muestra coincidente con el eje 20c del miembro 90 de impulsión (esto es, con los árboles 84, 88 y 90 siendo todos coincidentes), la herramienta 80 de corte está realmente ubicada para efectuar el paso 4 o 5.

En la figura 9, el árbol 71 se muestra contactando el agujero 16a opuesto, donde la punta 83 de la cortadora está acoplado el agujero 16. Por supuesto, aunque el soporte se suministra mejor directamente opuesto al sitio de reacción de la herramienta y donde este está incidiendo el material que es cortado, primeramente estos sitios están en varias posiciones rotacionales alrededor del eje 124 del miembro de muñón, y no sólo en el plano del dibujo en la figura 9, y segundo, el soporte es alrededor del perímetro completo del árbol 71, aunque en una hélice debajo de su longitud.

La figura 10 muestra una realización de la invención en donde la cabeza 74 de la cortadora se configura para tener un miembro 126 de impulsión que impulsa el miembro 84 de muñón en esta de una manera diferente a aquella descrita con referencia a las figuras 7a a d. Aquí, el miembro 126 de impulsión tiene un engranaje alrededor de un eje 125 que es paralelo a dicho eje 20b longitudinal. El engranaje impulsa un engranaje 127 correspondiente sobre el miembro 84 de muñón, esto permite un desfase grande del eje 124 de rotación de la cortadora desde el eje 20c de impulsión mientras que retiene la potencia que se podría perder al tener una escala grande entre la impulsión 90 y el miembro 84 de muñón como se muestra en la figura 9. Sin embargo, en la figura 11, se puede ver una deflexión grande en el árbol 88 intermedio, pero aquí la cortadora 80 está en su descentrado mínimo, lista para los pasos 4, 5 y 6, en el cual se retira poco material de tal manera que la pérdida de potencia a través de la deflexión grande no es una preocupación.

En la presente realización, el miembro 126 de impulsión está conectado al miembro 84 de muñón por los medios de engranaje como se describió anteriormente. Las figuras 10 y 11 muestran la conexión entre el miembro 84 de muñón y el miembro 126 de impulsión, hecho utilizando ruedas 127 engranadas. Las ruedas 127 engranadas son seleccionadas para lograr una transferencia de potencia efectiva entre los miembros 84, 126 mientras que se ubican dentro de la cabeza 74 de la cortadora. Sin embargo, la figura 12 muestra una alternativa en la cual se hace una conexión mediante la impulsión de la correa 128. La correa 128 se ubica sobre las ruedas 129 de la polea unidas a la impulsión 126 y a los miembros 84 giratorios.

La figura 13 muestra la impulsión 126 y el miembro 84 de muñón configurado como parte de un aparato 130 de motor hidráulico dispuesto en la cabeza 74'. Aquí, los miembros se disponen con las ruedas 131 engranadas los cuales engranan dentro de una cavidad 132 llena de aceite. La circunferencia 133 de no engranaje de las ruedas 131 engranadas se expone a una presión de aceite de tal manera que el aceite bombeado hacia el hueco 134 en el primer lado del aparato, se mueve 135 alrededor de la circunferencia no engranante de las ruedas 131 engranadas para escapar de un segundo hueco 136 ubicado al otro lado del aparato. El movimiento del aceite alrededor de la circunferencia 133 no engranante de las ruedas 131 engranadas hace que los miembros roten.

La figura 14 muestra una realización de la invención en donde los medios 140 de impulsión se conectan directamente al miembro 126 de impulsión de la cabeza 74 de la cortadora. Esto tiene la ventaja de retirar la pérdida de potencia asociada con la transferencia de la impulsión mostrada en la figura 11 por ejemplo. Los medios de impulsión podrían ser un motor hidráulico, o de hecho cualquier otro motor que sea lo suficientemente pequeño como para ubicarse dentro del árbol 71.

Las figuras 15 a 17 muestran la invención con una unión 150 de sobrebrazo en su lugar. El sobrebrazo 150 sirve para mejorar la rigidez del dispositivo cuando se configura para cortar sustancialmente el eje tal como se muestra en la figura 15. El sobrebrazo 150 está hecho de un material similar o del mismo de aquel del árbol y tiene dos brazos 151, 152 que se separan por un espacio en el cual se dispone la cortadora. Los brazos tienen huecos 153, 154 para recibir el miembro 84 de muñón sobre los cojinetes 157. El sobrebrazo está unido al árbol 71 mediante perno 155 ubicados en los agujeros 156. Durante la unión, el miembro 84 de muñón es pasado a través de un hueco 153 en el primer brazo 151 del sobrebrazo 150, luego a través de la cortadora 80 y finalmente a través del hueco 154 en el segundo brazo 152 del sobrebrazo 150. En esta realización, varias uniones de sobrebrazo se requerirían teniendo cada una huecos con centros

que configuran el descentrado del eje de corte del eje longitudinal del árbol a valores seleccionados. Los huecos en el sobrebrazo 150 pueden ser iguales o de diferente diámetro.

5 Sin embargo, en la realización mostrada en la figura 17, el hueco 153 en el primer brazo 151 se muestra como mayor que aquel en el segundo. Esto tiene el propósito de permitirle al miembro 84 de muñón ser conformado de tal manera que este pueda pasar a través del primer hueco 153 y sentar confortablemente en el segundo agujero 154. Los cojinetes 157a del rodamiento de agujas, colocado en los huecos 153, 154, posibilitan la rotación suave del miembro 84 de muñón y suministran soporte contra las cargas radiales significativas impuestas por la cortadora. Una tapa 158 de extremo se une al extremo de dicho miembro 84 de muñón que captura la cortadora 80, los cojinetes 157b de empuje y la extremidad 152 de la unión 150 de sobrebrazo, contra un hombro 163 del miembro 84.

15 Los arreglos de sobrebrazo de las figuras 15, 16 y 17 sólo son solo factibles con los descentrados grandes de los pasos 1, 2 y 3 (figura 8a). Sin embargo, cuando los pasos 4, 5 y 6, se hacen, el arreglo es como se describió anteriormente con referencia a la figura 11 porque entonces no hay suficiente ancho por encima para disponer el sobrebrazo. El sobrebrazo tiene dos efectos, sin embargo. El primero es que este suministra un mejor soporte para la cortadora 80, que está en voladizo en el arreglo de las figuras 10 a 14, mientras que esta está soportada a cualquier lado con el sobrebrazo. Segundo, al extenderse hacia adelante como lo hace, el sobrebrazo que tiene las almohadillas 162 se pueden llevar contra y ser soportadas sobre el orificio 16a de diámetro menor al frente de la cortadora 80. Ambas de estas características ayudan a cortar de manera precisa y segura, y precisamente cuando es más necesario que se efectúe el paso 1, 2 y 3. Sin embargo, cuando se efectúan los pasos 4, 5 y 6, como ya se mencionó anteriormente, no se retira mucho material y, por lo tanto, el soporte adicional del sobrebrazo no es deseable.

20 Se debe notar que los miembros 84 de muñón de las figuras 15 y 16 son diferentes en otro aspecto; A saber que mientras que el arreglo de la figura 15 es una cabeza 74 escalonada sustancialmente como se muestra en las figuras 10 y 11, en la figura 16 el miembro 84 de muñón como se describió con referencia a las figuras 7a a d. Cualquier arreglo es posible.

25 Mientras que las cortadoras 82 se muestran con una punta 83 en forma de V afilada, es probable que, para mejores resultados, la punta 83 tenga realmente un plano pequeño, de tal manera que se pueda hacer un progreso longitudinal adecuado sin dejar las ranuras circunferenciales en la cara del agujero 14.

30 Finalmente, como se describió anteriormente, la cabeza 74 cortante es indizada entre las diferentes posiciones y fijada durante cada paso a través del cuerpo 12 del estator. Sin embargo, es factible una alternativa, que es suministrar una impulsión que mueva la cabeza 74 de corte a través de las diferentes posiciones ilustradas por los pasos 1 a 6 en la figura 8a en la medida en que la herramienta progresa a través del estator 12. Se podrían hacer varios pasos a través de la herramienta con el fin de eliminar sustancialmente los filos 16d. Como se podría mover la cabeza 74 de corte está al alcance de la persona medianamente versada en la técnica de la elaboración de herramienta.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para maquinar el agujero (14) de un estator (10) de dos lóbulos para una máquina de cavidad progresiva, dicho agujero tiene un perfil deseado a lo largo de un eje (20) longitudinal, del agujero que comprende una diámetro menor ( $R_0$ ) y mayor ( $R_2$ ) y un eje ( $C_1$ ,  $C_2$ ) radial helicoidalmente variante a lo largo de dicho eje longitudinal y que define un paso de hélice, dicho perfil está definido, en cualquier posición axial a lo largo de dicho eje longitudinal, por un barrido de área mediante un círculo de diámetro igual a dicho diámetro menor que es trasladado a lo largo de dicho eje radial por una cantidad de desplazamiento igual a cualquier lado de dicho eje longitudinal, dicho método comprendiendo las etapas de:
- 5 a) suministrar un cuerpo (10) de estator tubular con un agujero (16) cilíndrico centrado sobre dicho eje longitudinal y de diámetro no menor que dicho diámetro ( $R_0$ ) menor, y el primer y segundo dispositivos (100a, b) de maquinado que son cada uno un ajuste deslizante cercano sobre dicho diámetro menor, en donde
- 10 b) el primer dispositivo comprende un cabeza (50) de fresado sobre el extremo de un árbol (40), la cabeza de fresado montando una cortadora rotatoria dispuesta para la rotación alrededor de un eje (120) transversal a dicho eje longitudinal por un mecanismo (42) de impulsión a lo largo del árbol;
- 15 c) el segundo dispositivo comprende una cabeza (74) cortadora sobre el extremo de un árbol (71), la cabeza cortadora comprende un miembro (84) de muñón para montar una cortadora (80) giratoria para rotación alrededor de un eje (124) sustancialmente paralelo a dicho eje longitudinal pero descentrado de este por un grado selectivamente variable entre una separación mínima y máxima del eje de la cortadora giratoria del eje longitudinal;
- 20 d) impulsar el primer dispositivo a través del agujero de tal manera que dicha cortadora rotatoria sigue una senda helicoidal con dicho paso de hélice, en el proceso de fresado de una ranura (30a) a lo largo de dicha senda en el agujero del estator utilizando una cortadora rotatoria de diámetro suficientemente pequeño tal que el torque necesario para impulsar la cortadora permanezca dentro de la capacidad del mecanismo de impulsión;
- 25 e) descentrar angularmente (A, B, C) el eje (120) de rotación de la cortadora rotatoria del primer dispositivo con respecto al eje (120, 130) radial y de nuevo impulsar el primer dispositivo a través del agujero a lo largo de dicha senda helicoidal, fresar una ranura (30b, c, d) helicoidal adicional en el agujero del estator, utilizando también una cortadora rotatoria de diámetro suficientemente pequeño que el torque necesario para impulsar la cortadora permanezca dentro de la capacidad del mecanismo de impulsión;
- 30 f) extender la profundidad de corte de la cortadora (30e, h) rotatoria del primer dispositivo y repetir las etapas d) y e) sin sobre cortar el perfil deseado;
- 35 g) impulsar dicho segundo dispositivo a través del agujero de tal manera que la cortadora (80) rotatoria sigue dicha senda helicoidal con el eje (124) de rotación de dicha cortadora rotatoria intersecando dicho eje (30, 120) radial y los elementos (82) de corte de la cortadora rotatoria que fresa el agujero del estator a un diámetro ( $R_0$ ) igual a dicho diámetro menor, en donde dicha cabeza (74) de corte es trasladada a lo largo de dicho eje (30, 120) radial por dicha cantidad de desplazamiento a lo largo de dicho eje longitudinal.
- 40
2. Un método de maquinado como se reivindicó en la reivindicación 1, en el cual dicho método incluye además la etapa de:
- 45 h) dicha cabeza (74) de corte está ajustada a un desplazamiento (1-6) radial e impulsado a lo largo de dicha senda helicoidal antes de ser indizado a un desplazamiento radial diferente y de nuevo impulsado a lo largo de dicha senda helicoidal, dicho proceso se repite hasta que dicha traslación esta aproximadamente completa, y / o;
- 50 la etapa de
- i) dicha cabeza (74) de corte está dispuesta para ser impulsada a lo largo de dicho eje radial por una impulsión radial mientras que dicho segundo dispositivo está dentro del agujero del estator
- 55
3. Un método de maquinado como se reivindicó en la reivindicación 2, en el cual se emplea la etapa i) y dicho método incluye además las etapas de:
- 60 j) dicha impulsión es operada para impulsar dicha cabeza (74) de corte mediante dicha cantidad de desplazamiento a lo largo de dicho eje (30, 120) radial antes de indizar dicho segundo dispositivo (100b) a lo largo de la senda helicoidal y repetir el proceso hasta que dicha traslación esta aproximadamente completa.
4. Un método de maquinado como se reivindicó en las reivindicaciones 2 y 3, en el cual una combinación de las etapas h y j, se emplea y dicho método incluye además la etapa de:

k) dicha cabeza (74) de corte está continuamente impulsada por dicha cantidad de desplazamiento a lo largo de dicho eje radial mientras que dicho segundo dispositivo (100b) está continuamente impulsado a lo largo de dicha senda helicoidal, y repetir el proceso hasta que dicha traslación aproximadamente se complete.

- 5 5. Un método de maquinado como se reivindicó en cualquier reivindicación precedente;
- en el cual dicha cortadora (80) giratoria tiene elementos (82) de corte que tienen caras de corte en forma de V cuyas puntas están sobre un círculo de diámetro ( $R_0$ ) igual a dicho diámetro menor; y/o
- 10 en el cual dicho agujero (16) cilíndrico del cuerpo del estator antes del maquinado es ligeramente mayor que el diámetro ( $R_1$ ) menor para definir un terreno (16a) helicoidal que persiste a través del método y se emplea para guiar dichos primeros y segundos dispositivos (100a, b); y/o
- 15 en el cual dichos primeros y segundos dispositivos (100a, b) se suministran cada uno con lunetas para llevar contra dicha tierra helicoidal y soportar dichas cabezas.
6. Un dispositivo de corte giratorio que comprende un cabeza (74) de corte sobre el extremo de un árbol (71) que tiene un eje (20b) longitudinal y un diámetro alrededor de este, la cabeza (74) de corte tiene un miembro (84) de muñón sobre el cual está montado una cortadora (80) giratoria para la rotación de la cortadora alrededor de un eje (124) paralelo a dicho eje (20b) longitudinal pero descentrado de este por un grado variable selectivamente entre una separación mínima y máxima del eje de la cortadora giratoria de dicho eje longitudinal, en donde el árbol tiene una superficie de soporte sobre dicho diámetro adecuado para llevar contra el material que es cortado por el dispositivo de la cortadora giratoria y en donde un perfil helicoidal en dicho material es capaz de ser cortado por el dispositivo de la cortadora giratoria, dicho perfil tiene un diámetro menor, la dicha superficie de soporte es adecuada para llevar sobre el diámetro menor para soportar dicha cortadora giratoria, caracterizado porque el diámetro de la senda de corte de la cortadora (80) cuando rota alrededor de su eje (124) es igual al diámetro del árbol (71).
- 20 25
7. Un dispositivo de corte giratorio como se reivindicó en la reivindicación 6, en el cual
- 30 dicha cabeza (74) de corte está montado sobre una cara (78) de extremo de dicho árbol (71), dicha cara es perpendicular a dicho eje longitudinal; y preferentemente
- dicha cara de extremo tiene una ranura (76) y dicha cabeza de cortador tiene un reborde (79) para la recepción en dicha ranura, medios que posibilitan fijar dicha cabeza en dicha ranura en diferentes posiciones de la misma a lo largo de la ranura.
- 35
8. Un dispositivo de cortadora giratoria como se reivindicó en la reivindicación 7, en el cual dicha ranura (76) y reborde (79) tienen cola de paloma.
- 40 9. Un dispositivo de cortadora giratoria como se reivindicó en la reivindicación 6, 7 u 8, en el que dicho miembro (84) de muñón es impulsado por un miembro (90) de impulsión montado para rotación en dicho árbol, un par de uniones (96) universales separadas por un miembro (88) de desplazamiento que posibilita el descentrado del eje de rotación de la cortadora giratoria.
- 45 10. Un dispositivo de cortadora giratoria como se reivindicó en la reivindicación 9, en donde dicha impulsión entre el miembro (90) de impulsión y el miembro (84) de muñón es por vía de un miembro (126, 127) intermedio dispuesto en la cabeza de la cortadora, y preferiblemente en donde:
- 50 dicho miembro intermedio de impulsión es un engranaje (127) que engrana con un engranaje (127) sobre dicho miembro de muñón, o
- dicho miembro intermedio de impulsión es una polea (129) que impulsa una correa (128) enrollada alrededor de la polea (129) sobre dicho miembro de muñón.
- 55 11. Un dispositivo de cortadora giratoria como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el que dicho miembro (84) de muñón es impulsado por un motor (130) montado sobre el extremo del árbol; y preferiblemente en donde el motor es un motor hidráulico que comprende primeros y segundos engranajes (131) que engranan localizados en la cavidad (132) suministrada con fluido hidráulico, uno de dichos engranajes es dicho miembro de muñón.
- 60 12. Un dispositivo de cortadora giratoria como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 6 a 11, en donde la cortadora (80) giratoria está montada en un nicho de una unión (150) de sobrebrazo, unido a dicha cara extremo de dicho árbol, en donde:
- 65 dicho nicho tiene un primer lado (151) y un segundo lado (152) perpendicular a dicho eje de rotación (124) de dicha cortadora, y en donde:

dicha unión (150) es una de varias uniones que suministran diferentes uniones de dicha posición descentrada.

5 13. Un dispositivo de cortadora giratoria como se reivindicó en la reivindicación 12, en el cual la unión del sobrebrazo tiene una superficie de soporte adaptada para llevar contra el material que está siendo cortado en un punto más allá de la cortadora giratoria con respecto a dicho árbol.

14. Un método de maquinar el agujero de un estator lobulado que comprende las etapas de:

10 a) suministrar al estator (10) un agujero (16) que tiene un diámetro ( $R_0$ ) menor;

b) suministrar un dispositivo (100b) de cortadora giratoria cuyo dispositivo comprende una cabeza (74) de corte sobre el extremo de un árbol (71) que tiene un eje (20b) longitudinal y un diámetro alrededor de este, la cabeza (74) de corte tiene un miembro (84) de muñón para montar

15 una cortadora (80) giratoria para rotación de la cortadora alrededor del eje (124) paralelo a dicho eje (20b) longitudinal pero descentrado de este por un grado selectivamente variable entre una separación mínima y máxima del eje de la cortadora giratoria de dicho eje longitudinal, y en donde el árbol tiene una superficie de soporte sobre dicho diámetro;

20 c) pasar el dispositivo (100b) a través del agujero (16) de tal manera que la cortadora (80) giratoria corta el agujero y simultáneamente rotar el estator con respecto al dispositivo de tal manera que el orificio cortado es helicoidal; y

d) soportar el árbol sobre el diámetro menor del agujero durante la etapa c).

25 15. Un método como se reivindicó en la reivindicación 14, en donde;

el árbol tiene sustancialmente el mismo diámetro que el agujero y está en un ajuste deslizante cercano en este; y/o;

el método se repite en una posición de inicio rotacional diferente del dispositivo de la cortadora giratoria con respecto al estator, por medio del cual se corta una pluralidad de lóbulos; y/o

30 el método se repite en diferentes descentrados del cortador giratorio; y/o

se emplea un dispositivo de cortadora giratoria como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 6 a 13.

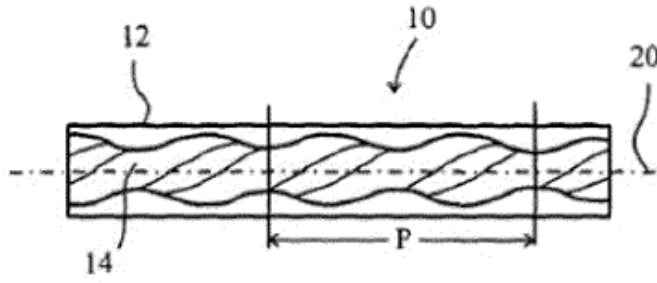


Fig. 1a

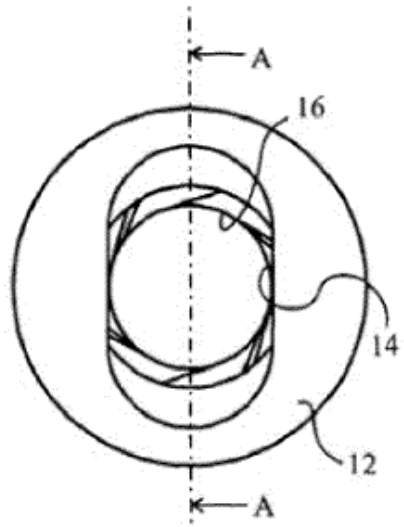


Fig. 1b

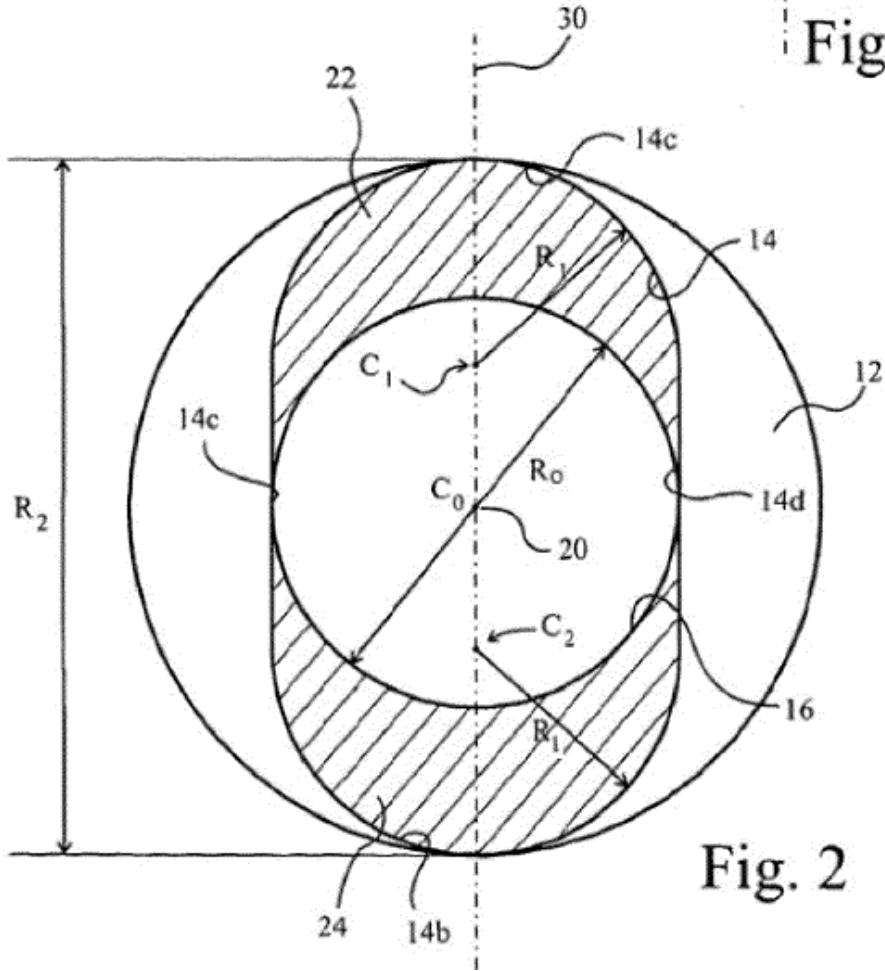


Fig. 2

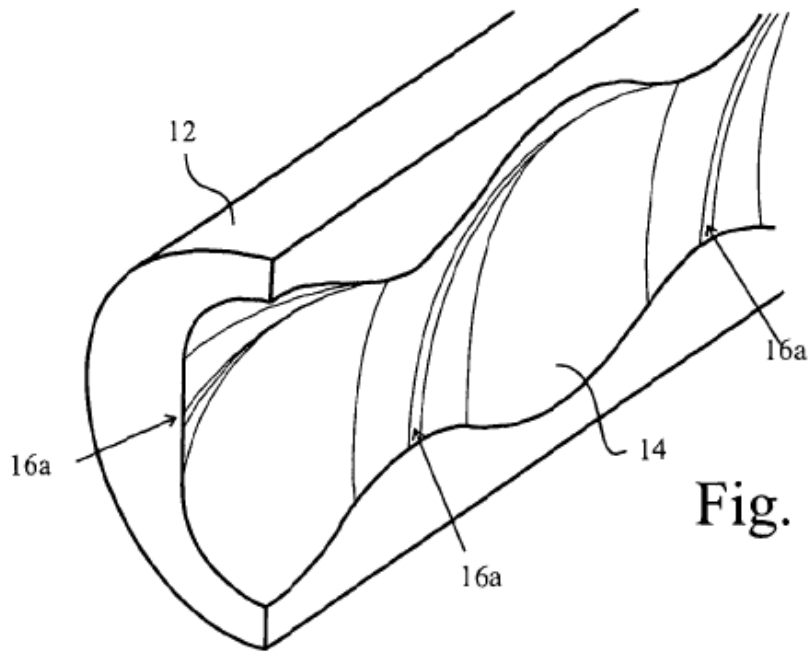


Fig. 3

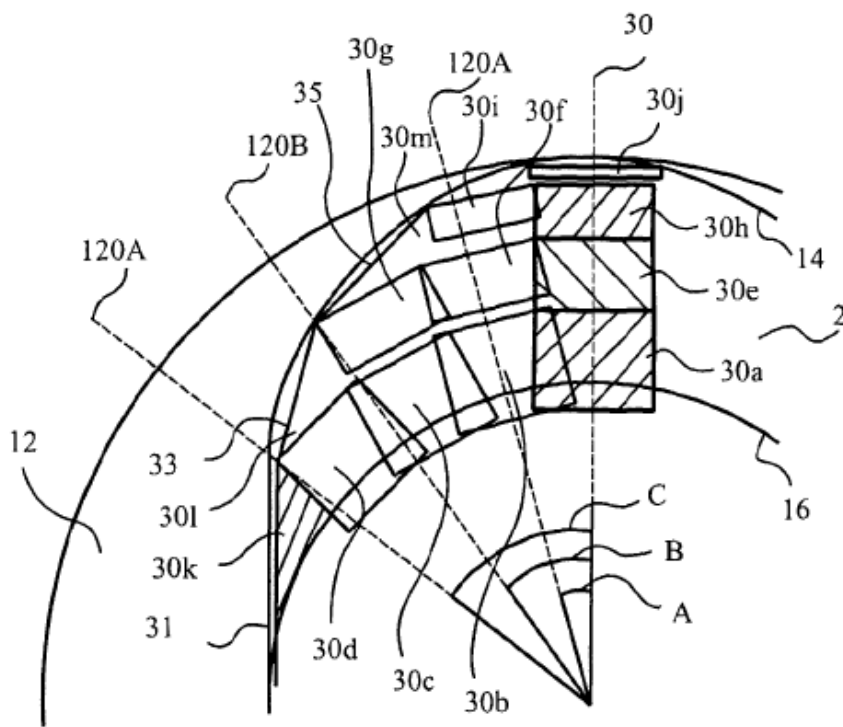


Fig. 4

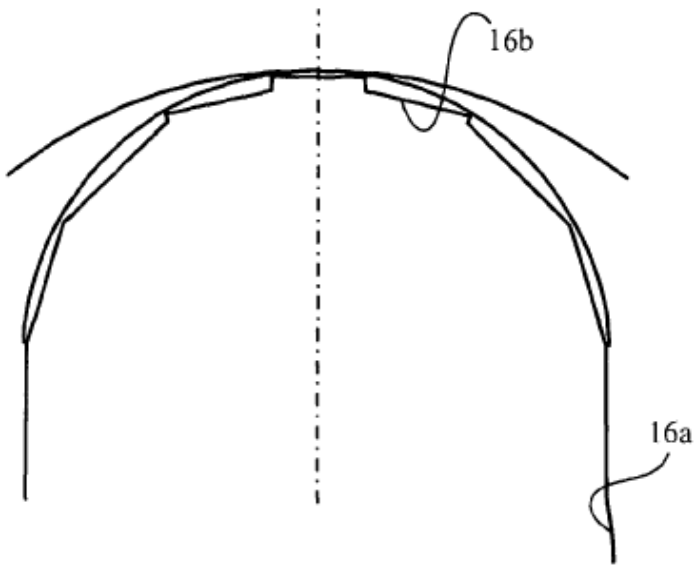


Fig. 5

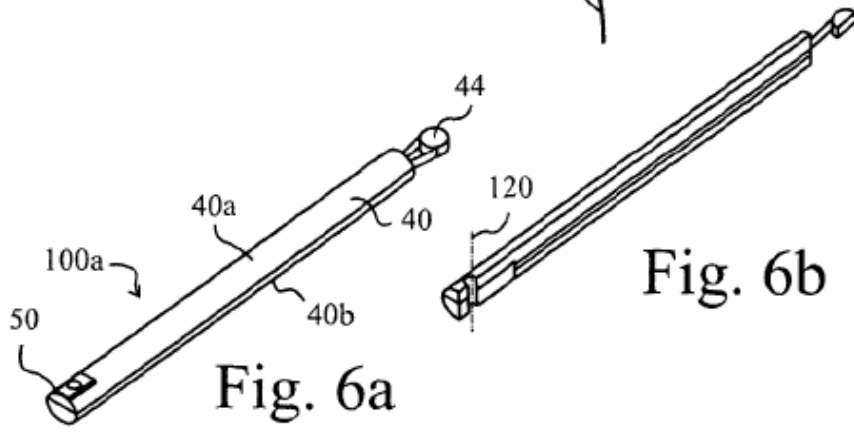


Fig. 6a

Fig. 6b

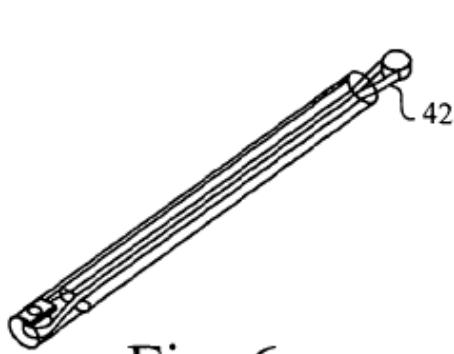


Fig. 6c

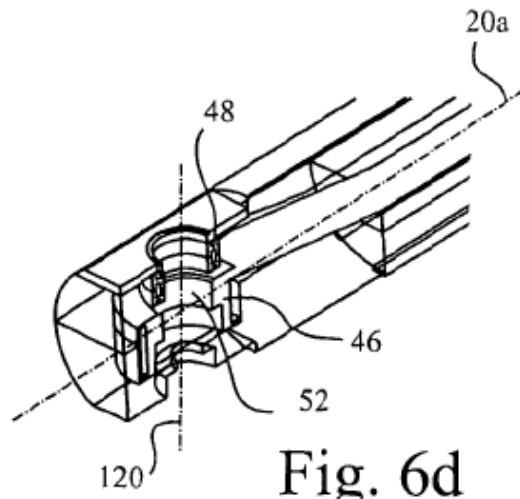
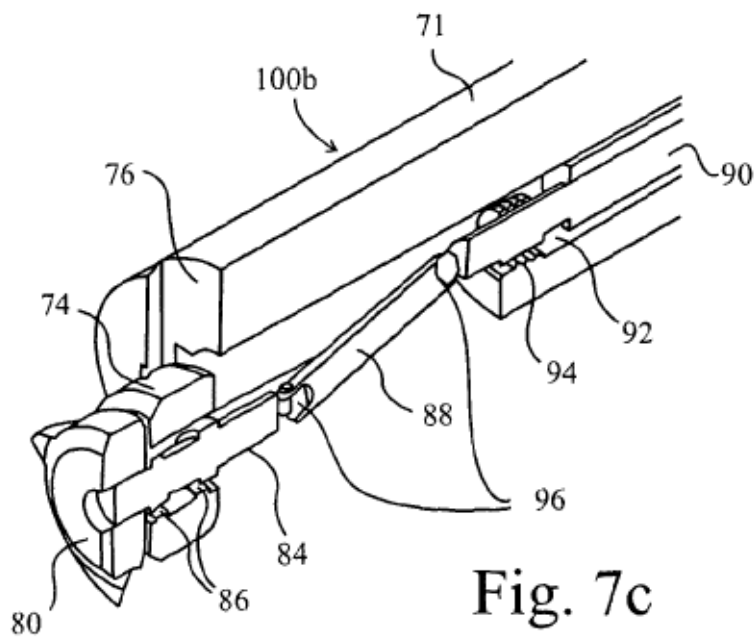
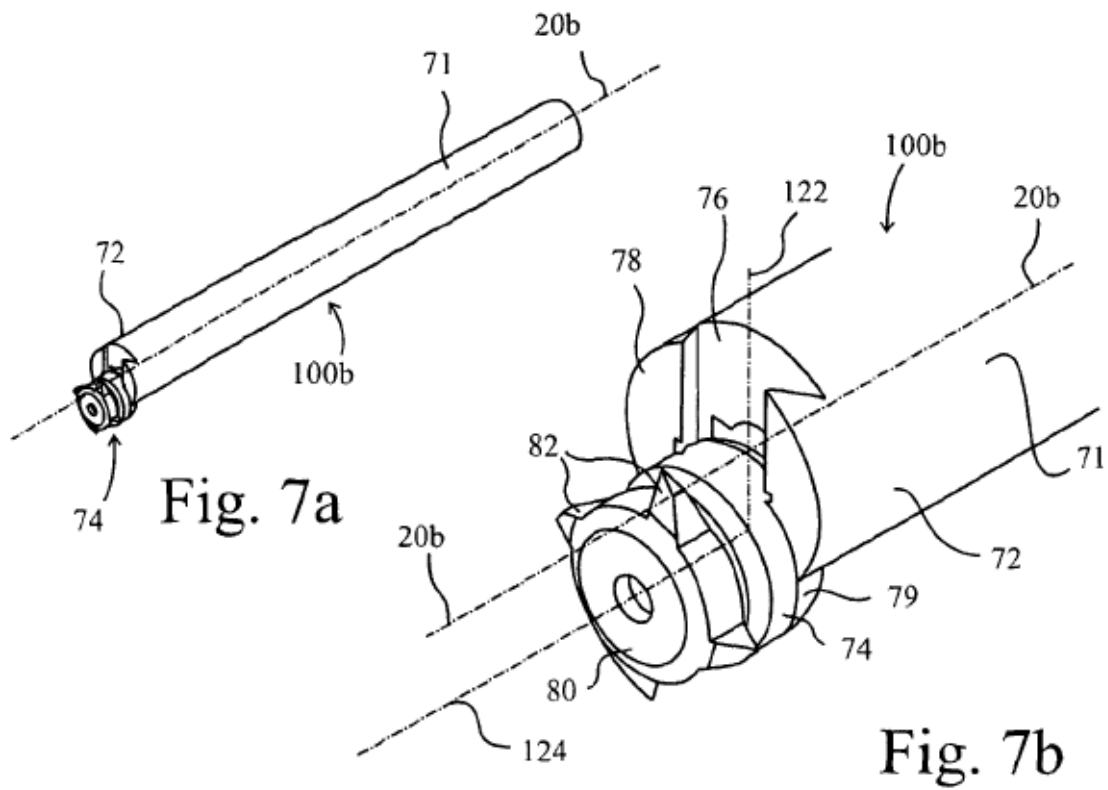


Fig. 6d





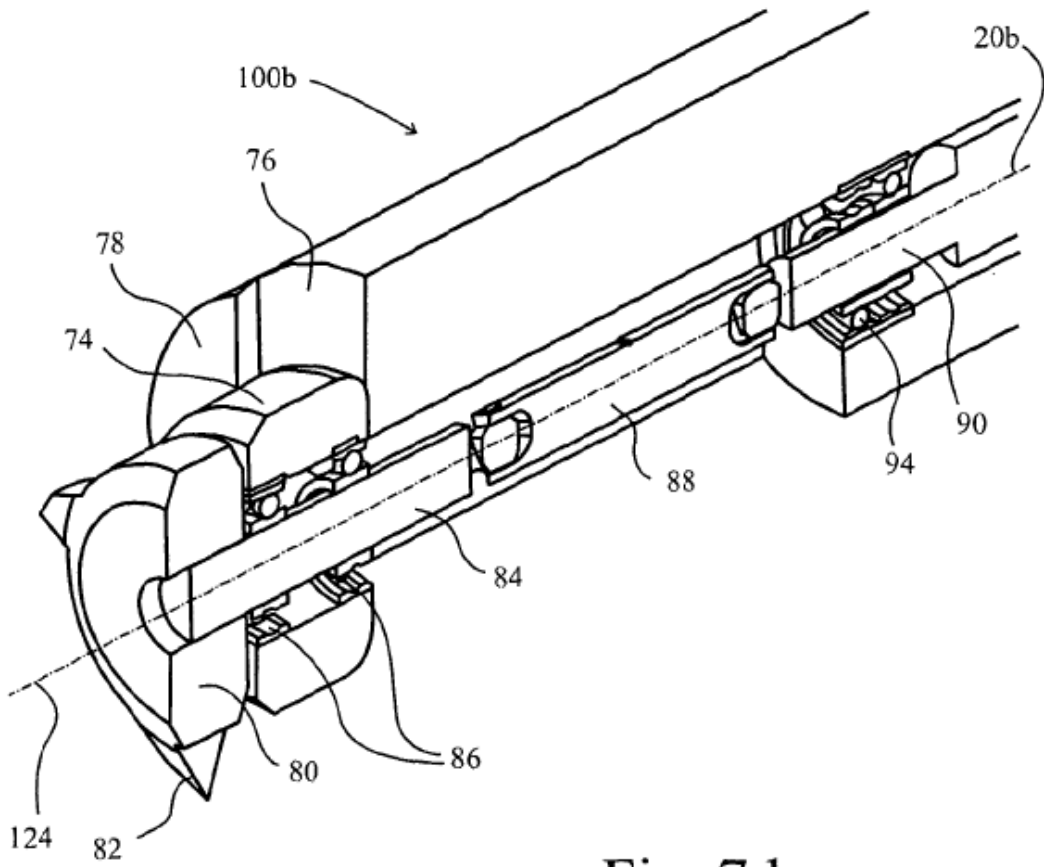


Fig. 7d

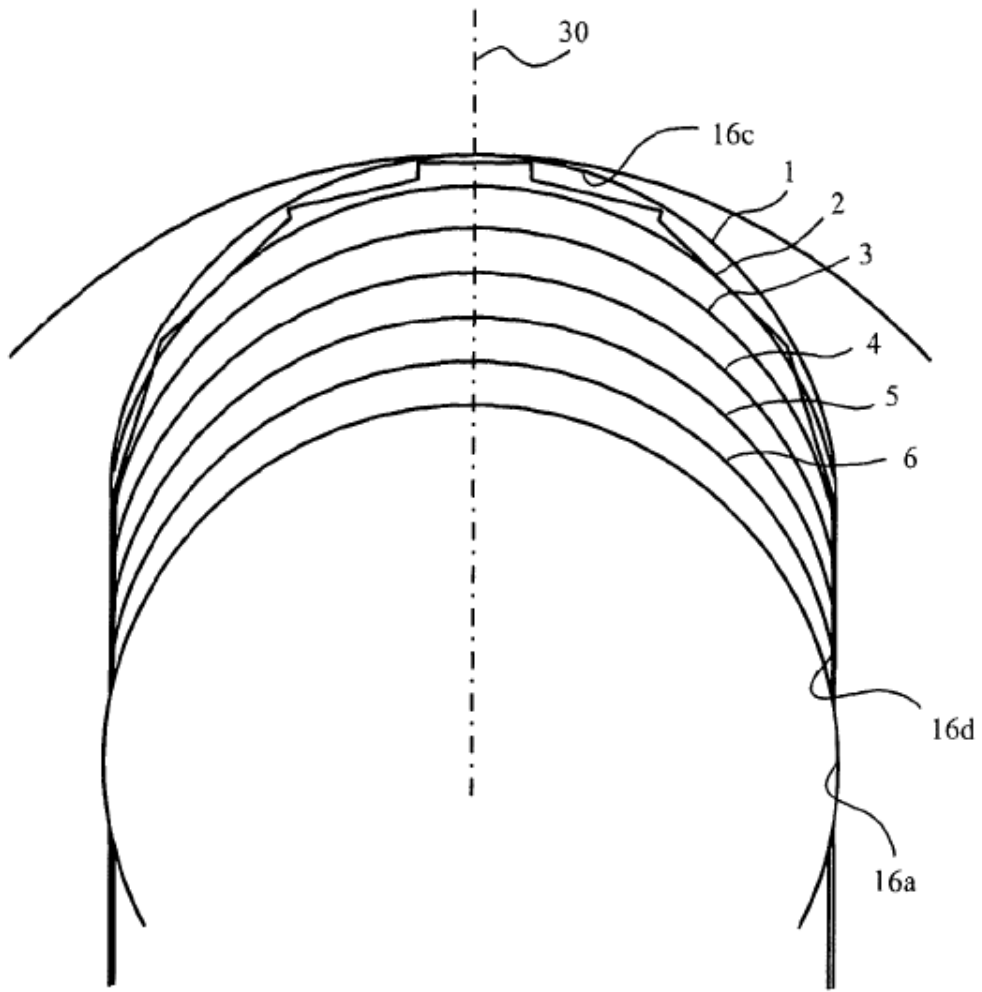
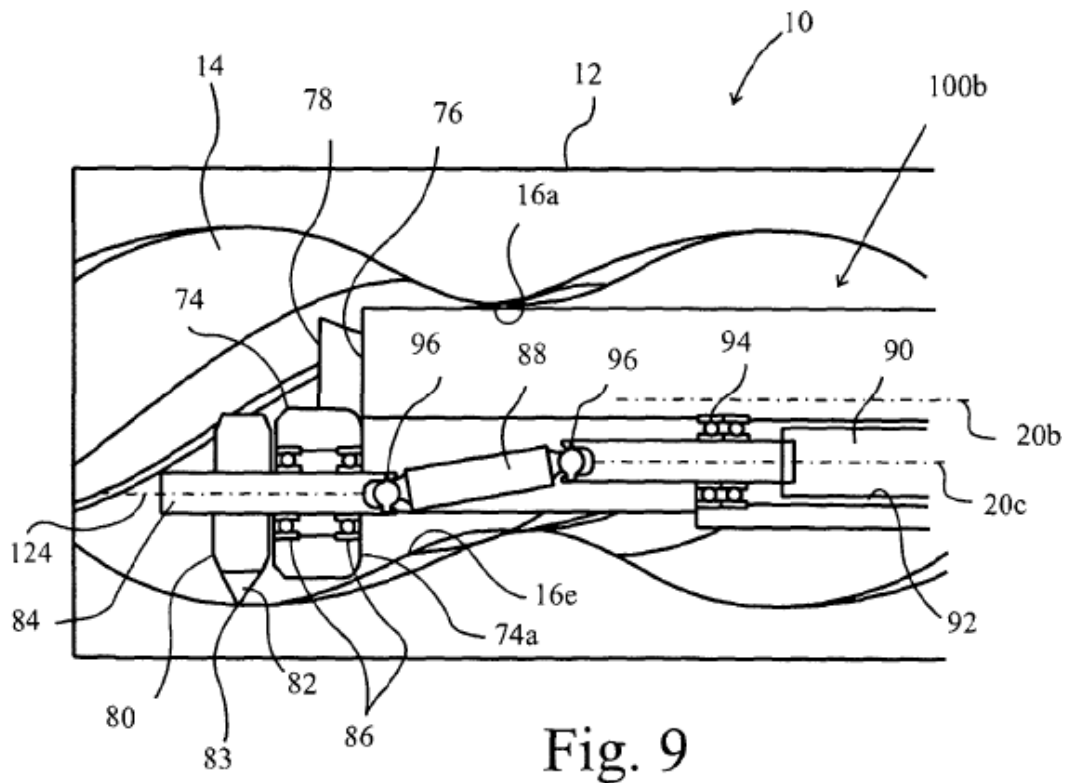
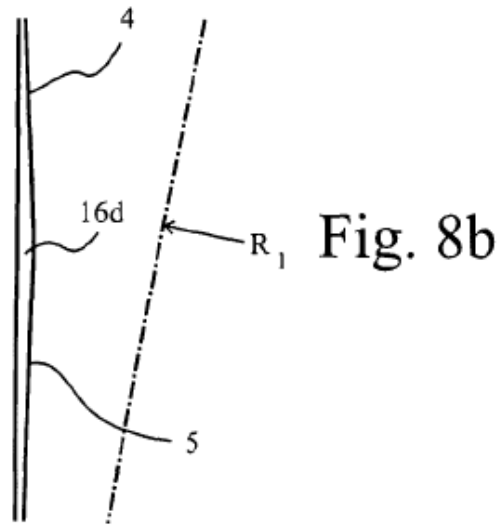


Fig. 8a



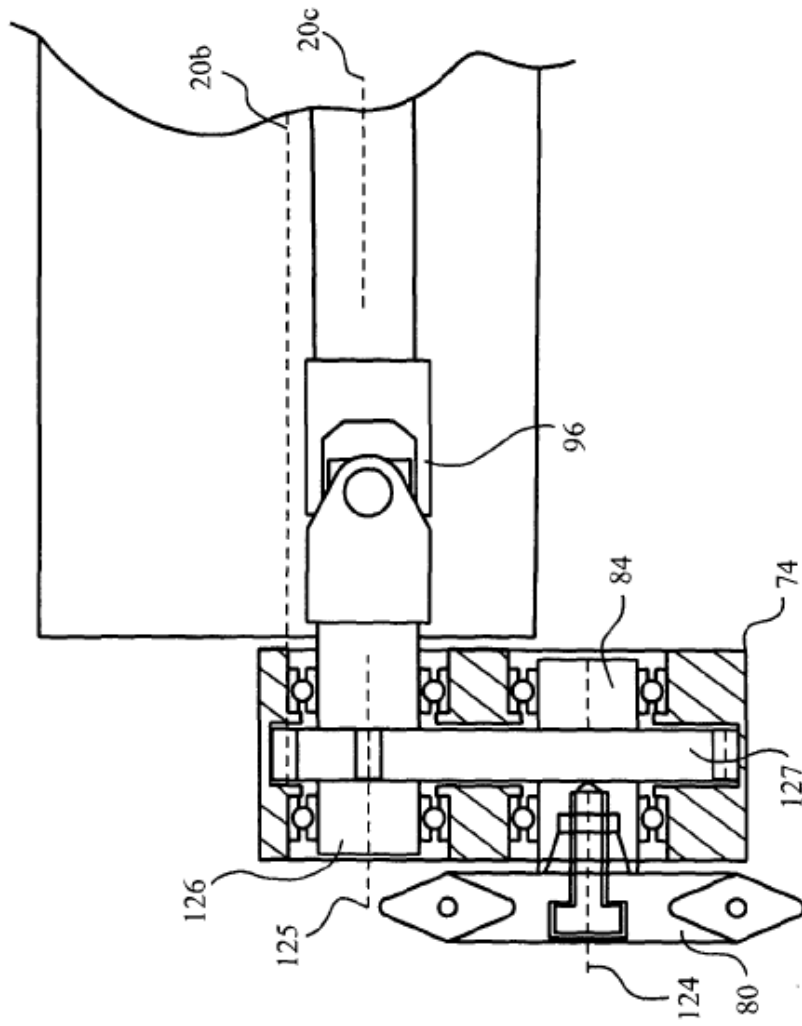


Fig. 10

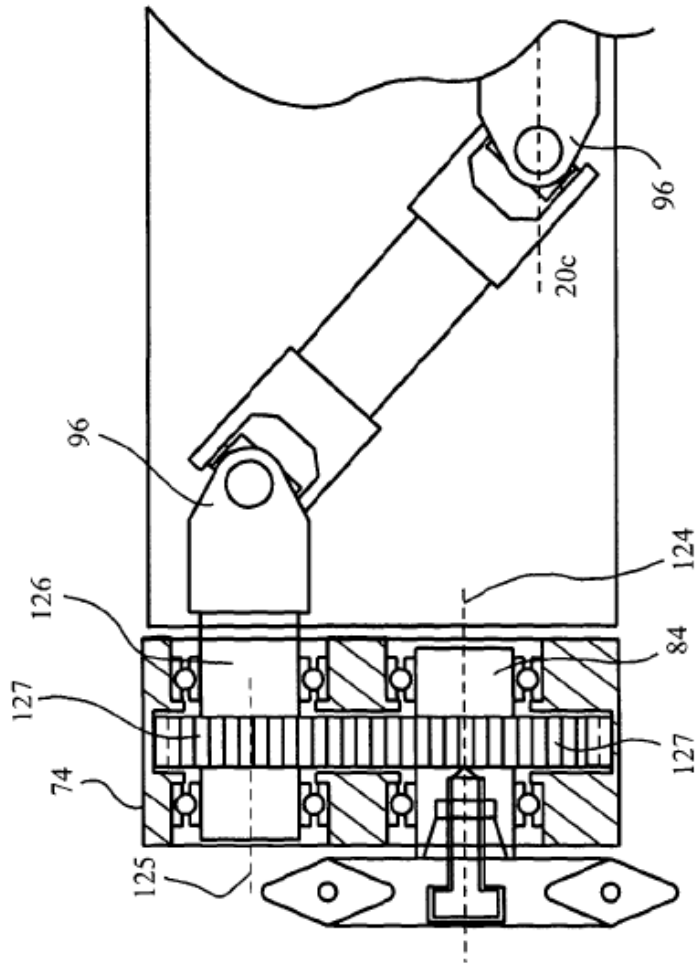


Fig. 11

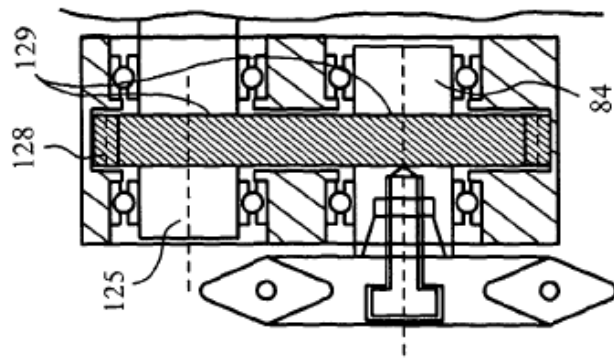


Fig. 12



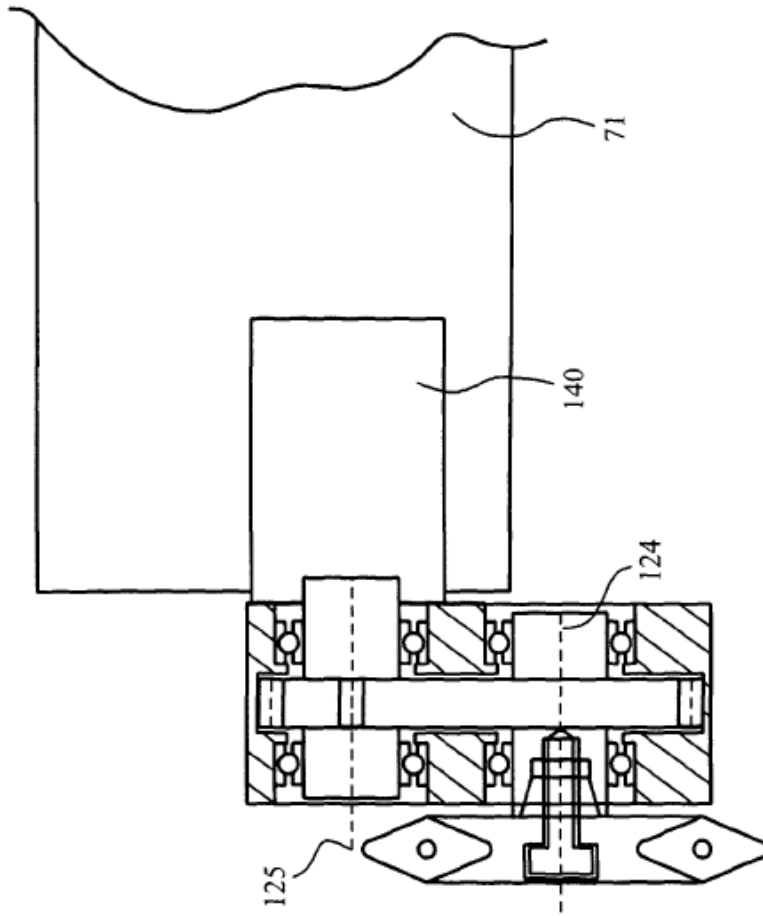


Fig. 14



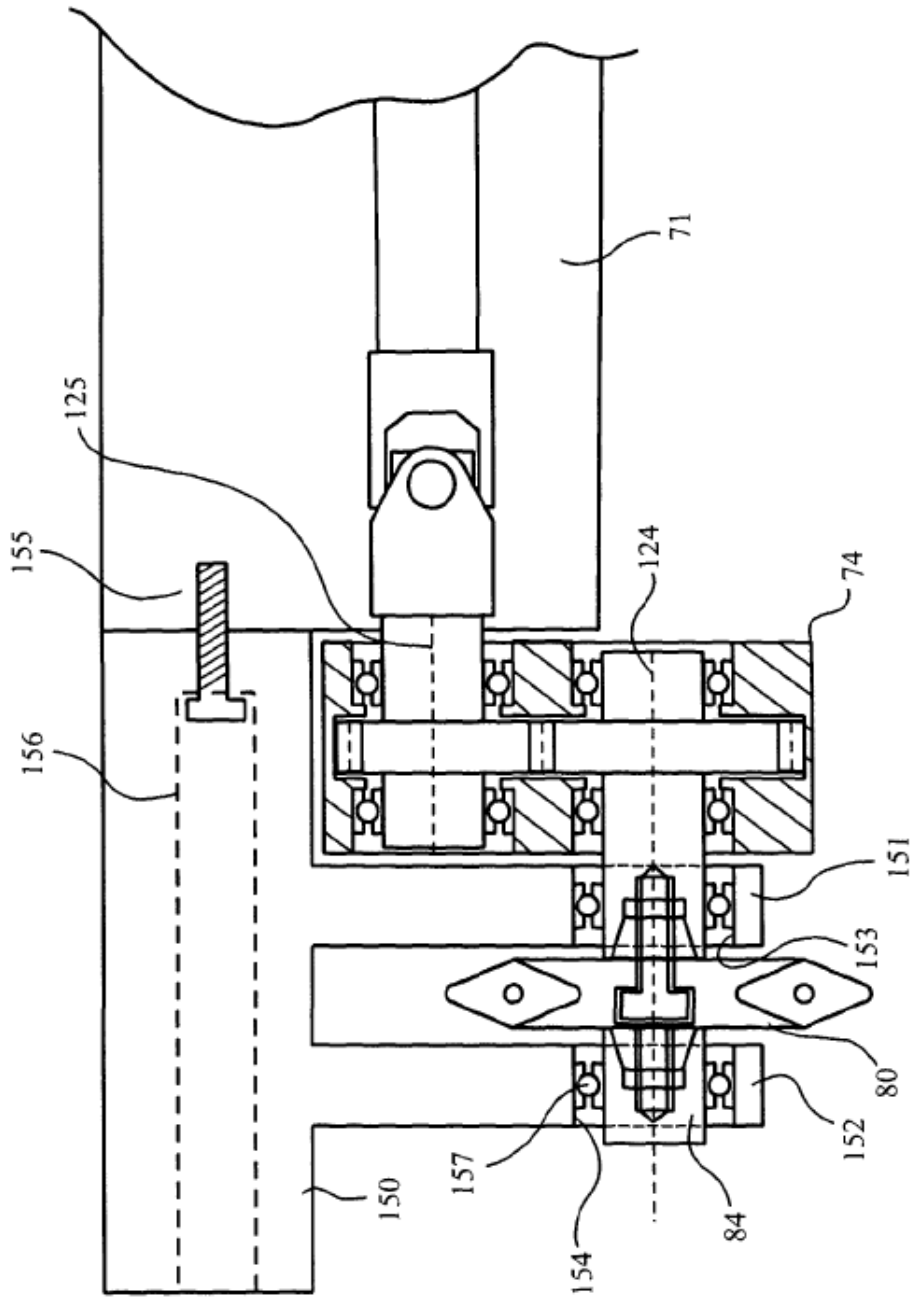


Fig. 15

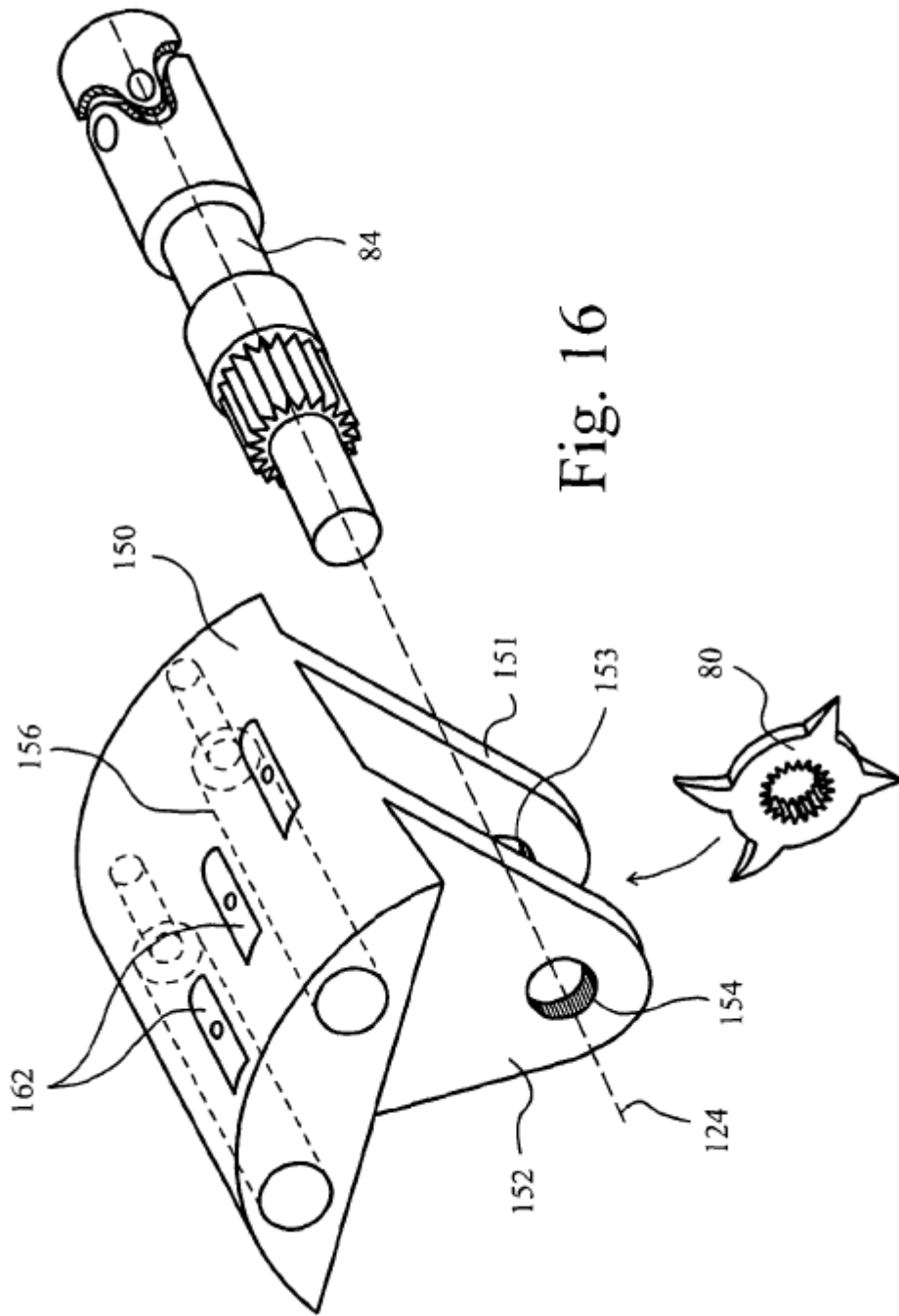


Fig. 16

