

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 633 951**

51 Int. Cl.:

B23C 3/32 (2006.01)

B23Q 5/10 (2006.01)

B23Q 15/10 (2006.01)

B24B 5/40 (2006.01)

E21B 4/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.10.2009 PCT/GB2009/051436**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.05.2010 WO10049724**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2009 E 09753187 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2017 EP 2344294**

54 Título: **Aparato de maquinado con sistema de accionamiento de huso y método de maquinado de un miembro mediante el uso de dicho aparato**

30 Prioridad:

29.10.2008 GB 0819794

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

26.09.2017

73 Titular/es:

**NATIONAL OILWELL VARCO, L.P (100.0%)
10000 Richmond Avenue
Houston, TX 77042, US**

72 Inventor/es:

WILMOT, WESSLEY

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 633 951 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

Aparato de maquinado con sistema de accionamiento de huso y método de maquinado de un miembro mediante el uso de dicho aparato

5

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

10

La presente invención se refiere a un aparato de maquinado de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y a un método para maquinar un miembro de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 11. Dicho aparato de maquinado y dicho método se conocen del documento US-4 955 951 A.

15

Más generalmente la presente invención se dirige a sistemas y métodos para la preparación de materiales, tratamiento de materiales, y eliminación de material, que incluyen, pero no se limitan a, pulido, bruñido, tratamiento de superficies, triturado, fresado y perforación; y, en ciertos aspectos particulares, a sistemas en los cuales se aplica energía a un huso de la herramienta inclinado dentro de una pieza de trabajo a un ángulo a un eje de un brazo del huso.

20

Descripción de la técnica relacionada

La técnica anterior describe una variedad de sistemas de maquinado en ángulo recto de alcance extendido convencionales, algunos de los cuales tienen un alcance limitado (por ejemplo aproximadamente cuarenta pulgadas) y un gran tamaño externo (por ejemplo aproximadamente cinco pulgadas) para ciertas aplicaciones al eliminar material internamente de un miembro. Ciertos sistemas anteriores con un brazo del huso de alcance extendido fabricado a partir de una carcasa y un eje de una única pieza tienen problemas debido a la resonancia y la vibración, y debido a varias desventajas en los métodos para fabricar dichos sistemas.

25

30

Ciertos diseños de la cabeza de maquinado en ángulo recto convencionales son adecuados para una variedad de aplicaciones, pero algunos sistemas con un alcance de más de cuarenta pulgadas funcionan de manera ineficiente. El tamaño del eje de algunos sistemas anteriores resulta en un eje relativamente largo con soportes de cojinete en cada extremo el cual tiene una velocidad baja crítica. El doblado o combado en el sistema del eje puede producir latiguo del eje a velocidades aún menores. Los arreglos del eje de una única pieza pueden tener un área de sección transversal pequeña debido al tamaño de la carcasa y el diámetro de la localización del cojinete, lo cual puede limitar el torque y reducir la rigidez torsional. Equilibrar a menudo un eje de una pieza relativamente largo para la operación a altas revoluciones puede ser poco práctico. Dado que la rigidez torsional es necesaria para evitar la fatiga, y si la vibración cíclica se transmite a una cabeza del huso, las oscilaciones en el huso de ciertos sistemas anteriores reducen la vida útil de la herramienta y la vida útil de la cabeza del huso.

35

40

La fabricación de un eje en una pieza puede crear problemas de producción significativos con la precisión del maquinado (por ejemplo con relación a la concentricidad, circularidad, rectitud, y las caras localizadas paralelas). La expansión termal diferencial de una carcasa y un eje relativamente largo pueden ocasionar cargas excesivas en los cojinetes o contribuir al latiguo durante la operación. Con ciertos ejes relativamente largos, existen dificultades al proporcionar servicios auxiliares a una cabeza de corte en el eje, por ejemplo proporcionar aceite refrigerante/lubricante para una caja de engranaje; proporcionar refrigerante para una herramienta de maquinado; y la eliminación de virutas.

45

La técnica anterior describe una variedad de sistemas para la eliminación de material, por ejemplo, pero sin limitarse a, como se describe y referido en las patentes de Estados Unidos 2,372,913; 3,037,429; 3,568,568; 5,025,548; 5,240,360; 5,664,917; y la patente de Alemania núm. DT 2,120,133.

50

La técnica anterior describe una amplia variedad de motores de fondo de pozo, motores de barro, secciones de energía, bombas de cavidad progresiva de elevación artificiales, bombas de cavidad progresiva industriales, partes de las mismas, y métodos para fabricar estas, que incluyen, pero sin limitarse a, aquellas en las patentes de Estados Unidos 3,084,631; 3,499,830; 3,547,798; 3,553,095; 3,616,343; 3,769,194; 3,896,012; 4,104,009; 4,250,371; 4,376,020; 4,391,547; 4,475,996; 4,772,246; 4,909,337; 5,417,281; 5,611,397; 5,759,019; 6,019,583; 6,183,226; 6,230,823; 6,568,076; 6,644,358; 6,905,319; y en las solicitudes de patentes de Estados Unidos núms. 20050079083 publicada el 14 de abril de 2005; y 20030089621 publicada el 15/05/2003.

55

60

Nuestra solicitud internacional de patente pendiente núm. PCT/GB2008/001278 (que nombra como inventor al inventor de la presente invención) describe un arreglo de accionamiento de largo alcance en el cual hay una carcasa del huso estacionaria que se extiende en el miembro a maquinar y en donde el eje giratorio dentro de la carcasa del huso, y la carcasa en sí, se divide en segmentos entre los cuales están las carcasas de los cojinetes para soportar y mantener concéntrico el eje de accionamiento. Además, en una cabeza de la herramienta, en la cual se transporta una herramienta, hay un medio de soporte mediante el cual se soporta la cabeza de la herramienta contra el miembro, de manera que se proporciona una estructura extremadamente rígida.

65

Sin embargo, un problema con cualquier sistema de largo alcance es que la rigidez de una longitud dada de material es

proporcional al segundo momento polar de área para el material en cuestión. Desafortunadamente, la longitud de los miembros rara vez se reduce lo suficiente en comparación con la sección transversal de manera que la rigidez relativa se mantiene. En consecuencia, en miembros de diámetro más pequeño hay generalmente un mayor problema al tratar de lograr un sistema lo suficientemente rígido.

Por lo tanto, existe una necesidad, reconocida por el presente inventor, de un sistema de largo alcance efectivo y eficiente para la preparación de la superficie de materiales, el tratamiento de superficies o la eliminación de material de dentro de un miembro y, en particular, un sistema y un método para formar un estator para un motor de fondo de pozo y la estructura interna de dicho estator.

La patente de Estados Unidos 4,955,951 describe un aparato de maquinado para maquinar el interior de un miembro montado con respecto al suelo, el sistema comprende: un sistema de huso que puede posicionarse dentro de un agujero cilíndrico del miembro; el sistema de huso que incluye una carcasa y un huso giratorio dispuesto en la carcasa, y un artículo de maquinado conectado a y girado por el huso giratorio; y un sistema de motor adyacente al sistema de huso, el sistema de motor puede posicionarse dentro de los límites de dicho agujero cilíndrico del miembro con el sistema de huso, el sistema de motor para accionar el huso giratorio dentro del miembro para girar el huso giratorio y el artículo de maquinado.

Resumen de la presente invención

La presente invención, en ciertas modalidades, describe un sistema y un método para procesos de maquinado de material que incluyen, pero sin limitarse a, procesos de tratamiento o preparación de materiales y eliminación de material dentro de un miembro; y, en ciertos aspectos, sistemas y métodos con un huso energizado para llevar a cabo procesos de tratamiento o preparación de superficie primarios o procesos de eliminación de material, por ejemplo, pulido, bruñido, triturado, fresado y perforación.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de maquinado de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho aparato de maquinado comprende: un sistema de tubos que tiene un eje longitudinal y que se conecta en un extremo a uno del sistema de motor y del sistema de huso y que se extiende fuera del miembro y que se conecta en su otro extremo a una base, en donde la base se monta en el suelo de manera que la base y el miembro son móviles uno con respecto al otro a lo largo de un eje a través del sistema de tubos y del miembro y en donde el sistema de tubos comprende: el primer y el segundo miembro del tubo se conectan de manera fija y giratoria a dicho uno del sistema de motor y del sistema de huso, y el primero se conecta a dicha base; un sistema de rotación, conectado al segundo miembro del tubo para girar el segundo miembro del tubo con respecto a la base; un inclinómetro, conectado a dicho sistema de motor y sistema de huso para detectar la posición de rotación del artículo con respecto a dicho eje longitudinal; y un control para accionar el sistema de rotación tras la detección de un cambio de dicha posición de rotación para mantener dicha posición.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para maquinar un miembro de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 11, en donde el método comprende posicionar un sistema de maquinado como se definió anteriormente dentro del miembro, y energizar el motor para accionar el huso giratorio de manera que el artículo de maquinado maquina el miembro.

En las modalidades estos sistemas y métodos proporcionan un aparato con un huso y una herramienta para la localización dentro de un miembro con un motor o motores adyacentes o relativamente cercanos al huso, el motor o motores también posicionados dentro del miembro durante la operación del huso. En las modalidades estos sistemas y métodos proporcionan dichas operaciones con un huso motorizado móvil en una trayectoria recta/helicoidal o en una trayectoria contorneada dentro de una pieza de trabajo, por ejemplo un miembro tubular, por ejemplo para formar un estator para un motor de fondo de pozo o para fresar el fondo de pozo de la carcasa o del tubo, y, por ejemplo para fresar una ventana de salida para la perforación lateral. Las modalidades describen sistemas de maquinado para maquinar el interior de un miembro, los sistemas incluyen: un sistema de huso que puede posicionarse dentro de un miembro (por ejemplo, pero sin limitarse a, un tubo a formarse en un estator para un motor de fondo de pozo); el sistema de huso incluye un huso giratorio y un artículo de maquinado conectado a y girado por el huso giratorio; un sistema de motor adyacente al sistema de huso, el sistema de motor puede posicionarse dentro del miembro con el sistema de huso; opcionalmente, un soporte estable y/o un medidor adyacente al artículo de maquinado (por ejemplo una broca de la herramienta de fresado, una cabeza de corte, una barrena, o una cuchilla).

En una modalidad dichos sistemas y métodos usan un aparato en el cual se proporciona energía giratoria a un brazo del huso conectado a un huso de la herramienta el cual se inclina a un ángulo negativo o positivo de la perpendicular o igual a la perpendicular del eje del brazo del huso.

En una modalidad dichos sistemas y métodos se usan para fabricar un estator para un motor de fondo de pozo.

En consecuencia, la presente invención incluye características y ventajas las cuales se consideran que le permiten avanzar la tecnología de tratamiento y eliminación de materiales y la tecnología de bombeo de fluido de perforación. Las ventajas de la presente invención descritas anteriormente y características y beneficios adicionales serán fácilmente

evidentes para los expertos en la técnica tras la consideración de la siguiente descripción detallada de las modalidades preferidas y con referencia a los dibujos acompañantes.

5 Por lo tanto, es un objetivo de al menos ciertas modalidades preferidas de la presente invención proporcionar sistemas y métodos para la preparación de superficies o para eliminar material de dentro de un miembro.

Por lo tanto, es un objetivo de al menos ciertas modalidades preferidas de la presente invención proporcionar sistemas y métodos para eliminar material de dentro de un miembro para formar un estator para un motor de fondo de pozo.

10 Por lo tanto, es un objetivo de al menos ciertas modalidades preferidas de la presente invención proporcionar sistemas con un huso accionado por un motor o motores, el motor o motores que puede posicionarse dentro de un miembro a preparar o formarse por el sistema de huso, el sistema de huso incluye un artículo tal como una herramienta, cabeza o broca para preparar el miembro y/o para eliminar material.

15 La presente invención reconoce y aborda los problemas y necesidades experimentados durante mucho tiempo antes mencionados y proporciona una solución a esos problemas y un cumplimiento satisfactorio de tales necesidades en sus diversas modalidades posibles y equivalentes de las mismas. Un experto en esta técnica podrá apreciar otros propósitos y ventajas a partir de la siguiente descripción de las modalidades preferidas, dadas a los efectos de divulgar, cuando se toman junto con los dibujos acompañantes.

20 Breve descripción de las varias vistas de los dibujos

Una descripción más particular de las modalidades de la invención brevemente resumidas arriba puede obtenerse por referencias a las modalidades mostradas en los dibujos los cuales forman una parte de esta descripción. Estos dibujos 25 ilustran ciertas modalidades preferidas y no deben usarse para limitar de manera incorrecta el alcance de la invención que puede tener otras modalidades igualmente efectivas o equivalentes.

La Figura 1 es una vista esquemática lateral de un aparato de acuerdo con la presente invención.

30 La Figura 2 es una vista esquemática lateral de un aparato de acuerdo con la presente invención.

La Figura 3 es una vista esquemática lateral de un aparato de acuerdo con la presente invención.

35 La Figura 4 es una vista esquemática lateral de un aparato de acuerdo con la presente invención.

La Figura 5 es una vista esquemática lateral de un aparato de acuerdo con la presente invención.

La Figura 6 es una vista esquemática lateral de un aparato de acuerdo con la presente invención.

40 La Figura 7 es una vista esquemática lateral de un aparato de acuerdo con la presente invención.

La Figura 8A es una vista en perspectiva de un estator para un motor de fondo de pozo fabricado con un aparato y un método de acuerdo con la presente invención.

45 La Figura 8B es una vista en corte del estator de la Figura 8A.

La Figura 8C es una vista posterior del estator de la Figura 8A.

50 La Figura 8C es una vista en sección transversal longitudinal del estator de la Figura 8A.

La Figura 9 es una vista en sección transversal de un aparato de acuerdo con la presente invención.

Las Figuras 10A, B y C son sistemas antigiro alternativos.

55 La Figura 11 es un aparato alternativo que no cae bajo el alcance de las reivindicaciones.

Las Figuras A4 a A12 se refieren y se describen en el Apéndice.

Descripción detallada de la invención

60 La Figura 1 muestra un aparato 10 de acuerdo con la presente invención el cual incluye un huso accionado 12 con una broca de la herramienta 11 montada en este para preparar y/o eliminar material de un miembro tubular T dentro del cual se localiza el sistema 10. El tubo T puede tener cualquier sección transversal interna y externa, siempre que la sección transversal interna tenga un perfil constante a lo largo de su longitud. De hecho, en algunas modalidades, el tubo incluso 65 no necesita estar abierto necesariamente en ambos extremos. La broca de la herramienta 11 puede ser, por ejemplo una broca, una cabeza de fresado, una cabeza de corte, una cuchilla, un bruñidor, una pulidora o una barrena y se refiere de

5 aquí en adelante, sin pretender de esta manera ninguna limitación, como una broca de la herramienta). Un motor 17 (por ejemplo, en un aspecto, un motor síncrono; por ejemplo en un aspecto un motor síncrono de 33.4 KW, 11,100 rpm) se acopla a un sistema de engranajes 16 el cual tiene un eje de accionamiento 18 con un engranaje cónico 15. El engranaje cónico 15 se engrana con un engranaje cónico correspondiente 14 en el huso 12 para girar el huso 12 y la broca de la herramienta 11. El huso 12 se monta en un cojinete para la rotación en una carcasa 13.

10 Un soporte o sistema "estable" 9 (y/o un medidor) soporta el sistema 10 dentro del tubo T. Puede usarse cualquier soporte o sistema estable adecuado, que incluye, pero sin limitarse a, el sistema estable como se describe en el documento PCT/GB2008/001278 mencionado anteriormente. Dicho soporte estable 9 o cualquier soporte o medidor descrito o referido en la presente descripción puede usarse con cualquier modalidad de la presente invención. El soporte 9 se muestra en el motor 17. Sin embargo, de igual manera puede estar en la carcasa de la caja de engranaje 16, la carcasa del huso 13 o una extensión (no mostrada) de la misma. Un tubo de extensión 19 se conecta al motor 17 y llega hasta un carro portaherramientas de la máquina 19a (mostrado de manera esquemática) fuera del miembro 10.

15 En un aspecto en particular el tubo T se fabrica de material que puede maquinarse, por ejemplo un material plástico tal como PEEK. Este puede ser metal, por ejemplo acero, tal como para un estator para un motor de cavidad progresiva de fondo de pozo. Por ejemplo, un aparato de acuerdo con la presente invención (o cualquiera descrito en la presente descripción) puede usarse para formar un estator 80 (ver las Figuras 8A-8D) que tiene un cuerpo 82 con un canal interior lobulado 84 que se maquina a partir de un tubo de inicio de perfil circular.

20 El estator 80 para el cual un aparato de acuerdo con la presente invención es particularmente adecuado es aquel que tiene un diámetro interno entre aproximadamente 5 y 20 centímetros. Por encima de 20 centímetros, un sistema como se describe en el documento PCT/GB2008/001278 es adecuado, por razones que se explican más abajo.

25 La Figura 2 muestra un aparato 20, como el aparato 10. Sin embargo, aquí, el motor 17 acciona directamente el huso 12 mediante el eje de accionamiento 18, el engranaje cónico 15 y el engranaje cónico 14 en el huso 12. No hay una caja de engranaje y por consiguiente este sistema emplea un motor de baja velocidad, o la broca de la herramienta 11 es, en esta modalidad, una que opera a mayor velocidad.

30 La Figura 3 ilustra un aparato con motor incorporado 30, en el cual la carcasa 13' se proporciona con los cojinetes 31a,b que montan un eje de la armadura 18' en el cual se monta un rotor 33. Un estator 34 se monta además en la carcasa 13'.

35 Los motores y combinaciones de estator/rotor adecuados están disponibles y son conocidos y un proveedor es Siemens AG (por ejemplo, sus motores 1FE1, ver por ejemplo <http://www.automation.siemens.com/mc/mc-sol/en/f572aaf5-4af6-4948-b42d-756399832445/index.aspx>, aunque existen otros proveedores.

40 La Figura 4 muestra un aparato 40, el cual tiene dos motores 17a,b, cada uno con un correspondiente sistema de engranajes 16a,b, respectivamente. Los engranajes cónicos 15a,b, en los ejes de accionamiento 18a,b, respectivamente, accionan un único engranaje cónico común 14 en el huso 12. Los engranajes cónicos 15a,b, y 14 (cualquiera de los cuales puede ser un engranaje cónico espiral) están dentro de una carcasa 13' de la cual el huso 12 se proyecta.

45 En un aspecto particular, las cajas de engranajes 16a,b son una o ambas una caja de engranaje epicíclica, y proporcionan una reducción de velocidad de los motores 17a,b a los ejes 18a,b. El torque en el huso 12 puede calcularse al multiplicar el torque del motor con la relación de la caja de engranaje.

50 Una característica de los motores síncronos es que tienen un torque constante, al menos hasta una cierta velocidad. Resulta que el rango máximo de potencia del motor ocurre a esa velocidad y a mayores. Por lo tanto, es conveniente operar el motor a una velocidad constante cercana o por encima de su velocidad máxima de torque. En la mayoría de las operaciones de maquinado, no puede haber mucho torque, pero en ocasiones puede haber un torque inadecuado. En cualquier caso, un motor, digamos el motor 17a, se emplea como un motor de velocidad constante y tiene su caja de engranaje 16b dispuesta para accionar el huso 12 a una velocidad de rotación deseada que corresponde con la velocidad máxima del motor 16b.

55 Un codificador del eje 43ab, o, por ejemplo, un dispositivo de efecto Hall 43a y el correspondiente sensor 43b, pueden disponerse para medir la velocidad del motor 16b.

60 El otro motor, el motor 16a puede proporcionarse simplemente para añadir torque y se usa en un modo "torque". Por lo tanto, durante operación normal, el motor 17a puede no energizarse significativamente. Sin embargo, si durante la operación del sistema 40, la velocidad del sistema cae, según se detecte por el codificador 43a,b y se transmita a un mecanismo de control 42, se introduce un modo de mejora de torque por el mecanismo 42. Esto sirve para activar el motor 17a, el cual se acciona después para añadir torque adicional al engranaje cónico 14, hasta un momento en el que la velocidad objetivo deseada del huso 12 se restablece.

65 Sin embargo, en sistemas prácticos, es probable que ambos motores se accionen juntos, cada uno que proporciona aproximadamente 50 % del torque requerido. Preferentemente, el engranaje de la corona 14 tiene un número de dientes impar (asumiendo que los motores 17a,b están directamente opuestos entre sí, separados 180° alrededor del engranaje

14). En este caso, la oportunidad para cualquier holgura se minimiza ya que al menos un engranaje 15a,b está en total acoplamiento con el engranaje de la corona 14 y ambos están en contacto con ellos en todo momento. De hecho, preferentemente, los engranajes 14,15a,b son engranajes cónicos espirales y se desea, en cualquier caso, que el engranaje de los varios engranajes en el sistema sea ajustado de manera que se elimine o al menos se minimice una holgura en el sistema.

La Figura 5 muestra un aparato 50, como el aparato 40, pero sin cajas de engranajes entre los motores 17a,b y los engranajes cónicos 15a,b. En ciertos aspectos esto reduce el torque disponible (en comparación con el sistema 40), pero puede aumentar correspondientemente la posible velocidad de accionamiento del huso 12.

La Figura 6 muestra un aparato 60 en el cual dos motores 17'a,b están en serie y accionan un eje de accionamiento 18 y un engranaje cónico 15 mediante un sistema de engranajes 16. Dicho sistema proporciona la misma ventaja de mantenimiento de la velocidad que el descrito anteriormente con referencia a la Figura 4, pero no de control de holgura. Por ejemplo, el motor 17'a podría disponerse para accionarse a una velocidad constante, posiblemente bajo el control del mecanismo 42. Sin embargo, si dicho mecanismo 42 detecta una reducción en la velocidad del huso 12 a través del sistema del sensor 43a,b, el motor 17'b se activa para añadir torque.

La Figura 7 muestra un aparato 70, como el aparato 60, pero sin un sistema de engranajes.

Como se muestra en la Figura 9, un aparato 90 tiene un motor 17" con un eje de accionamiento 18" (mostrado de manera esquemática) que acciona un huso 12" a través de los engranajes cónicos 14",15". El huso 12", cuando se acciona por el eje 18", acciona una herramienta de fresado 11" para separar el material del interior de un tubo T para formar una ranura 84.

Podrá apreciarse por los expertos en la técnica que, en un sistema tal como el mostrado, existen tres fuerzas de reacción ortogonales ocasionadas por la operación de corte efectuada por la broca 11". La primera es una reacción perpendicularmente lejos de la superficie que se maquina, en la dirección de la flecha X paralela (en este caso, pero no necesariamente así) al eje 100 de rotación del huso 12". La segunda está en una dirección ortogonal a esta en la dirección de la flecha Y paralela al eje 200 del tubo T. La tercera fuerza de reacción está en una dirección ortogonal a ambas en una dirección (no mostrada) en o fuera del plano del dibujo de la Figura 9 (eje Z).

Como se describió anteriormente, existe un cuarto efecto de reacción, el cual es la reacción de rotación potencial de la cuchilla 11" alrededor de su propio eje 100. Cada una de estas fuerzas de reacción debe ser resistida por la estructura del sistema 90 si la cuchilla de fresado 11" fresa un trayecto real y si se minimizan la vibración y el desgaste.

Un soporte estable (o medidor) 9" soporta el sistema en el tubo T y, en un aspecto, puede comprender los arreglos como se describe en el documento PCT/GB2008/001278, cuyos extractos están en el Apéndice, o en nuestra solicitud pendiente presentada en la misma fecha que esta solicitud y con el mismo solicitante e inventor, presentada bajo la referencia P123xxxGB. El medidor 9" sigue la trayectoria del interior del tubo T para facilitar el maquinado de este y para mantener la posición de la broca 11" con respecto al tubo T. El medidor 9" proporciona la resistencia requerida por la primera fuerza de reacción descrita anteriormente, es decir, aquella en la dirección de la flecha X.

La fuerza de reacción en la dirección de la flecha Y se manifiesta de dos maneras. La primera es como un momento de flexión alrededor del eje Z, ortogonal a las direcciones X,Y. Para contrarrestar esto se requieren los cojinetes fuertes y precisos 92a,b del huso 12", una carcasa rígida 13 en la cual se disponen los cojinetes, y el soporte estable 9" que resiste la rotación de la carcasa alrededor del eje Z. La segunda está en la tensión del eje 19 que conecta la carcasa 13" al suelo 91 (o compresión si el sistema se emplea en un modo de empuje en lugar de un modo de tracción).

En una modalidad (ver Figura 9), el motor 17" se conecta a una placa 92 mediante los tornillos 93. La placa 92 se conecta a dos miembros concéntricos del tubo 94,95 mediante los tornillos 96. El otro extremo del miembro del tubo 95 se conecta a una base 97 mediante los tornillos 101, más allá de un extremo abierto 98a del tubo T. La base 97 se fija con relación al suelo 91, como está el tubo T, excepto que el tubo T y/o la base 91 son capaces de ser movidos selectivamente por el usuario uno con relación al otro a lo largo de la dirección Y.

Por lo tanto, para comenzar una operación de maquinado, el sistema 90 se inserta en el tubo T (sin la cuchilla 11" presente) hasta que la carcasa 13" sobresale en el otro extremo 98b del tubo. Después, la cuchilla se inserta en un soporte (no mostrado) en el extremo del huso 12", y se arranca el motor 17". Los cables (no mostrados) se conectan al motor a través del agujero del miembro del tubo 94. Estos transportan la corriente para accionar el motor, y señales hacia y del motor para controlar el motor y proporcionar información sobre el proceso de corte de los sensores (no mostrados) posicionados en el motor y/o la carcasa 13". Por ejemplo, los sensores pueden comprender uno o más de un sensor o sonda de temperatura, un sensor o sonda de vibración, un sensor de velocidad y un sensor de posición, etc. Sin embargo, un sensor se muestra, el inclinómetro 103 unido al frente de la carcasa de la cuchilla 13". El inclinómetro 103 mide la posición de rotación de la carcasa 13" (y por lo tanto la posición de rotación de la cuchilla 11") alrededor del eje Y. Esto se comunica a un sistema de control (no mostrado).

Cuando se energiza el motor 17", se comienza el corte al extraer la carcasa 13" a través del agujero del tubo T, fresando

la ranura 84. Esto se logra al mover la base 97 con relación al suelo 91. La base 97 puede comprender una mesa deslizante, por ejemplo. Por lo tanto, el segundo aspecto de la fuerza de reacción en la dirección de la flecha Y es resistido por la tensión en el miembro del tubo 95 como lo proporciona la separación axial de la base 97 del tubo T. Por supuesto, es conveniente que el miembro del tubo 95 no sea elástico sino relativamente rígido de manera que exista una tendencia reducida a la vibración que se crea en la dirección Y.

La fuerza de reacción en la dirección Z se manifiesta como un momento de torsión alrededor del eje Z. La dirección de giro es una función de la dirección de rotación de la broca de la herramienta 11". Esta fuerza es resistida por la rigidez torsional del miembro del tubo 95, así como por la rigidez torsional del motor 17" y la carcasa 13". Sin embargo, sin importar la dirección en que esté, la rigidez torsional es proporcional al segundo momento polar de área del miembro del tubo 95, el cual es, por supuesto, limitado por el diámetro del tubo T. A medida que el diámetro se reduce, la rigidez potencial se reduce como una función exponencial del diámetro. En consecuencia, la rigidez torsional es un problema particular con tubos de diámetro pequeño.

De hecho, es una razón significativa por la que la presente modalidad propone disponer el motor de accionamiento a lo largo de la longitud del tubo a maquinar. En un aspecto, el giro de un eje accionado es difícilmente más problemático, en términos de la rigidez torsional, que el giro de un eje de montaje como se describe en la presente descripción. Sin embargo, existen dos ventajas de acortar el eje de accionamiento y disponer el motor a lo largo de la longitud del tubo o miembro a procesar, y estas son como sigue. La primera es que el eje accionado, particularmente como se propone en el documento PCT/GB2008/001278, se monta dentro de un tubo de soporte, de manera que ya tiene un diámetro reducido en comparación con el tubo 95 como se muestra en la Figura 9. En cambio, la presente modalidad logra un tubo de soporte 95 que puede estar tan cerca del diámetro del agujero del tubo T como sea posible, de manera que su diámetro se maximiza. En segundo lugar, un aspecto de la presente modalidad propone pretensar torsionalmente el miembro del tubo 95 y ajustar dinámicamente su posición angular para mantener la posición de la cuchilla 11". El pretensado debe ser en la dirección de la fuerza de reacción de manera que para desviar el miembro del tubo alrededor del eje 200 debe aplicarse una fuerza sustancial.

El miembro del tubo interior 94 proporciona el pretensado en la modalidad de la Figura 9. Con referencia a las Figuras 10A a C, se muestran diferentes herramientas para pretensar el miembro del tubo 94. En la Figura 10A, el sistema 110A incluye un servomotor 120 que acciona una correa dentada 122, enrollada alrededor de un engranaje 125 en la brida 99. El servomotor 120 se acciona por el comando (F) del sistema de control (no mostrado) en respuesta a cambios en la posición del inclinómetro 103.

En la Figura 10B, un sistema neumático o hidráulico 110B se muestra, en el cual los cilindros 130a,b se cambian mediante el control 132, también bajo el comando F, para actuar en las palancas 134a,b conectadas a la brida 99.

Finalmente, en la Figura 10C, el sistema de tornillo 110C comprende otro servomotor 120' fijado a la base 97 y que acciona un extremo de un tornillo sinfín 140 cuyo otro extremo está soportado en la carcasa del cojinete 142 también fijada a la base 97. Un brazo de palanca 144 se fija a la brida 99 y, a través de una conexión deslizante y de rotación 146, se conecta además a la tuerca 148 roscada en el tornillo 140. El comando F opera el motor 120' que sirve para girar el miembro del tubo 94 con relación a la base 97.

El sistema de tubos representado en la Figura 9 por los miembros del tubo 94,95 se muestra en la Figura 9 conectado a un único motor (17") sin incluir una caja de engranaje. Sin embargo, podrá apreciarse que cualquiera de los arreglos descritos anteriormente con referencia a las Figuras 1 a 7 puede emplearse con el sistema de tubos pretensado de las Figuras 9 y 11.

Por lo tanto, volviendo a la Figura 9, la torsión del miembro del tubo 94 contrarresta cualquier torsión del miembro del tubo 95, lo que lo pretensa para resistir el giro de la carcasa de la cuchilla en el tubo T sensible a la reacción de la broca 11" alrededor del eje Y.

La Figura 11 ilustra un aparato alternativo que no cae bajo el alcance de las reivindicaciones, donde no se requieren los miembros del tubo gemelos 94,95. De hecho, este sistema funciona igual de bien si el motor se dispone dentro del tubo T o fuera, como con los sistemas descritos en el documento PCT/GB2008/001278. Aquí, el inclinómetro 103 detecta la posición de rotación de la cuchilla 11 y responde a la misma, el comando F del control (no mostrado) activa el mandril 150 que monta el tubo T con relación al suelo (es decir, la bancada de la máquina) 91. Por lo tanto, mientras que la fuerza de reacción alrededor del eje Y puede de hecho girar el eje de montaje 95' con relación a la base 97' localizada en la cama de la máquina 91, la posición de rotación de la pieza de trabajo T se cambia para compensar. Como se mencionó anteriormente, este arreglo funciona incluso cuando el motor es el motor de accionamiento de herramienta 17x montado en la base 97' (como se describe en el documento PCT/GB2008/001278) o cuando el motor 17 está dentro de la pieza de trabajo T como se describe en la presente descripción.

En este documento de patente, la palabra "comprende" se usa en su sentido no limitante para indicar que los artículos que siguen la palabra se incluyen, pero los artículos no mencionados específicamente no se excluyen. Una referencia a un elemento por el artículo indefinido "un" no excluye la posibilidad de que más de uno de los elementos esté presente, a menos que el contexto claramente requiera que haya uno y solamente uno de los elementos.

Apéndice

Extractos de la descripción específica del documento PCT/GB2008/001278 Las modalidades de la invención se describen aún más a continuación con referencia a los dibujos acompañantes, en los cuales:

- 5 La Figura A4 es un esquema de una segunda modalidad del sistema de accionamiento de huso de largo alcance;
- La Figura A5 es una vista lateral seccional del sistema de accionamiento de la Figura 4;
- La Figura A6 es una vista en perspectiva seccional de una carcasa de abrazadera y un ensamble de abrazadera de la Figura 4;
- La Figura A7 es una vista en perspectiva seccional de la carcasa del cojinete y del eje plano de la Figura 4 que conecta dos tubos de extensión y los ejes respectivamente;
- 10 La Figura A8 es una vista lateral seccional de una placa adaptadora, un ensamble estable y una cabeza del huso de la Figura 4;
- La Figura A9 es una vista en sección a lo largo de la línea X-X del ensamble estable de la Figura 8;
- La Figura A10 es un diagrama que ilustra las brocas de la herramienta y el método para maquinarse una ranura en la superficie interna de una pieza de trabajo;
- 15 La Figura A11 es una vista en sección transversal de una pieza de trabajo posterior al maquinado; y
- La Figura A12 es una vista en perspectiva de la carcasa del cojinete de la Figura 7 con trayectorias de los lóbulos ilustrados.

20 A continuación, una referencia a la Figura N (donde N es cualquiera de 4 a 12) es, de hecho, una referencia a la Figura AN. Además, los numerales de referencia en este Apéndice se refieren a los numerales en las Figuras A4 a A12.

La Figura 4 muestra un diagrama esquemático del sistema de accionamiento de huso de largo alcance 100', 500'. El sistema de accionamiento comprende un motor 10, una carcasa de abrazadera 12, los tubos de extensión 14a-c, las carcasas de los cojinetes 16, un aparato estable 18 y una cabeza del huso 20. Los tubos de extensión 14a-c se separan entre sí mediante las carcasas de los cojinetes 16. En la modalidad descrita en la Figura 4, los tubos de extensión 14a-c consisten de un tubo de extensión de motor 14a, un tubo de extensión intermedio 14b y un tubo de extensión de fresado 14c. Los tubos de extensión 14a-c son manguitos de la carcasa que envuelven los ejes de línea 22a-c (ver Figura 5). Parecido a la nomenclatura de los tubos de extensión 14a-c, los ejes consisten del eje del motor 22a, un eje intermedio 22b y un eje de fresado 22c.

Aunque la modalidad descrita en la descripción anterior comprende tres tubos de extensión 14a-c y los ejes 22a-c, el experto en la técnica comprenderá que la presente invención no se limita a este caso, de manera que en modalidades alternativas la invención puede comprender un número n de tubos de extensión y ejes, y para el caso donde $n > 1$, la invención comprende además (n-1) carcasas de los cojinetes 16 que separan los tubos de extensión y los ejes.

35 De la vista seccional del sistema de accionamiento mostrado en la Figura 5, puede observarse que el motor 10 tiene una salida rotatoria 10a la cual tiene una sección transversal constante no circular y se acopla con un soporte en un ensamble de abrazadera 12a dispuesto dentro de la carcasa de abrazadera 12. El ensamble de abrazadera 12a se fija a un extremo proximal del eje del motor 22a y permite la transferencia sustancialmente inelástica y libre de vibraciones del torque de la salida rotatoria 10a al eje del motor 22a.

La Figura 6 da una vista más detallada del ensamble de abrazadera 12a. Preferentemente, se emplea un acoplamiento angularmente flexible 12b que comprende un disco laminar hueco alternativamente sujetado al eje de línea 22a y a la abrazadera 12a. Además, el ensamble de abrazadera 12a puede comprender medios eléctricos y/o mecánicos para monitorear y limitar el torque que se transfiere al eje del motor 22a. Por ejemplo, un limitador de torque (no mostrado) puede incorporarse para evitar una situación de sobrecarga y por lo tanto evitar el daño de los componentes en la línea de transmisión.

Los ejes 22a-c comprenden los tubos cilíndricos huecos y se extienden lejos del ensamble de abrazadera dentro de los agujeros 14d de los tubos de extensión 14a-c. Para el propósito de la rigidez angular, estos tienen un diámetro tan grande como sea posible, lo que les permite que se construyan como tubos de paredes relativamente delgadas. En un extremo distal, con relación al ensamble de abrazadera 12a, el eje del motor 22a comprende un acoplamiento del eje 23 (ver Figura 7) el cual recibe un extremo de un eje plano 102 el cual se dispone dentro de la carcasa del cojinete 16. El eje plano 102 tiene una sección transversal no circular y se acopla con el acoplamiento del eje complementario 23 de manera que se conectan lo que permite que el torque se transfiera del eje de rotación del motor 22a al eje plano 102 sin deslizarse. En la modalidad descrita en la Figura 7, los extremos del eje plano 102 están acanalados donde las acanaladuras se acoplan con las ranuras complementarias en los extremos de los ejes 22a-c. El agujero axial de sección arqueada 23a adelgaza la pared del acoplamiento 23 cerca de las acanaladuras del eje 102. Los agujeros roscados 23b intersecan el agujero axial 23a y permiten que los tornillos sin cabeza (no mostrados) sujeten la pared adelgazada en el eje plano 102, lo que elimina cualquier holgura en la conexión de rotación entre estos, mientras se mantiene la concentricidad. Los agujeros radiales en la pared de los tubos de extensión permiten el acceso de una llave para operar los tornillos sin cabeza.

El eje plano 102 se monta para la rotación dentro de un agujero de la carcasa del cojinete 16 mediante los cojinetes 25. Los retenedores de cojinetes pueden mantener los cojinetes 25 en su lugar. La carcasa del cojinete 16 se sella para evitar que material no deseado entre e interrumpa la operación. Los cojinetes son pequeños, considerando el tamaño de los componentes que soportan. Sin embargo, esto es sorprendentemente necesario por dos razones. Primeramente, las

fuerzas que serán absorbidas por los cojinetes son menores, las cuales comprenden esencialmente solo el peso de los ejes de línea 22 y el eje plano 102. En segundo lugar, los cojinetes grandes requieren grandes precargas para ocupar la inevitable holgura. En consecuencia, los cojinetes pequeños pueden absorber las fuerzas menores generadas y en segundo lugar requieren menos precarga lo que significa que corren relativamente más libres. Sin embargo, aunque los cojinetes son pequeños, esto solo significa en términos de volumen, no de diámetro, que son lo más grande posible para mantener la rigidez angular del sistema. De hecho, los cojinetes no deben tener el diámetro más pequeño de cualquier parte del sistema de accionamiento. Específicamente, deben ser más grandes que los acoplamientos 23 lo cuales en la presente modalidad tienen el diámetro más pequeño y por consiguiente el giro más potencial para un torque dado. Por lo tanto, los cojinetes son preferentemente de al menos 50 mm de diámetro externo con una diferencia de diámetro externo a interno de menos de 10 mm. De hecho, en una modalidad, el diámetro externo es de 65 mm y la diferencia de diámetro externo a interno es de 15 mm. Sin embargo, esto depende del diámetro externo DH de la carcasa del cojinete 16, de manera que la relación R, del diámetro externo del cojinete DB al diámetro externo de la carcasa del cojinete DH es preferentemente entre 30 y 60 %. La carcasa del cojinete en el presente ejemplo tiene un diámetro externo de 150 mm (R = 0.43). Además, la diferencia de diámetro externo a interno del cojinete (DB-DBI) es preferentemente entre 10 y 30 % de DB ((DB-DBI)/DB = 0.23). Preferentemente, el diámetro externo de la carcasa del cojinete DH es entre 50 y 200 mm. Este, por supuesto, es además el diámetro interno del agujero del tubo. La longitud (L) del tubo es preferentemente entre 2 y 5 m, de manera que la relación del diámetro de la herramienta a lograr (DH/L) es entre 1/100 y 1/10, preferentemente entre 1/60 y 1/20.

La carcasa del cojinete 16 comprende además una pluralidad de placas de contacto 24 las cuales se fijan a la superficie exterior de la carcasa del cojinete 16 mediante diversos tornillos 26. Cuando las placas de contacto 24 se unen, las cabezas de los tornillos 26 se sientan en lo profundo dentro de los agujeros de los tornillos 24a de las placas de contacto 24. Los tornillos 26 se disponen radialmente en los agujeros de los tornillos 24a con relación al eje del tubo 1. Esta disposición da al operador del sistema de accionamiento la flexibilidad de reducir el grosor de las placas de contacto 24, mediante triturado por ejemplo, sin interferir con los tornillos 26 y por lo tanto sin afectar la unión segura de las placas de contacto 24 a la carcasa del cojinete 16. Un operador puede desear hacer esto cuando ajusta el sistema de accionamiento para maquinar una pieza de trabajo con un diámetro interno particular. Igualmente, por supuesto, las placas de contacto pueden separarse para aumentar su diámetro.

Las carcasas de los cojinetes 16 se fijan a los tubos de extensión 14a-c mediante los tornillos 30 los cuales son paralelos a los ejes del tubo. El usuario puede tener acceso a los tornillos 30 mediante las porciones hundidas 28 en la carcasa del cojinete 16. Con las placas de contacto 24 atornilladas en su lugar, las porciones hundidas 28 se cubren mediante las placas de contacto 24 que evitan acceso adicional a los tornillos 30.

Las carcasas de los cojinetes 16 pueden comprender además agujeros perforados en cruz que se alinean con pasajes similares en los tubos de extensión 14a-c. Los pasajes perforados en cruz conectados a través de los tubos de extensión 14a-c y las carcasas de los cojinetes 16 pueden usarse para suministrar aire de enfriamiento a la cabeza del huso 20 y para soplar material de desecho de la broca de la herramienta para evitar que el proceso de maquinado vuelva a procesar el material de desecho que disminuiría la vida útil de la broca de la herramienta y aumentaría los requisitos de energía. Además, pueden suministrarse lubricantes a la cabeza del huso 20, para mantener las temperaturas de trabajo a un nivel aceptable y garantizar que se proporciona la lubricación adecuada durante toda su vida útil. Las conexiones eléctricas pueden pasarse a través de la cabeza del huso 20 para conectar los transductores para medir el torque/vibración o el ángulo de giro del ensamble debido al torque de maquinado, o cualquier otro tipo de control eléctrico requerido en la cabeza. En ciertos aspectos, la cabeza del huso 20 tiene una relación de entrada/salida que se adapta a los requisitos óptimos del proceso requeridos para la velocidad y torque del huso.

En la Figura 8, puede observarse que el tubo de extensión de fresado 14c se conecta a una placa adaptadora 32 mediante diversos tornillos 34 (solo un único tornillo 34 es visible en la Figura 8). El usuario puede acceder a los tornillos 34 mediante las porciones hundidas 36 en el tubo de extensión de fresado 14c. Dentro del tubo de extensión de fresado 14c, el eje de fresado 22c se conecta a un eje de entrada de la herramienta 38 mediante otro acoplamiento angular y axialmente flexible (pero radialmente rígido) 22d, como el acoplamiento 12b descrito anteriormente entre el eje del motor 22a y la salida del motor 10a. De hecho, idealmente existe dicho acoplamiento entre cada eje de línea 22 y eje del cojinete 102. El eje de entrada de la herramienta 38 tiene una sección transversal constante no circular (acanalada, por ejemplo) y se acopla en un acoplamiento complementario 23 del eje de fresado 22c de manera que los dos 38, 22c se conectan (sujetados con tornillos sin cabeza y una ranura arqueada (no mostrada), como se describió anteriormente). La placa adaptadora 32 tiene un diámetro interno mayor que el diámetro externo del eje de entrada de la herramienta 38 pero menor que el diámetro externo del tubo de extensión de fresado 14c. La placa adaptadora 32 comprende una primera sección 32a, una segunda sección 32b y una tercera sección 32c. La primera sección 32a tiene un diámetro externo sustancialmente igual al del tubo de extensión de fresado 14c. La segunda sección 32b se extiende desde la primera sección 32a a lo largo de la longitud del eje de entrada de la herramienta 38 y tiene un diámetro externo menor que el de la primera sección 32a. El eje de entrada de la herramienta 38 se monta en un cojinete para la rotación dentro de un agujero de la placa adaptadora 32 mediante dos conjuntos de cojinetes acanalados 40. La placa adaptadora 32 tiene los tornillos 33 los cuales retienen los cojinetes acanalados 40, lo que permite que se precarguen según se desee.

Al ensamblar el sistema, el aparato estable 18 se ranura sobre la segunda sección 32b y se une a la primera sección 32a con los tornillos 42a (solo uno de dichos tornillos 42a es visible en la Figura 8). Un separador (o cuña) 43 separa el aparato

estable de la primera sección 32a y se mantiene firmemente entre estos mediante los tornillos 42a. Una vez que el aparato estable 18 se une a la placa adaptadora 32, la cabeza del huso 20 puede instalarse sobre la tercera sección restante 32c de la segunda sección 32b que sobresale del aparato estable 18. La cabeza del huso 20 se une al aparato estable mediante los tornillos 42b (solo uno de dichos tornillos 42b es visible en la Figura 8). El usuario puede acceder a los tornillos 42a,b a través de las porciones hundidas 44 en la superficie del aparato estable 18. Nótese que la cabeza del huso 20 se fija solo al aparato estable 18 y no se atornilla directamente a la placa adaptadora 32, de manera que si los tornillos 42a no estuviesen presentes, la cabeza del huso 20 y el aparato estable 18 quedarían libres para girar conjuntamente alrededor del eje del tubo 1 con relación a la placa adaptadora 32.

En la modalidad descrita en la Figura 8, la placa adaptadora 32 comprende los pasajes 46a que conectan los pasajes perforados en cruz 46b del tubo de extensión de fresado 14c a los pasajes perforados en cruz 46c de la cabeza del huso 20. Los pasajes 46a-c pueden formarse por perforación, donde los extremos pueden sellarse por los sellos 47 para crear la trayectoria de los pasajes deseada. Esta trayectoria incluye una ranura circular 46d en la cabeza del huso 20 que rodea la tercera sección 32c de la placa adaptadora. Por lo tanto, las perforaciones 46a pueden conectarse con los pasajes 46c, sin importar la orientación rotacional relativa de la cabeza del huso a la placa adaptadora alrededor del eje 1 del eje de entrada de la herramienta 38.

El aparato estable 18 es independiente del sistema de pasajes 46a-c. El aparato estable sirve para empujar una pluralidad de contactos de cojinetes de bolas 48 contra el interior de la pieza de trabajo y empujar la cabeza del huso 20 contra el lado opuesto. Esto garantiza una profundidad consistente de la eliminación de material, aumenta la rigidez, y reduce la vibración de la cabeza del huso 20 y la herramienta. El aparato estable 18 se entiende mejor con referencia a la Figura 9.

En la Figura 9, los cojinetes de bolas 48 se montan en los soportes 50 los cuales se cargan sobre los resortes 52. Los soportes 50' se retienen mediante los tornillos 54 y se les impide el movimiento radial de los soportes 50 y de los cojinetes de bolas 48' mediante los tornillos sin cabeza 51 que aumentan selectivamente el grosor aparente de los soportes 50'. Por otro lado, los cojinetes de bolas restantes 48" son libres para moverse radialmente con sus respectivos soportes 50" en los resortes 52 porque no están los tornillos sin cabeza o se retiraron de los agujeros correspondientes 53 en los soportes 50". Es conveniente que un cojinete de bolas fijo 48' contacte el interior de la pieza de trabajo opuesta a la cabeza de la herramienta para resistir los movimientos de la misma. El arreglo de cojinetes de bolas mostrado en la Figura 9 es tal que las fuerzas perpendiculares al eje del tubo 1 que se eleva de la broca de la herramienta que trabaja en la pieza de trabajo, se resisten rígidamente desde la posición aproximada 10:00 indicada.

Por razones explicadas más abajo, la posición de rotación del aparato estable 18, el cual también se refiere como un medidor, alrededor del eje 1 en la placa adaptadora 32 se dispone para que sea infinitamente variable. Al menos, es en el sentido de que los contactos de cojinetes de bolas 48 pueden disponerse en cualquier (o al menos, muchas diferentes) orientación angular con respecto a la placa adaptadora. Los tornillos 42a, 42b que sujetan el aparato estable 18 a la placa adaptadora 32 se disponen en agujeros en el adaptador dispuesto en cuatro cuadrantes 12:00, 03:00, 06:00 y 09:00. El aparato estable 18 de la Figura 9 tiene siete contactos de cojinetes de bolas igual y angularmente espaciados 48, separados entre sí por 51.4° , lo que significa que existen cinco ángulos diferentes entre cualquier contacto 48 y un cuadrante, específicamente, 0° , $a1 = 51.4^\circ$, $a2 = (90-51.4) = 38.6^\circ$, $a3 = (2a1 - 90) = 12.9^\circ$, y $a4 = (90 - a1 - a3) = 2a3 = a1/2 = 25.7^\circ$. Por lo tanto, si las aberturas 41 en el aparato estable a través de las cuales se reciben los tornillos 42a,b son arqueadas, centradas en el eje y permiten un mínimo de 12.9° de ajuste, todas las posiciones angulares del aparato estable con respecto al adaptador 32 pueden lograrse. De hecho, en el caso general, donde existen m tornillos 42b y x cojinetes de bolas 48, la extensión circunferencial mínima p de las ranuras arqueadas 41 está dada por $p = 360^\circ / (f1(m,x))$, donde $f1(m,x)$ es una función basada en los valores de m y x que devuelve el número de diferentes posibles orientaciones del aparato estable 18 con respecto a la cabeza de la herramienta 20 y su portaherramientas 60.

Igualmente, la extensión circunferencial mínima q de las ranuras arqueadas 41 a través de las cuales n tornillos 42b pasan depende de un número de factores que incluyen la extensión p ya determinada y el número m y n de tornillos 42a,b. Sin embargo, el experto en la técnica puede determinar qué se requiere para lograr cualquier orientación angular de la salida de la broca de la herramienta 60 con respecto a la placa adaptadora 32 y por lo tanto con el manguito extremo 14, y cualquier orientación angular de los cojinetes de bolas 48 con respecto a la salida de la broca de la herramienta 60.

Ambas posibilidades de ajuste existen por las razones explicadas más abajo. Sin embargo, de vuelta a la Figura 8, puede observarse que el eje de entrada de la herramienta 38 termina dentro de la cabeza del huso 20. En el extremo de terminación del eje de entrada 38, un primer engranaje cónico helicoidal 56 se acopla con un segundo engranaje cónico helicoidal complementario 58 en el eje de salida de la herramienta 60. El eje de salida de la herramienta 60 se dispone paralelo a un eje de la herramienta 2 dentro de la cabeza del huso, y es perpendicular con respecto al eje de entrada de la herramienta 38 y al eje del tubo 1. El segundo engranaje cónico 58 se fija al extremo inferior del eje de salida de la herramienta 60 mediante un tornillo 64 y un pasador 66. Juntos, el tornillo 64 y el pasador 66 evitan respectivamente el movimiento axial y de corte no deseado del engranaje cónico 58 con relación al eje de salida de la herramienta 60. El eje de salida de la herramienta 60 se monta en un cojinete para la rotación por dos pares de cojinetes 68a,b dentro de la cabeza del huso 20.

Un extremo inferior 60a del eje de salida de la herramienta 60 se coloca en una abertura 72 de la porción inferior 20a de la cabeza del huso 20. Los dos pares de cojinetes 68a,b se mantienen en su lugar y se precargan por conjuntos de

arandelas y los tornillos asociados 70a,b. Las arandelas 70a,b presionan entre ellas las pistas de rodadura externas de los cojinetes 68a,b contra una brida interna 20c de la cabeza del huso 20. Las pistas de rodadura internas se presionan entre una brida 60c del eje de salida 60, un separador 60d y el engranaje cónico 58. Sin embargo, un separador 58a interviene y determina la posición axial (con relación al eje 2 del eje de salida de la herramienta 60), del engranaje cónico 58. Esto es importante ya que el engranaje 58 se engrana de manera precisa con el engranaje cónico 56. De hecho, por la misma razón, el grosor del separador 43 determina la posición axial (con relación al eje 1 del eje de entrada de la herramienta 38), del engranaje cónico 56. El eje de salida de la herramienta 60 tiene un extremo superior 60b el cual sobresale a través de una porción superior de la cabeza del huso 20. El extremo superior 60b comprende un huso de la herramienta 62 para recibir de manera segura una broca de la herramienta y transferir el torque a esta. La conexión de este es conocida y no necesita mayor explicación.

Un método para trabajar la superficie interna 74 de la pieza de trabajo se entiende de mejor manera con referencia a la Figura 10. La pieza de trabajo (un cilindro de acero hueco, el cual es para formar el estator de una bomba o motor de cavidad progresiva) se inserta sobre la cabeza del huso 20 y los tubos de extensión 14a-c. En una modalidad, los cojinetes de bolas 48 marcan o mellan la superficie interna 74 de la pieza de trabajo a medida que la pieza de trabajo se pasa sobre estos. Para que el ranurado sea beneficioso para futuros pases de la pieza de trabajo sobre los cojinetes de bolas 48, es preferible que la pieza de trabajo gire alrededor del eje del tubo 1 a medida que este se inserta sobre los tubos de extensión 14a-c. Siempre que se realice esto, las ranuras guiarán la pieza de trabajo por encima de los cojinetes de bolas 48 en pases de trabajo subsecuentes explicados más abajo, las ranuras forman las pistas que seguirán repetidamente las bolas 48. Cuando la pieza de trabajo está en su lugar, el eje largo de la pieza de trabajo (el "eje de la pieza de trabajo") es sustancialmente concéntrico con el eje del tubo 1 y la cabeza del huso 20 sobresale del extremo abierto de la pieza de trabajo en el extremo opuesto proximal al motor 10.

Después, una primera broca de la herramienta de fresado corta y ancha I (Figura 10) se inserta en el huso de la herramienta 62 y se fija en su lugar y el motor 10 se enciende. Cuando la broca de la herramienta I gira, la herramienta 100',500 se traslada a lo largo del eje del tubo 1 en una dirección lejos de la pieza de trabajo, y la pieza de trabajo se rota simultáneamente alrededor del eje del tubo 1. La primera herramienta de fresado I tiene un grosor T y un ancho W y tiene una sección transversal rectangular cuando se observa perpendicular al eje de la herramienta 2 (ver también más abajo). A medida que la pieza de trabajo se traslada con respecto a la broca de la herramienta I, la broca I fresa una ranura helicoidal en la superficie interna 74. Después del primer pase, es decir cuando la broca de la herramienta se ha trasladado de manera que una ranura se ha fresado de un extremo de la pieza de trabajo al otro, la broca de la herramienta I se retira, la pieza de trabajo se coloca nuevamente sobre los tubos de extensión 14a-c, y la broca I se reinserta antes de llevar a cabo el segundo pase. Debe señalarse que la broca de la herramienta puede no retirarse necesariamente y reinsertarse después de que la herramienta 100',500 se ha reubicado en la pieza de trabajo. En cambio, la herramienta podría simplemente rastrear de nuevo por la pieza de trabajo si la broca de la herramienta I sigue la trayectoria de la ranura hecha durante la operación de fresado anterior. De hecho, en ese caso, el motor continuará operando para garantizar que la broca de la herramienta no se frene. La pieza de trabajo puede indexarse alrededor del eje 1 una pequeña cantidad para acomodar dos efectos potencialmente deseables. El primero podría ser tal que la broca de la herramienta sigue la trayectoria centralmente a lo largo del corte de la ranura, teniendo en mente que, sin importar cuán torsionalmente rígidos estén los ejes de línea 14, inevitablemente habrá un giro de estos durante el maquinado que necesitará acomodarse en el pase de regreso (donde no habrá un giro correspondiente para mantener la broca centrada). El segundo podría ser para garantizar que un corte se realiza, de hecho, en el pase de regreso. Esto podría ser en solo una pequeña cantidad para garantizar que no exista ninguna fricción de la herramienta contra las superficies previamente fresadas, dado que esto tendrá el efecto de mellar el borde de la broca de la herramienta.

De hecho, en principio, no existe ninguna razón por la que la trayectoria de retorno no pueda realizar un corte completo de una nueva ranura. Sin embargo, si esto se arregla, entonces se necesitará que haya elementos de soporte puestos en su lugar para mantener los ejes de línea 14 rectos y concéntricos con el eje 1. Estos elementos de soporte deberán ser desmontables a medida que el motor 10 avanza axialmente con respecto a la pieza de trabajo. Adyacente a la pieza de trabajo, el elemento de soporte deberá extenderse 360° alrededor del eje 1 para soportar la cabeza de la herramienta en todas las direcciones y asegurar solo un grado de libertad, en la dirección del eje 1. Sin embargo, un arreglo tipo concha con bisagra podría ser un posible arreglo.

Ambas opciones anteriores (retraer la broca de la herramienta a lo largo de su ranura o cortar una nueva ranura en la dirección contraria) solo se sugieren con el propósito del uso eficiente del tiempo y no son esenciales para la presente invención. Lo que es esencial es regresar la herramienta a su posición de inicio de manera que pueda realizar un segundo y adicionales pases a través de la pieza de trabajo.

Durante el segundo pase, la herramienta I fresa una ranura idéntica a la primera pero en una ubicación circunferencial diferente en la superficie 74 de la pieza de trabajo. Los pases posteriores producen el número requerido de ranuras y lóbulos, los cuales, con un soporte de siete bolas 48, serán siete ranuras. Una vez que se han realizado los pases con la broca de la herramienta I, el proceso se repite con la broca de la herramienta II. La broca de la herramienta II es menor en grosor y ancho en comparación con la broca de la herramienta I, pero penetra más allá (es decir, radialmente más lejos del eje 1) en la pieza de trabajo. Repetir el proceso con la broca de la herramienta II hace que la profundidad de las ranuras sea mayor lo que aumenta la altura relativa de los lóbulos 80 entre ellas (ver Figura 11). De manera similar, los pases adicionales con las brocas de la herramienta subsecuentes III a V eliminan material para formar una ranura tipo

5 escalón 75a en la superficie interna 74. El material restante 76 (sombreado en la Figura 10) puede eliminarse con un pase adicional con una broca de la herramienta de forma adecuada para formar el perfil final 78. La ranura de sección circular resultante 78 tiene un diámetro D1 ("mayor"), y está circunscrita por los lóbulos circulares sobresalientes 80 de diámetro D2 ("menor"). De hecho, el perfil de los lóbulos 80 es tal que el círculo del diámetro D2 invade la superficie 74 de la pieza de trabajo de manera que se forma una corona "plana" 77 en cada lóbulo 80. No es plana del todo, por supuesto, pero tiene el perfil del agujero original 74. Solo es plana en el sentido de ser equidistante del centro de rotación, el eje 1.

10 Aunque se puede concebir que un único pase con una broca de la herramienta con forma adecuada crearía las ranuras 78 y los lóbulos 80 deseados, dicho método pondría enormes demandas en la broca de la herramienta y produciría una gran cantidad de virutas grandes, cuya eficiente eliminación puede ser problemática. Aunque la modalidad descrita en la Figura 10 usa las brocas de la herramienta I-V, que tienen secciones transversales rectangulares, el experto en la técnica apreciará que otras modalidades abarcarán el uso de brocas de la herramienta con diferentes secciones transversales para producir el perfil deseado 78,80. De hecho, la broca de la herramienta V puede disponerse también para eliminar la parte sombreada bajo esta, ya que, para tener una broca de la herramienta que sea lo suficientemente ancha como para eliminar los triángulos de material adyacentes a los lóbulos 80, esta tendrá que rotar muy rápido para eliminarlos de manera eficiente, o muy despacio para eliminar la parte central (bajo la broca de la herramienta V).

20 Aunque la Figura 10 muestra las brocas de la herramienta I-V como que tienen una sección rectangular y que dejan los ligamentos continuos 76a entre cada etapa producida por cada broca de la herramienta, ninguno de estos es preferido. En la derecha de la Figura 10, el perfil de las brocas de la herramienta I-V es diferente en dos aspectos de los perfiles en la izquierda. Primeramente, el diámetro W de cada broca de la herramienta es mayor, de manera que estas sobresalen en, y resultan en algunos de, el perfil final 78. El efecto de esto se explica más abajo. En segundo lugar, las esquinas de cada broca de la herramienta no están afiladas sino contorneadas de forma pareja de manera que las esquinas internas del perfil 75b después de que todas las brocas de la herramienta I-V han pasado se curvan de forma pareja. Nuevamente, el efecto de esto se explica más abajo.

30 Además, aunque las brocas de la herramienta I a V se describen como que son radialmente transversales en el portaherramientas 60, y que rotan alrededor del eje radialmente transversal 2, existe un caso para inclinar la broca de la herramienta hacia atrás. El efecto de dicha inclinación es retirar el punto de movimiento cero (el centro de rotación de cada broca de la herramienta), de hacer contacto con la pieza de trabajo. En consecuencia, aunque el portaherramientas 60 se muestra radial con respecto al eje común 1 de la cabeza de la herramienta, este podría estar inclinado quizás con alguna ventaja.

35 De hecho, por supuesto, debe señalarse que el motor es de velocidad variable de manera que la herramienta gira a una velocidad adecuada para la tarea en cuestión. Debe señalarse, en cualquier caso, que el engranaje 56/58 reduce la velocidad. Esto tiene diversos efectos. El primero es que reduce la carga de torque en el tren de accionamiento hasta el eje de salida de la herramienta, de manera que se reduce la carga en los cojinetes 25. Como un resultado del torque reducido, hay menos giro de manera que el eje de línea parece más rígido y como de vibración torsional reducida lo que mejora vida útil de la herramienta. Esto significa además que el diámetro del engranaje cónico 56 es pequeño, lo que significa que el engranaje 58 puede estar más cerca del eje 1 y es menos probable que sobresalga en la sección sólida de la pieza de trabajo.

45 La Figura 11 muestra una sección transversal ilustrativa de una pieza de trabajo 300 mirando hacia abajo del eje de la pieza de trabajo 1. Las ranuras 78 y los lóbulos 80 son claramente visibles. De hecho, la pieza de trabajo puede destinarse para formar el estator de un motor de barro u otra máquina de cavidad progresiva y puede en una última instancia recubrirse con una capa 302 de material elastomérico que amortigua y sella el contacto entre un rotor (no mostrado) y el estator 300. En el recuadro del dibujo se muestra una parte ampliada de un lóbulo 80. La capa 302 puede fijarse mediante cualquier medio conveniente pero los procedimientos actuales implican la deposición de una capa de imprimación seguida por una capa de adhesivo antes de la aplicación del elastómero. Se conoce que las esquinas externas afiladas de objetos sólidos oscurecen los líquidos aplicados al objeto lejos de la esquina, de manera que, en el caso de los adhesivos, puede haber un adhesivo insuficiente para efectuar una unión fuerte en dichos bordes afilados. Se conoce además que las marcas agudas hacen que los líquidos se acumulen en las marcas. En el caso de los adhesivos, esto puede tener el efecto de evitar el curado adecuado o aumentar la profundidad del adhesivo, cualquiera de los dos puede resultar en una unión no efectiva. Por otro lado, también se conoce que mientras mayor sea el área superficial, y mientras más áspera sea el área superficial, mejor será la fuerza de la unión.

60 Por lo tanto, es por estas razones que se prefiere el perfil curvo 75b. Además, mientras la esquina inferior 308 de cada broca de la herramienta I-V se curva de manera pareja, (con lo que se evita la acumulación de adhesivo), esta también penetra en el perfil "final" 78. Esto significa que en ningún momento los ligamentos 76a unen los triángulos adyacentes 76b. Por lo tanto, se evita la formación de virutas grandes cuando la broca de la herramienta final elimina los triángulos 76b. El perfil final actual puede dejar también picos curvos 310 entre las esquinas 308 los cuales, nuevamente, no están lo suficientemente afilados como para ocasionar la pérdida de adhesivo. Sin embargo, son lo suficientemente significativas que, con las esquinas 308, hay un incremento en el área superficial del tubo para unirse a la capa del elastómero 302. Por lo tanto, la presente invención no solo proporciona un método efectivo para formar los canales helicoidales 78 de un estator, sino que puede mejorar además la fuerza de unión de la capa elastomérica cuando se adhiere a esta. De hecho, los picos 310 y las esquinas 308 definen ondulaciones en los costados de los lóbulos 80

El recuadro de la Figura 11 muestra además una abolladura 304 en su corona 77 ocasionada por el movimiento repetido de las bolas 48 cuando la herramienta se retira y se mueve hacia adelante a través del estator 300. Esta abolladura es importante en el proceso de maquinado descrito anteriormente.

5 Cuando la herramienta se inserta por primera vez en el agujero, se realizan al menos uno, y posiblemente muchos más, pases de prueba de la herramienta de manera que las bolas 48 realizan trayectorias abolladas 304 en el agujero. Estas abolladuras no solo penetran la superficie 77 sino que además extienden un borde 304a en cada lado. Las dimensiones precisas de las abolladuras y los bordes pueden determinarse con cálculos simples si se conoce la dureza de los materiales de las bolas 28 y el tubo 300, así como las fuerzas ejercidas por los resortes 52. Sin embargo, de manera más importante, las abolladuras y los bordes resisten el giro de la herramienta mientras corta el perfil 78. La reacción de la broca de la herramienta es circunferencial con respecto al eje 1 y por lo tanto las bolas deben subir por los bordes 304a comprimiendo los resortes 52. Las fuerzas requeridas para realizar cualquier movimiento hacia arriba de los bordes es, por supuesto, sustancial, de manera que este efecto hace que la rigidez torsional de la herramienta aumente significativamente.

15 Incidentalmente, debido a que la abolladura 304 tiene el radio de las bolas 48 esta no ocasiona la acumulación del adhesivo cuando este último se aplica. Tampoco los bordes 304a están afilados para ocasionar pérdidas. En consecuencia, estas características contribuyen a una fuerte adhesión de la capa elastomérica al agujero del estator 300.

20 De regreso a la Figura 8, la cabeza del huso 20, el aparato estable 18 y la placa adaptadora 32 son todos giratorios alrededor del eje 1 uno con respecto al otro. Esta libertad de rotación es tal que todas las combinaciones de las configuraciones son posibles con respecto a la orientación de la cabeza del huso 20 y los cojinetes de bolas 48 del aparato estable 20. Esto es importante al establecer el amortiguamiento y la sujeción más eficiente de la pieza de trabajo. La orientación de los cojinetes de bolas 48 con respecto a la configuración de la herramienta es también importante ya que se desea que los cojinetes de bolas 48 contacten y se muevan a lo largo de los lóbulos 80 creados cuando se maquina la superficie interna 74 de la pieza de trabajo.

30 Igualmente, la capacidad de ajuste de la placa adaptadora 32, el aparato estable 18 y la cabeza del huso 20 con relación a las carcasas de los cojinetes 16 permite que los lóbulos 80 contacten las placas de contacto 24 lo que proporciona soporte a la pieza de trabajo. Se prefiere que cada placa de contacto 24 esté en contacto con al menos dos lóbulos 80 en cualquier momento durante el maquinado. La Figura 12 muestra las trayectorias 72 de los lóbulos 80 que pasan sobre las placas de contacto 24 de la carcasa del cojinete 16 a medida que la pieza de trabajo se traslada a lo largo del eje del tubo 1 y se gira de manera simultánea alrededor del eje del tubo 1.

35 En la operación de la herramienta, podría ser conveniente que la broca de la herramienta se oriente a cualquier ángulo con respecto a la pieza de trabajo, sin tener que molestar la abrazadera 12, 12'a. Por lo tanto, puede ser que presionar la broca de la herramienta a un lado, o verticalmente hacia arriba, quite las virutas con mayor eficiencia. En segundo lugar, es conveniente que el número de ranuras, su ángulo de paso y su paso helicoidal puedan seleccionarse de acuerdo con los requerimientos del aparato final, ya sea este una bomba o un motor de cavidad progresiva u otro aparato. Por lo tanto el número de ranuras determina el número de lóbulos entre estas, y por lo tanto el número de elementos medidores 48. Dado que inevitablemente existe una separación axial entre la herramienta y el aparato estable 18, la posición angular del aparato estable debe estar estrechamente correlacionada con el ángulo de paso y el paso helicoidal de las ranuras helicoidales, los que por supuesto se determinan mediante el número de ranuras (al menos en el caso del ángulo de paso) y la velocidad relativa de rotación del tubo alrededor de la herramienta y la velocidad de extracción de la herramienta a través del tubo.

50 Las modalidades alternativas pueden tener graduaciones en cualquiera o en todos de la cabeza del huso 20, el aparato estable 18 y la placa adaptadora 32 para ayudar al usuario a establecer la configuración deseada de los mismos con relación al ángulo de paso P de las ranuras helicoidales 78 y su paso helicoidal L, que es la longitud de una rotación completa simple de una ranura dada 78.

Ciertas modalidades de la presente invención proporcionan uno, algunos, o todos de los siguientes:

- a. Ejes de línea rígidamente sostenidos soportados en intervalos;
- b. Carcasas de los cojinetes que proporcionan soporte para mantener los ejes de línea rectos;
- 55 c. Velocidad rotacional incrementada debido a a. y b. anteriores.;
- d. Segundo momento polar de área del eje incrementado en comparación con un eje sólido de diámetro pequeño;
- e. Transmisión de torque incrementada;
- f. Rigidez del eje incrementada;
- 60 g. Energía incrementada;
- h. Momento de inercia de masa reducida;
- i. Acomodación de flexión y desalineamientos (lateral/axial/angular);
- j. Expansiones termales diferenciales se acomodan (por los ejes de línea);
- k. Los servicios pueden conectarse a través de los pasajes perforados en cruz;
- 65 l. La facilidad de fabricación de secciones cortas para ajustar las tolerancias es posible lo que asegura un buen ajuste en una pieza de trabajo y aumenta la rigidez y disminuye la vibración durante el maquinado (lo que aumenta la vida útil de la herramienta);

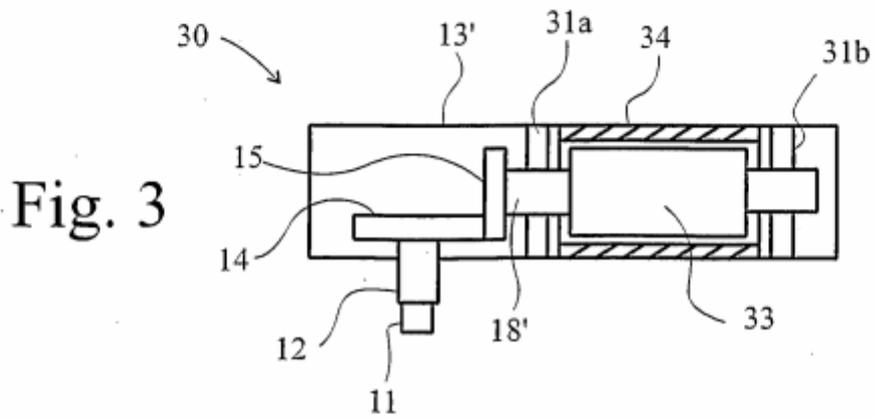
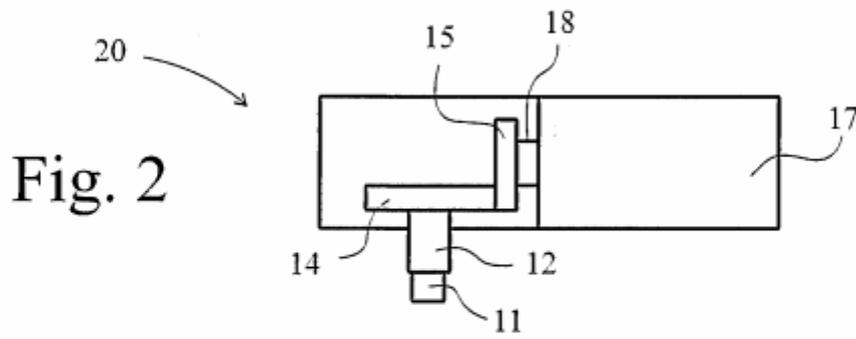
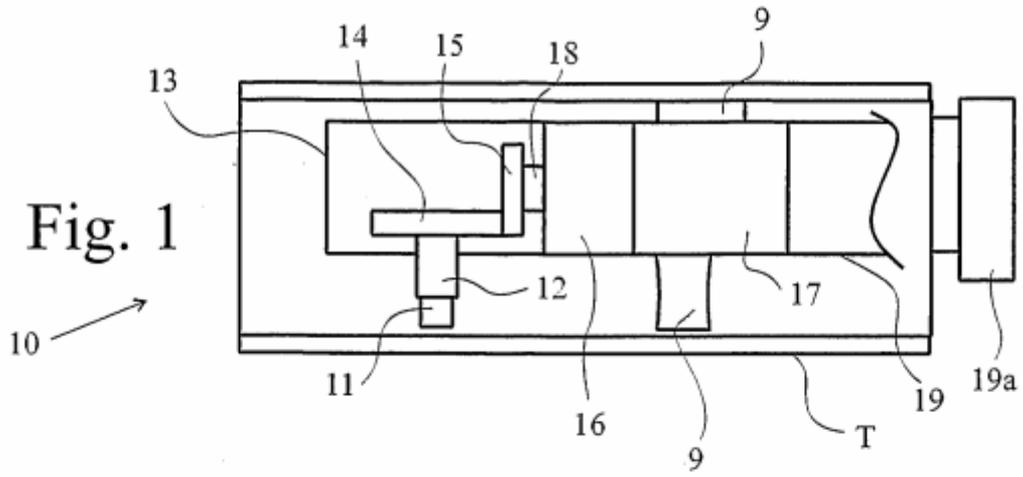
- m. Facilidad de ensamblado/mantenimiento;
- n. Pueden añadirse o retirarse secciones en línea con la longitud de la pieza de trabajo;
- o. El aparato estable interno reduce la vibración y aumenta la consistencia de la profundidad del corte; y
- p. El eje de línea tiene la flexibilidad para acomodar desalineamientos axiales (ocasionados por efectos térmicos) y angulares (ocasionados por el movimiento y flexión de la cabeza), y puede usarse para ayudar en el diseño de la cabeza del huso en secciones transversales más pequeñas, para mover el centro de rotación de la cabeza del huso lejos del eje del PTO.

10

Reivindicaciones

1. Un aparato de maquinado (10) para maquinar el interior de un miembro (T) montado con respecto al suelo (91), el aparato (10) comprende:
 - 5 un sistema de huso que puede posicionarse dentro de un agujero cilíndrico del miembro;
 - el sistema de huso incluye una carcasa (13) y un huso giratorio (12) dispuesto en la carcasa, y un artículo de maquinado (11) conectado a y girado por el huso giratorio; y
 - 10 un sistema de motor (30) adyacente al sistema de huso, el sistema de motor puede posicionarse dentro de los límites de dicho agujero cilíndrico del miembro con el sistema de huso, el sistema de motor para accionar el huso giratorio dentro del miembro para girar el huso giratorio y el artículo de maquinado;
 - en donde dicho aparato de maquinado comprende además:
 - 15 un sistema de tubos que tiene un eje longitudinal y que se conecta en un extremo a uno del sistema de motor y del sistema de huso caracterizado porque el sistema de tubos se extiende fuera del miembro y se conecta en su otro extremo a una base (97), en donde
 - la base se monta en el suelo (91) de manera que la base y el miembro son móviles uno con respecto al otro a lo largo de un eje a través del miembro (T) y del sistema de tubos y en donde el sistema de tubos comprende:
 - 20 primer y segundo miembros del tubo (94,95), ambos se conectan de manera fija y giratoria a dicho uno del sistema de motor y del sistema de huso, y el primero que se conecta a dicha base;
 - un sistema de rotación, conectado al segundo miembro del tubo para girar el segundo miembro del tubo con respecto a la base;
 - un inclinómetro (103), conectado a dicho sistema de motor y sistema de huso para detectar la posición de rotación del artículo (11) con respecto a dicho eje longitudinal (Y); y
 - 25 un control para accionar el sistema de rotación tras la detección de un cambio de dicha posición de rotación para mantener dicha posición.
2. El aparato de maquinado de la reivindicación 1, en donde:
 - 30 dichos miembros del tubo son huecos, uno se dispone dentro del otro, y ambos miembros del tubo se configuran para extenderse fuera del interior del miembro a través del mismo extremo abierto del miembro; o
 - el sistema de motor incluye un motor (17) y aparato de engranajes (16), el aparato de engranajes que se conecta al motor y al sistema de huso.
3. El aparato de maquinado de la reivindicación 1 o 2, en donde el aparato de maquinado se adapta para efectuar uno del tratamiento de material del miembro y la eliminación de material del miembro.
4. El aparato de maquinado de la reivindicación 1, 2 o 3, en donde el sistema de motor incluye dos motores (17a,b), preferentemente en donde los dos motores están separados y cada motor se conecta por separado al sistema de huso.
5. El aparato de maquinado de la reivindicación 4, en donde:
 - 40 el sistema de huso comprende un engranaje cónico (14) conectado a dicho huso giratorio y la salida de cada motor es un engranaje (15a,b) que se engrana con dicho engranaje cónico; o
 - los motores (17'a,b) están uno detrás del otro donde un primero de ellos acciona el segundo, y el segundo acciona el sistema de huso.
6. El aparato de maquinado de la reivindicación 4 o 5 comprende además:
 - 45 un sistema de control (42) para controlar el sistema de motor, dicho sistema de control comprende un bucle de retroalimentación para medir la velocidad del sistema y para aumentar el torque de al menos uno de los motores cuando la velocidad disminuye por debajo de una velocidad umbral.
7. El aparato de maquinado de cualquier reivindicación anterior, comprende además un accionador para accionar la base con respecto al miembro a lo largo de dicho eje longitudinal; y/o un accionador para girar el miembro con respecto a la base alrededor de dicho eje longitudinal.
8. El aparato de maquinado de cualquier reivindicación anterior, en donde dicho segundo miembro del tubo (94) es concéntrico con y/o está dentro de dicho primer miembro del tubo (95).
9. El aparato de maquinado de cualquier reivindicación anterior, en donde dicho sistema de rotación comprende uno de:
 - 50 una polea en una brida (99) en el extremo de dicho segundo miembro del tubo accionada por un servomotor (120) para girar el segundo miembro del tubo alrededor de dicho eje longitudinal;
 - una palanca (134a,b) en el extremo de dicho segundo miembro del tubo accionada por un cilindro neumático o hidráulico (130a,b) para girar el segundo miembro del tubo alrededor de dicho eje longitudinal; y
 - 55 una palanca (144) en el extremo de dicho segundo miembro del tubo accionada por un tornillo sinfín (140) montado en dicha base y accionado por un servomotor (120') para girar el segundo miembro del tubo alrededor de dicho eje longitudinal.

10. El aparato de maquinado de cualquier reivindicación anterior, comprende además:
un sistema estable conectado a uno o ambos del sistema de huso y el sistema de motor y adaptado para soportar el miembro, de manera que se resisten fuerzas de reacción ortogonal a dicho eje longitudinal.
- 5 11. Un método para maquinar un miembro, el método caracterizado porque comprende posicionar un aparato de maquinado como se reivindica en cualquier reivindicación anterior dentro del miembro, y energizar el motor (17) para accionar el huso giratorio (12) de manera que el artículo de maquinado (11) maquina el miembro (T).
- 10 12. El método de la reivindicación 11, en donde dicho artículo de maquinado es una herramienta de fresado y dicho maquinado comprende eliminar material del miembro.
- 15 13. El método de la reivindicación 11 o 12, en donde el aparato de maquinado es como se reivindica en la reivindicación 6 o en cualquiera reivindicaciones 7 a 10 cuando dependen de la reivindicación 6, el método comprende además: aumentar el torque aplicado por al menos uno de los motores (17a,b) cuando el sistema disminuye la velocidad por debajo de dicha velocidad umbral.
- 20 14. El método de la reivindicación 11, 12 o 13, comprende además: accionar el sistema de rotación tras la detección de un cambio de dicha posición de rotación para mantener dicha posición.
- 25 15. El método de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, en donde el método es para fabricar un miembro (T) en un estator para un motor de fondo de pozo, el método comprende además maquinar el miembro (T) para formar un estator para un motor de fondo de pozo.



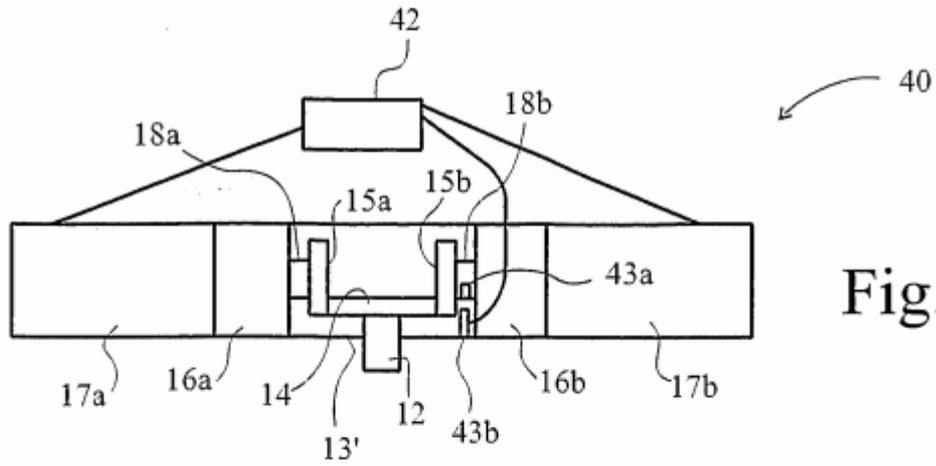


Fig. 4

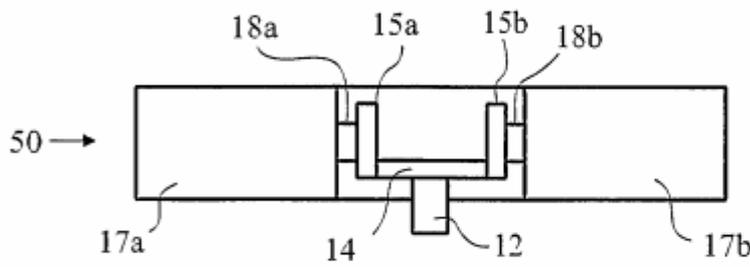


Fig. 5

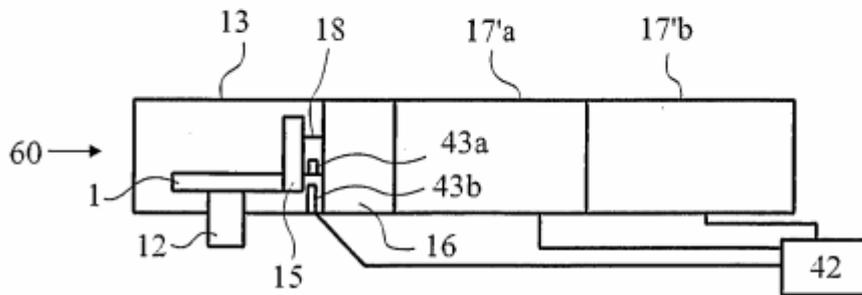


Fig. 6

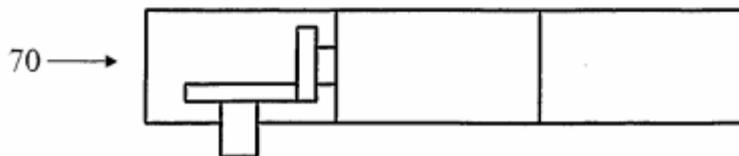


Fig. 7

Fig. 8A

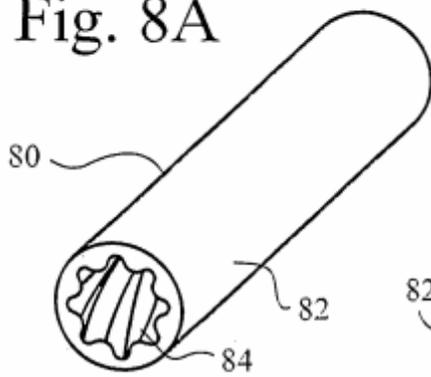


Fig. 8B

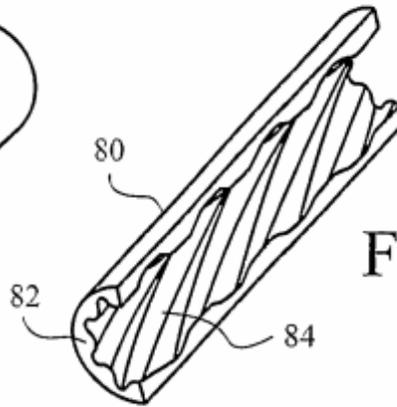


Fig. 8C

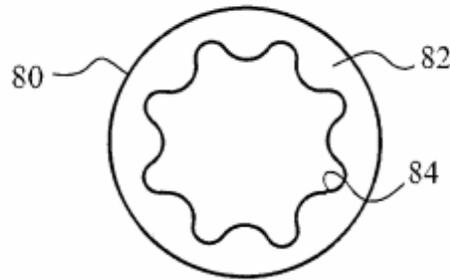


Fig. 8D

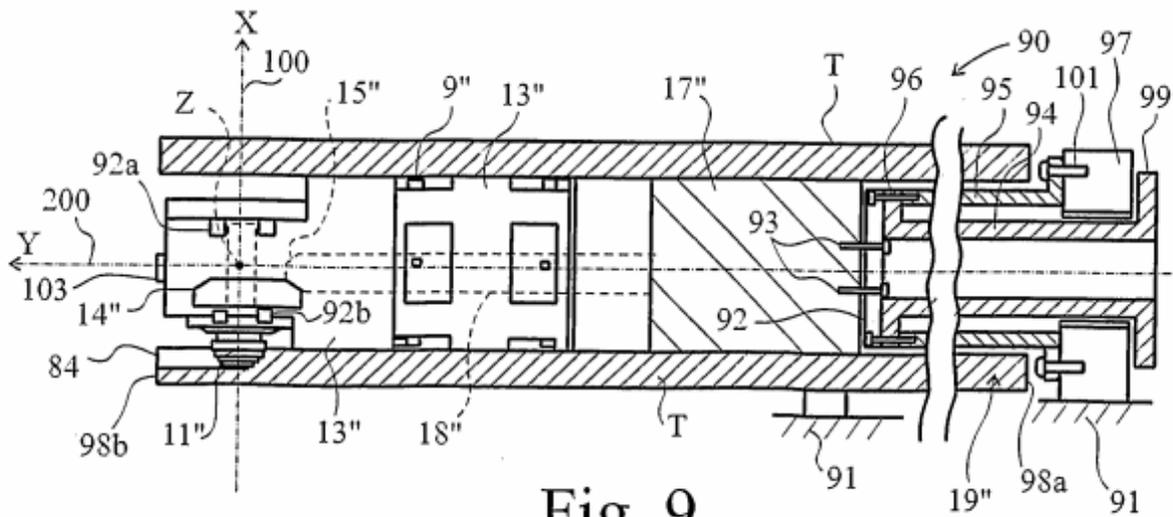
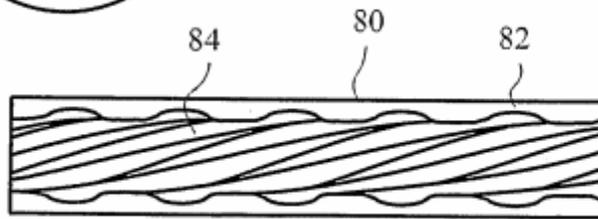


Fig. 9

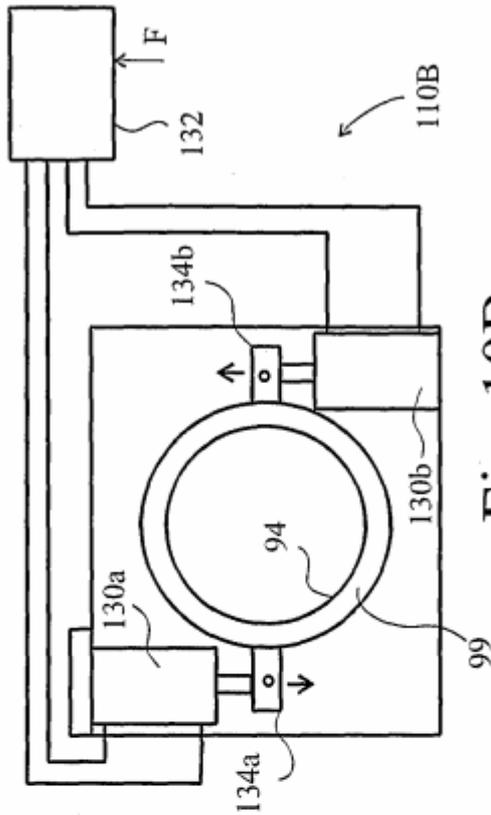


Fig. 10B

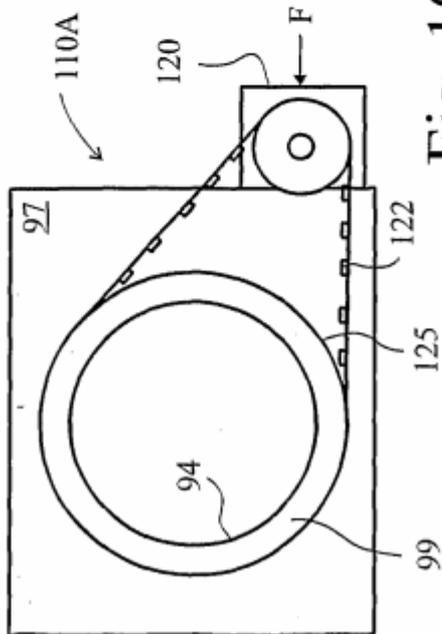


Fig. 10A

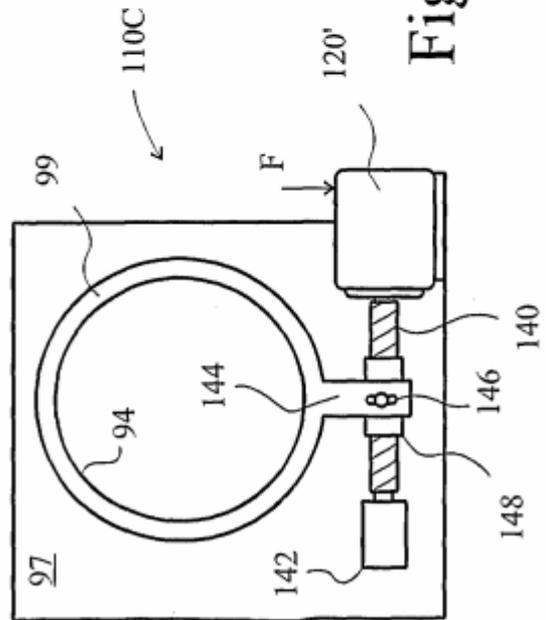


Fig. 10C

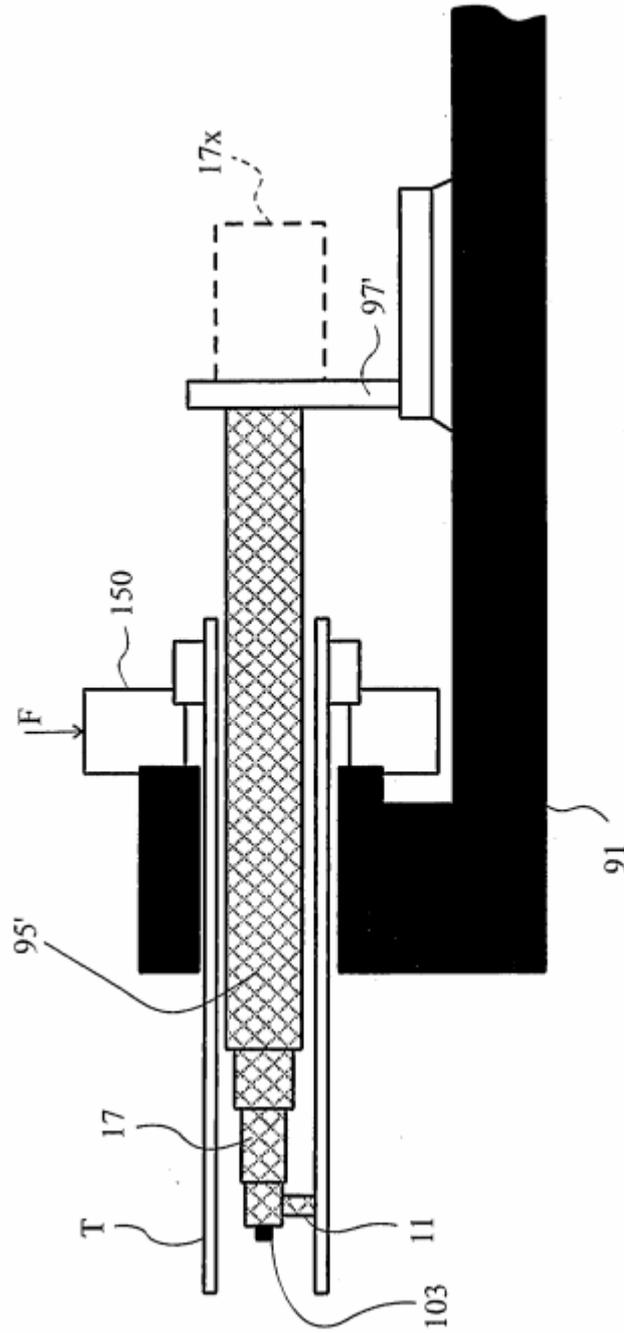


Fig. 11

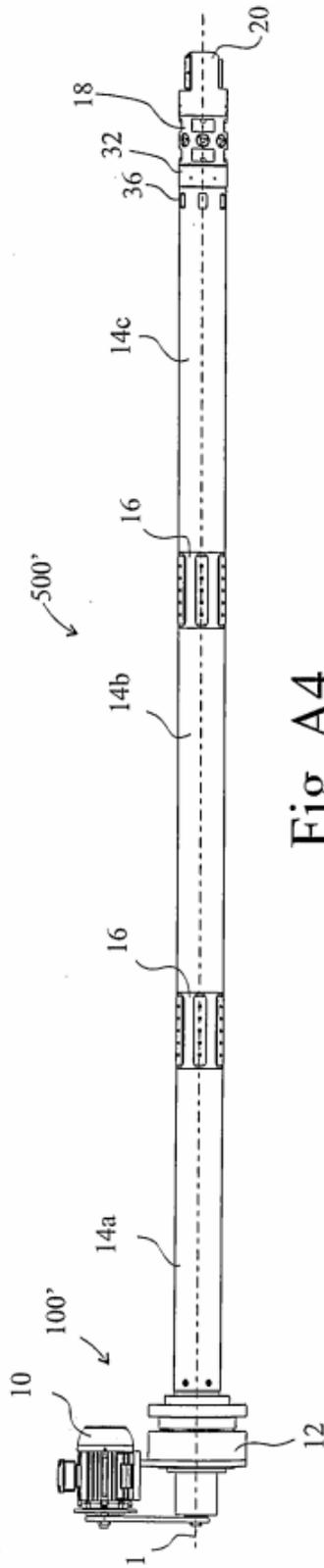


Fig. A4

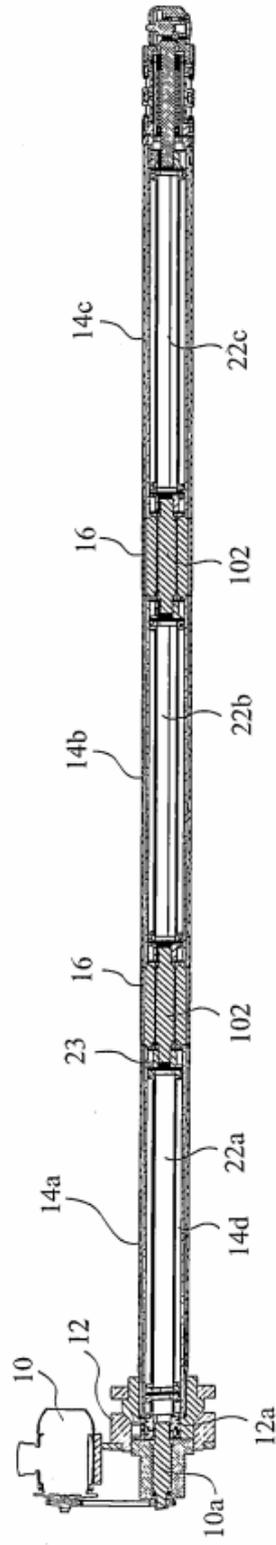


Fig. A5

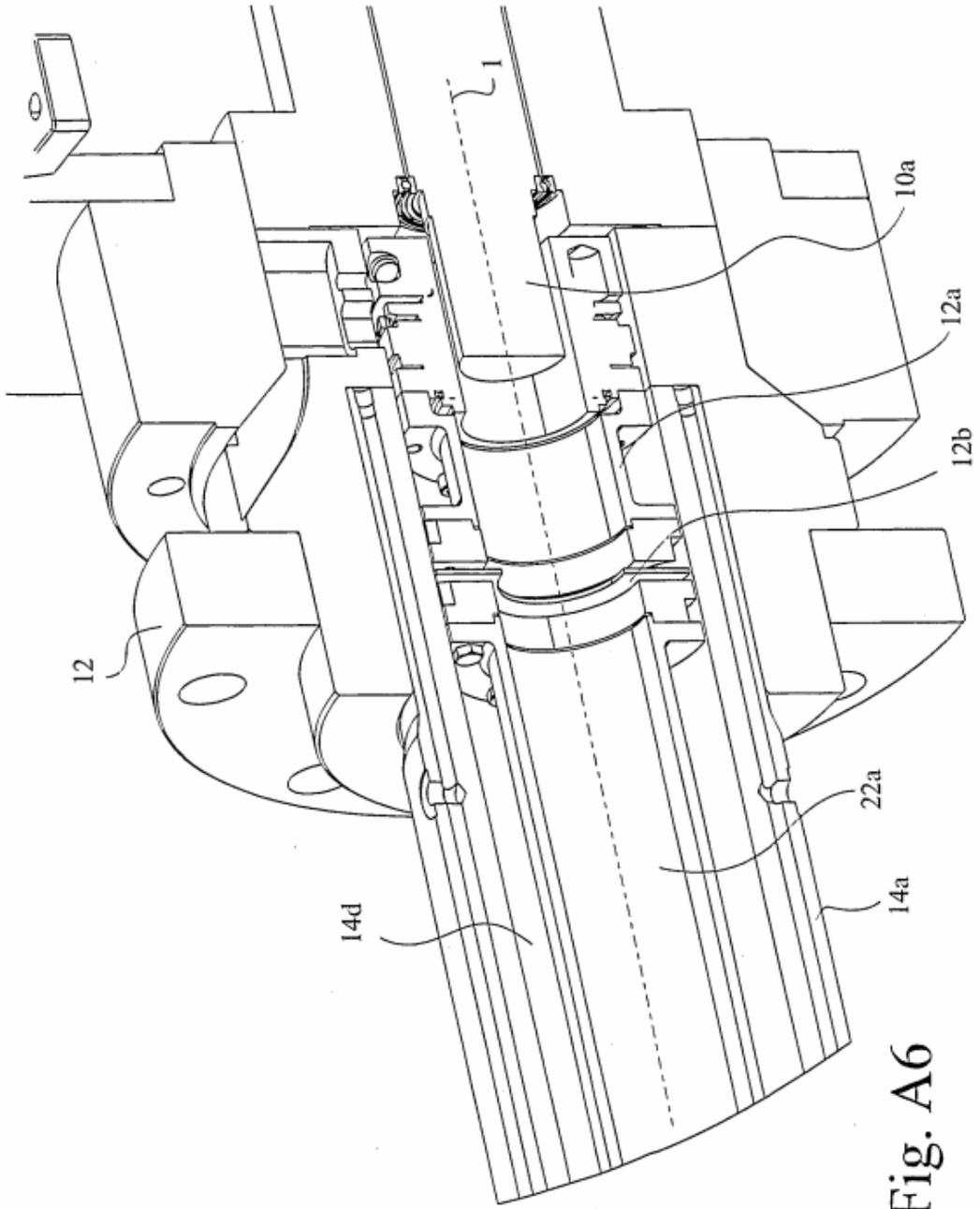


Fig. A6

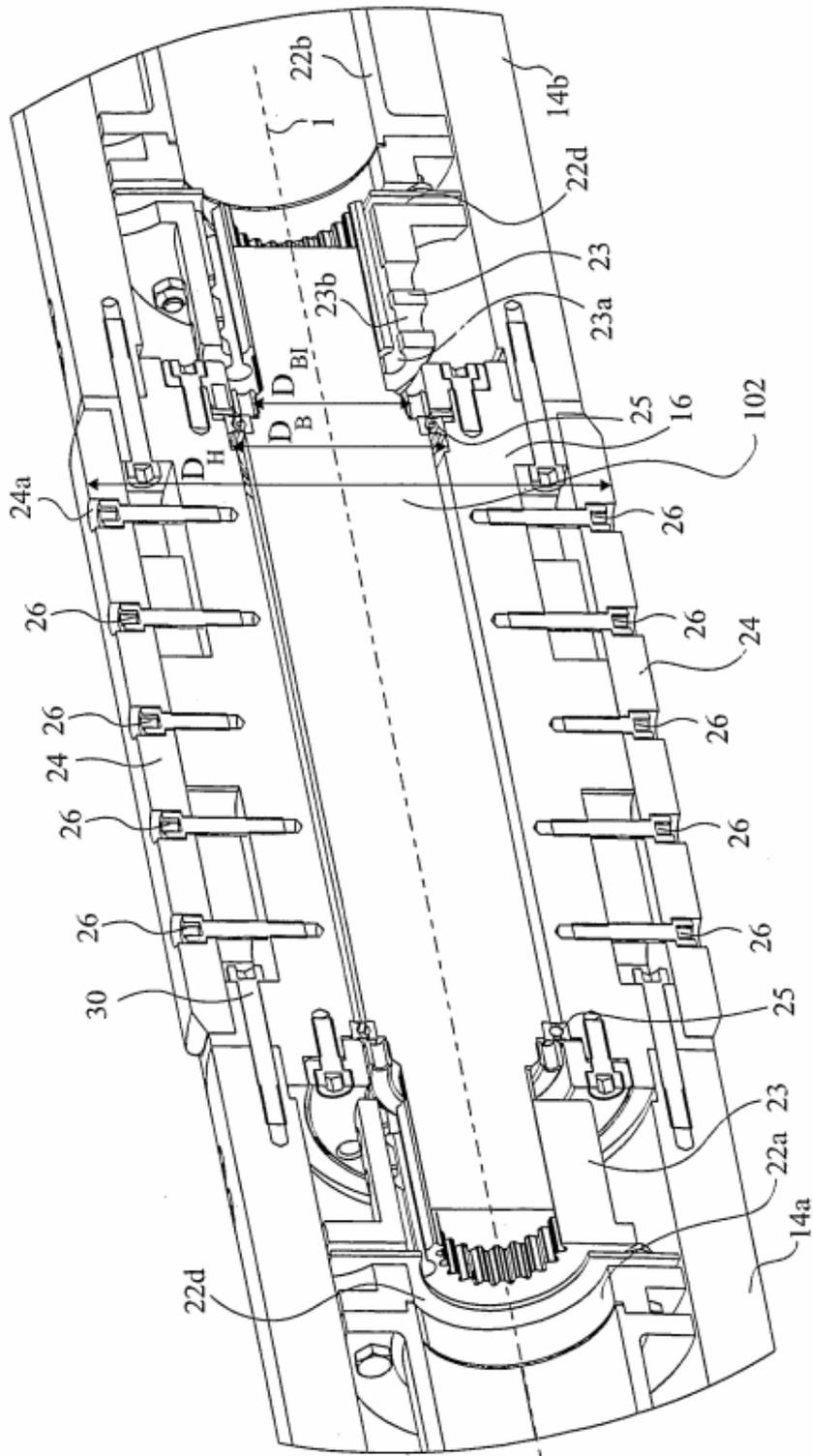


Fig. A7

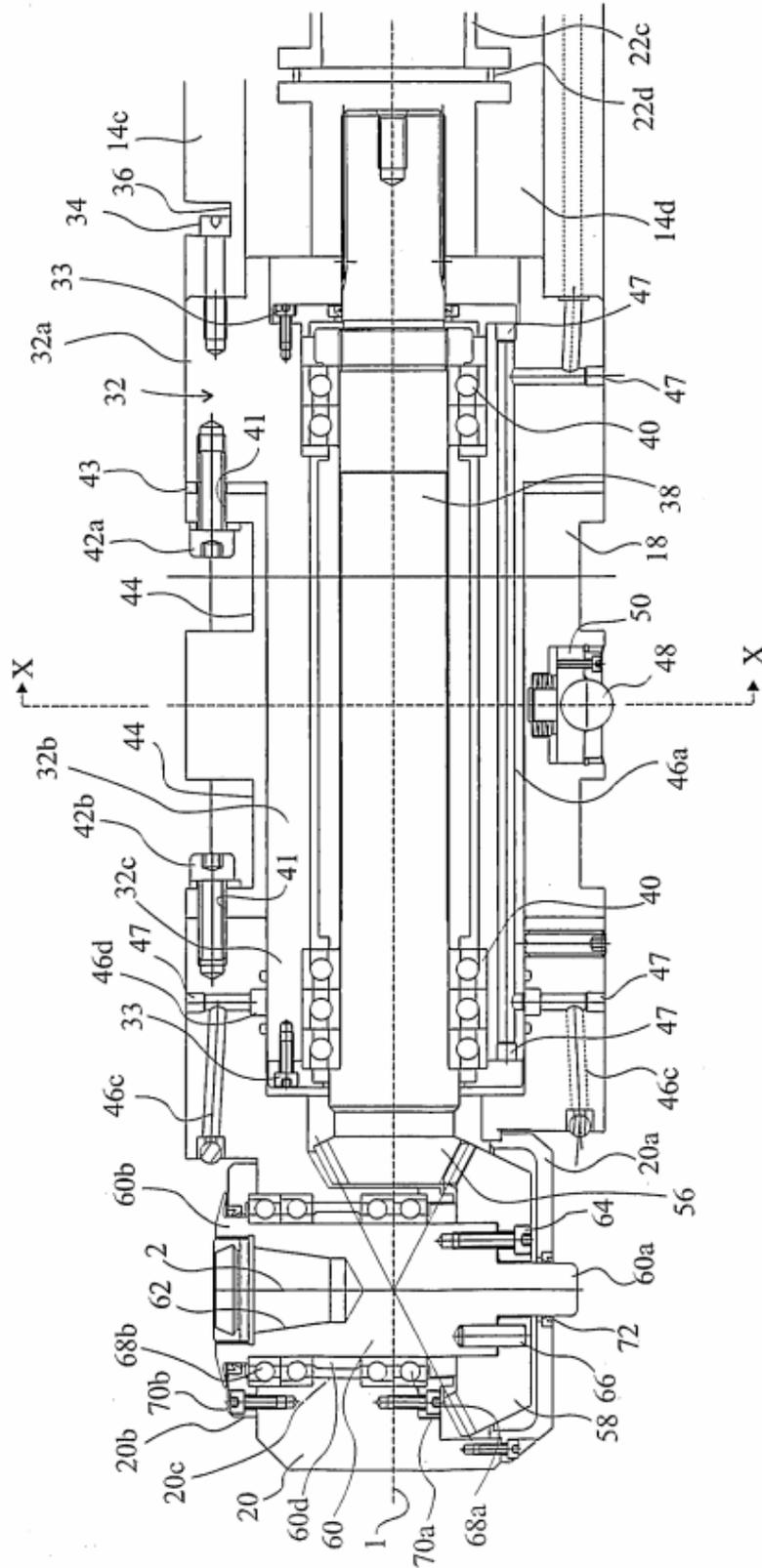


Fig. A8

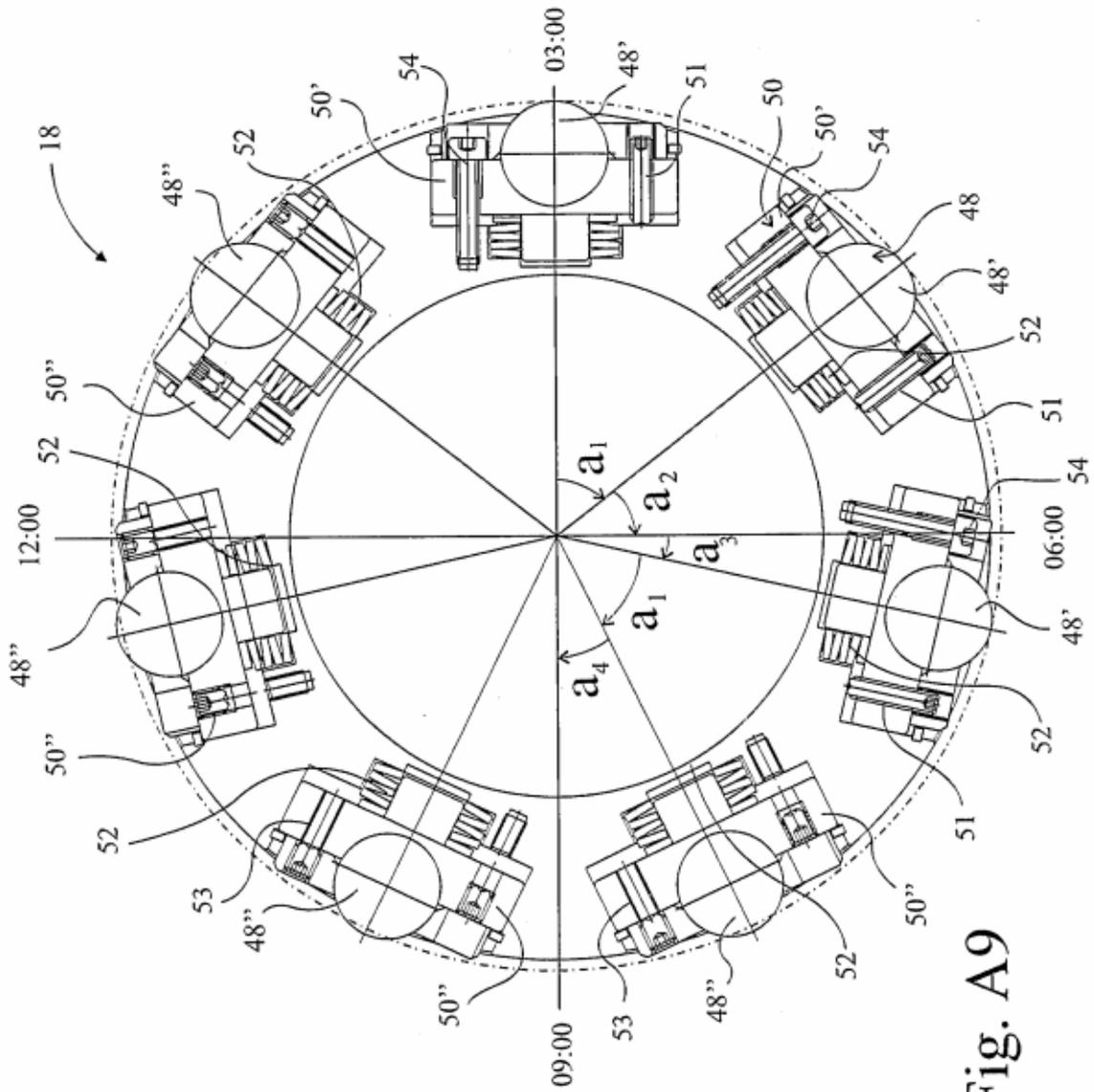


Fig. A9

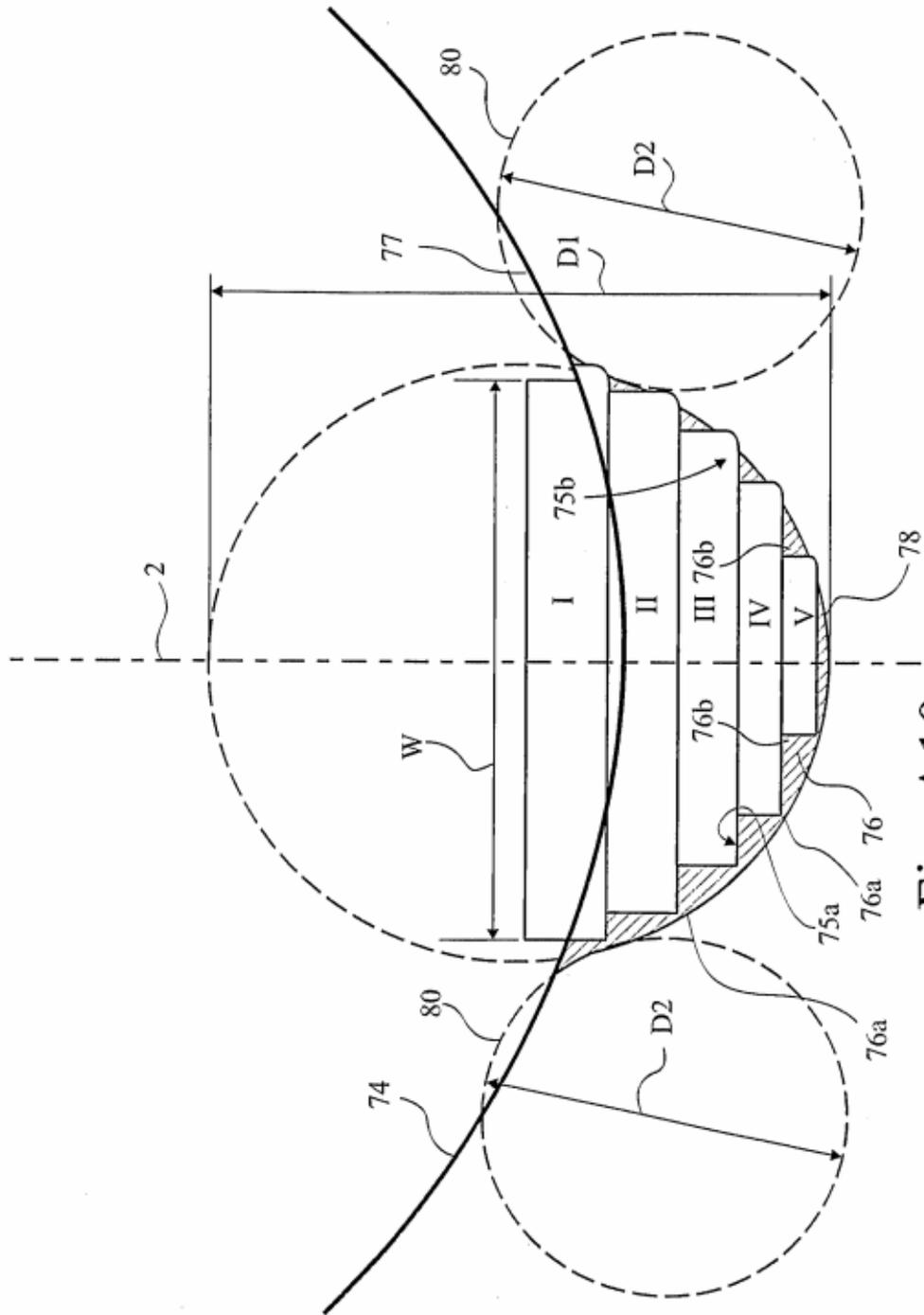


Fig. A10

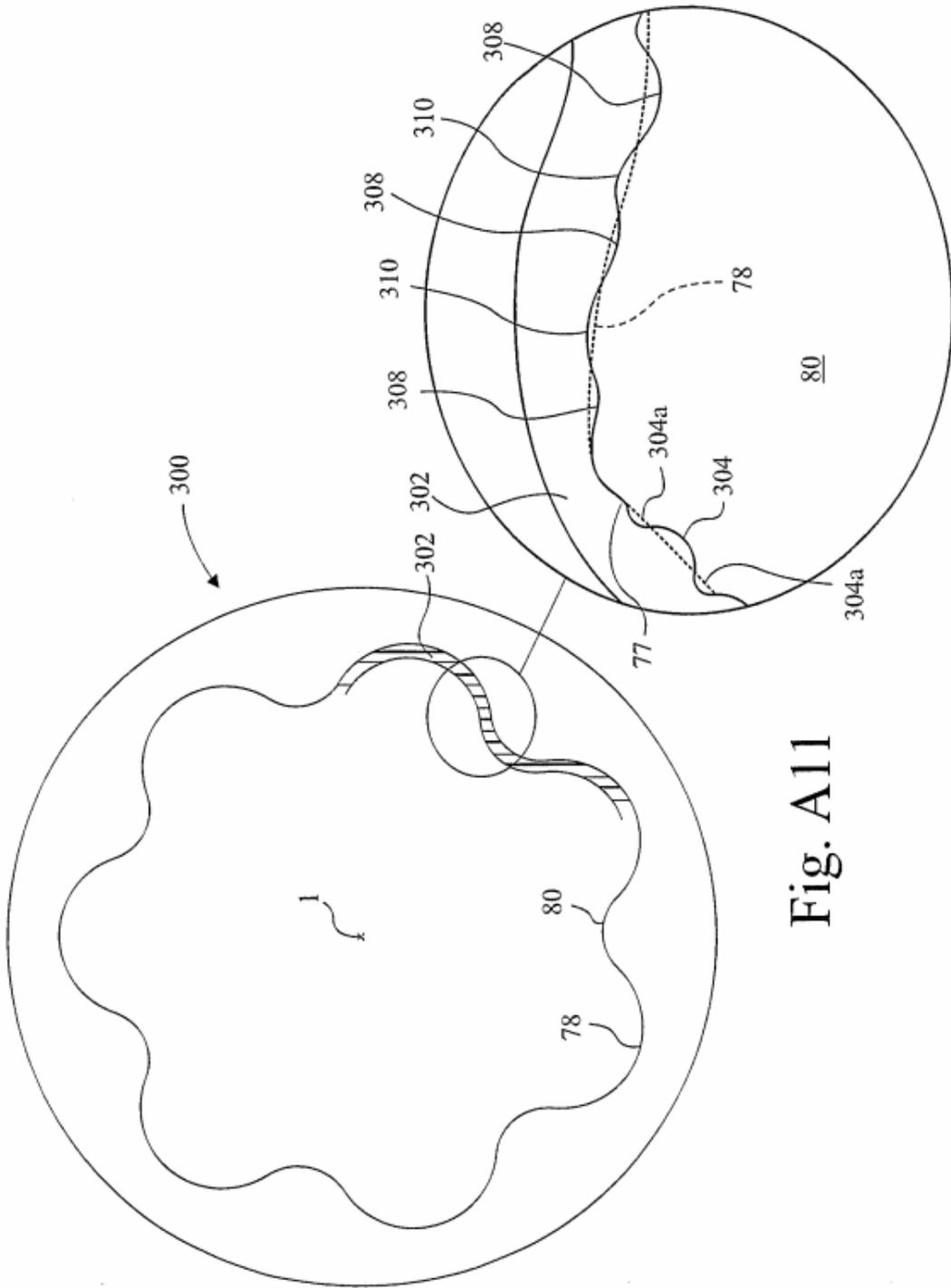


Fig. A11

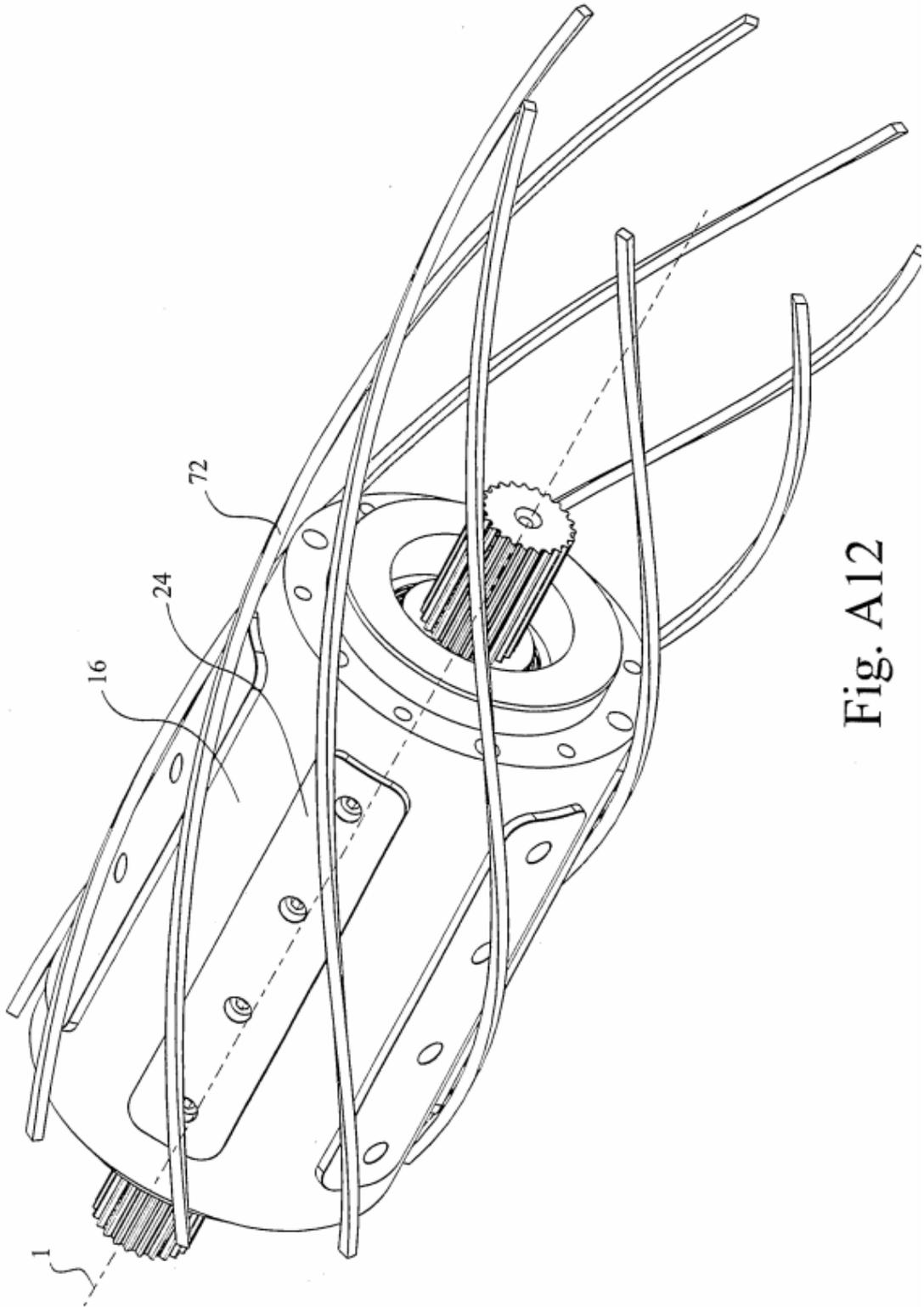


Fig. A12