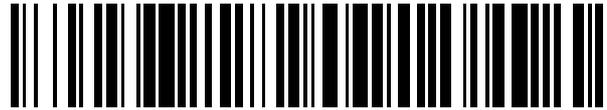


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 744 801**

51 Int. Cl.:

**G01B 5/20** (2006.01)

**G01B 7/28** (2006.01)

**G01B 11/24** (2006.01)

**F16H 1/16** (2006.01)

**G01M 13/02** (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.02.2017 PCT/US2017/019822**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.09.2017 WO17151542**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2017 E 17710650 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019 EP 3423781**

54 Título: **Medición de tornillos sin fin**

30 Prioridad:

**01.03.2016 US 201662301772 P**

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

**26.02.2020**

73 Titular/es:

**GLEASON METROLOGY SYSTEMS  
CORPORATION (100.0%)  
300 Progress Road  
Dayton, OH 45450, US**

72 Inventor/es:

**COWAN, MARK E. y  
WAGAJ, PARAG P.**

74 Agente/Representante:

**DURAN-CORRETJER, S.L.P**

ES 2 744 801 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**

Medición de tornillos sin fin

5 Sector de la invención

La invención hace referencia a tornillos sin fin y, en concreto, a un procedimiento para determinar de manera precisa el radio mínimo y la distancia de montaje de un tornillo sin fin.

10 Estado de la técnica anterior

Una transmisión de tornillo sin fin es una disposición de engranaje en la que un tornillo sin fin (es decir, un eje con un roscado en espiral que se asemeja a un tornillo) se acopla con una corona helicoidal (que es similar en apariencia a una rueda dentada cilíndrica) y acciona la misma. Los dos elementos se denominan, asimismo, tornillo sin fin y corona helicoidal o, simplemente, el tornillo sin fin y la corona. El tornillo sin fin acopla la corona en una configuración de ejes que no se cortan y son perpendiculares. En las transmisiones de tornillo sin fin, el ángulo de hélice de la corona coincide con el ángulo de avance del tornillo sin fin. Es muy común que un tornillo sin fin esté fabricado de acero y que una corona esté fabricada de latón.

20 Las transmisiones de tornillo sin fin proporcionan altas relaciones de reducción y multiplicación del par de torsión, y ocupan un espacio pequeño en comparación con los conjuntos de engranajes estándar. Además, las transmisiones de tornillo sin fin presentan la incapacidad de invertir la dirección de la potencia. Debido a la fricción entre el tornillo sin fin y la corona, es casi imposible que una corona (con fuerza de rotación aplicada) transfiera movimiento al tornillo sin fin para girar el tornillo sin fin.

25 A grandes rasgos, existen tres tipos de transmisiones de tornillo sin fin:

- 30 1. Transmisiones de tornillo sin fin no envolventes: el perfil axial (longitudinal) del tornillo sin fin y el perfil longitudinal (ancho) de los dientes de la corona son, ambos, rectos. Ni el tornillo sin fin ni la corona tienen características cóncavas.
2. Transmisiones de tornillo sin fin de envolvente única: la corona tiene un ancho de diente cóncavo, lo que permite que el tornillo sin fin se acople en la corona, lo que aumenta la eficiencia.
- 35 3. Transmisiones de tornillo sin fin de envolvente doble: la corona tiene un ancho de diente cóncavo y el tornillo sin fin tiene un perfil axial cóncavo que aumenta aún más la eficiencia.

En el corte de una corona helicoidal que tiene dientes con un ancho de diente cóncavo, el control de la línea central de una herramienta (es decir, una fresa) en la dirección axial de la corona helicoidal es más importante ya que esto afecta al rendimiento de la transmisión de tornillo sin fin. Con el fin de controlar la ubicación de la línea central de la fresa en la dirección axial de la corona helicoidal, se especifica una dimensión denominada "distancia de montaje". La distancia de montaje es la distancia desde una superficie axial especificada (es decir, "referencia de montaje") hasta una ubicación axial en la corona helicoidal conocida como "garganta", en la que el centro del eje de tornillo sin fin de acoplamiento se ubicará en el conjunto de transmisión de tornillo sin fin.

Los procedimientos tradicionales para determinar la distancia de montaje real incluyen:

- 45 1. En una máquina de fresado: durante la fabricación de una corona helicoidal, se realiza un pequeño movimiento radial para formar un pequeño corte en la pieza inicial de la corona helicoidal. Un operario formado mide el centro de este corte con reglas/calibres para calcular la distancia de montaje y ajustar la ubicación de la fresa para conseguir la distancia deseada. La precisión de dicha medición depende del operario y puede estar desfasada en más de 0,5 mm.
- 50 2. En una máquina de inspección: una pieza se programa como una rueda dentada cilíndrica y se realiza una prueba corta del avance a diversas alturas a lo largo de ambas caras de la corona helicoidal. Las alturas se van variando hasta que la pendiente del avance es la misma tanto para el flanco izquierdo como para el flanco derecho de un espacio interdental. Esto requiere muchos intentos y, por lo tanto, lleva mucho tiempo. Además, una variación grande en el avance al comienzo de la prueba del avance genera variaciones muy pequeñas en la pendiente del avance, por lo que la precisión de dicha medición es específica para la pieza y específica para el operario, y los resultados pueden estar desfasados más de 100 micras.

Si la ubicación real del cortador de la fresa en la dirección axial difiere de la distancia de montaje especificada en una magnitud mayor que la tolerancia de la distancia de montaje, la corona helicoidal no funcionará según lo previsto.

La Patente US 5,836,076 A da a conocer un procedimiento para inspeccionar una corona helicoidal de una transmisión de tornillo sin fin con el objetivo de alinear correctamente los elementos de la transmisión de tornillo sin fin.

La Patente de HOUSER D R ET AL: "DEFINITION AND INSPECTION OF PROFILE AND LEAD OF A WORM WHEEL", GEAR TECHNOLOGY, RANDALL PUBLISHING CO. ELK GROVE, ILLINOIS, US, vol. 16, n.º 6, 1 de noviembre de 1999 (1999-11-01), páginas 17 a 23, XP000873760, da a conocer perfiles de coronas helicoidales basadas en relaciones matemáticas.

5 La Patente US 2012/213602 A1 da a conocer la determinación de parámetros geométricos de elementos de engranajes de tornillo sin fin mediante la utilización de una célula de carga, un sensor inductivo y/o una prueba de color.

10 La Patente de MOHAN L V ET AL: "Geometrical aspects of double enveloping worm gear drive", MECHANISM AND MACHINE THEORY, PERGAMON, AMSTERDAM, NL, vol. 44, n.º 11, 1 de noviembre de 2009 (2009-11-01), páginas 2053 a 2065, XP026498138, da a conocer la fabricación de una transmisión por engranajes mediante una máquina de fresado de engranajes, y describe aspectos geométricos de las transmisiones mediante engranajes de tornillo sin fin de envolvente doble.

15 Características de la invención

La invención da a conocer un procedimiento con las características de la reivindicación 1. La invención está dirigida, por lo tanto, a un procedimiento de determinación del radio mínimo y la distancia de montaje de un elemento de tornillo sin fin de una transmisión de tornillo sin fin. La porción de raíz de una ranura de diente es sondeada en una serie de puntos a lo largo de la raíz, y las ubicaciones de los puntos se utilizan como base para determinar el radio mínimo y la distancia de montaje.

25 Breve descripción de los dibujos

Las figuras 1 y 2 muestran una transmisión de tornillo sin fin de envolvente única que comprende un tornillo sin fin y una corona helicoidal.

30 La figura 3 muestra un ejemplo de una herramienta de fresado para fabricar engranajes que incluyen coronas helicoidales.

La figura 4 es una vista esquemática del ancho de la cara de una corona helicoidal envolvente.

35 La figura 5 muestra la colocación de una sonda de medición entre los dientes de engranaje para sondear la porción de raíz de una ranura de diente.

La figura 6 muestra un ejemplo de sondeo a lo largo de la porción de raíz para obtener puntos para determinar el radio mínimo y la distancia de montaje.

40 Descripción detallada de la realización preferente

Los detalles de la invención se analizarán, a continuación, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, que muestran la invención solamente a modo de ejemplo. En los dibujos, números de referencia iguales harán referencia a características o componentes similares.

45 Las figuras 1 y 2 muestran una transmisión de tornillo sin fin 2 de envolvente única que comprende un tornillo sin fin 4 (es decir, tornillo sin fin) y una corona helicoidal 6 (es decir, corona). El tornillo sin fin 2 es un tornillo sin fin de inicio único que gira en la dirección 8 alrededor de un eje de rotación  $A_{\text{Tornillo sin fin}}$ . La corona helicoidal 6 comprende dientes 10 que tienen una forma cóncava 12 en la dirección del ancho. La corona 6 es giratoria en la dirección 14 alrededor de un eje de rotación  $A_{\text{Corona}}$ . La distancia entre los ejes  $A_{\text{Tornillo sin fin}}$  y  $A_{\text{Corona}}$  se conoce como la distancia central  $D_C$ .

50 Para una rueda dentada cilíndrica habitual que tiene una forma geométrica de diente involutiva que se corta mediante un proceso de fresado, la herramienta de fresado, tal como la fresa 22 en la figura 3, por ejemplo, es alimentada de manera axial a medida que corta los dientes de la rueda dentada, creando con ello un diámetro exterior coherente a lo largo del ancho de la cara de la rueda dentada. Sin embargo, cuando se corta una corona helicoidal tal como la corona helicoidal 6 en la figura 4, una herramienta de fresado, tal como la fresa 22, por ejemplo, es alimentada de manera radial en la corona helicoidal 6 que se está cortando, sin alimentación axial (sin movimiento a lo largo de la dirección del ancho de la cara,  $W_F$ , de la corona helicoidal). Este movimiento de corte crea una forma geométrica con forma cóncava 12 en los dientes 10 de la corona helicoidal, de tal manera que su diámetro exterior (es decir, la periferia de la corona helicoidal) tiene forma de arco circular (es decir, cóncavo) con el radio mínimo,  $R_T$ , destinado a ser situado en el centro entre la cara superior 16 y la cara inferior 18 de la corona helicoidal 6.

65 Es importante controlar la ubicación de la línea central,  $A_H$ , de la fresa 22 con respecto a la corona helicoidal 6. Tal como se mencionó anteriormente, con el fin de controlar la ubicación de la línea central de la fresa,  $A_H$ , en la

dirección axial ( $A_{\text{Corona}}$ ) (dirección Z) de la corona helicoidal, se especifica una dimensión denominada “distancia de montaje” de la corona helicoidal, que se muestra en la figura 4 como  $D_M$ . La distancia de montaje es la distancia desde una superficie axial 20 especificada, denominada “referencia de montaje” o “cara de referencia”, hasta una ubicación axial en la corona helicoidal 6 conocida como “garganta”, en la que el centro del eje del tornillo sin fin correspondiente está situado, preferentemente, en el conjunto de la transmisión de tornillo sin fin. La ubicación de la “garganta” está en el radio mínimo,  $R_T$ .

Una ubicación real del cortador de la fresa (en la dirección axial de una corona helicoidal) que es diferente de una distancia de montaje especificada en una magnitud mayor que la magnitud de la tolerancia de la distancia de montaje dará como resultado una corona helicoidal que no funcionará según lo previsto. Por lo tanto, se puede apreciar, que es importante medir una corona helicoidal para determinar la distancia real de montaje.

Aunque utilizar una distancia de montaje teórica  $D_M$  probablemente dará como resultado una aproximación razonablemente buena del radio mínimo  $R_T$  (es decir, la garganta), esto no es preferente, ya que muchos parámetros de una corona helicoidal (por ejemplo, medidas de la forma de flanco, del índice de dientes y del tamaño del diente) (grosor) se determinan en función de la ubicación de la garganta. Por lo tanto, se puede ver que un error en la ubicación de la garganta conducirá a errores posteriores en otras especificaciones de la corona helicoidal basadas en la ubicación de la garganta.

El procedimiento de la invención determina la ubicación real de la garganta de una corona helicoidal, medida en la dirección axial. La invención se basa en medir la parte de raíz de una corona helicoidal y aplicar un círculo de mejor ajuste en el que se utiliza el punto más bajo de mejor ajuste para determinar la distancia de montaje.

El procedimiento se puede llevar a cabo en cualquier máquina analítica de inspección de ruedas dentadas, tal como, por ejemplo, la máquina de inspección de engranajes modelo 300GMS, comercializado por la firma Gleason Metrology Systems Corporation, de Dayton, Ohio.

La referencia de montaje 20 se sondea (tipo de sonda de contacto o sin contacto) para establecer su ubicación. Utilizando la distancia de montaje  $D_M$  de diseño o teórica, la sonda 30 es desplazada a la altura teórica en la dirección Z (figura 4), en la que el radio de raíz es, en teoría, mínimo (garganta). Se sondea un diente de referencia a cada lado de la misma para establecer su ubicación de rotación en un diámetro de referencia.

La sonda 30 es centrada en un espacio o ranura interdental 24 (centrada en Y) entre dientes 10 consecutivos, y es puesta en contacto con la raíz 26 del espacio interdental tal como se muestra en la figura 5. Tal como se muestra en la figura 6, la sonda 30 es desplazada a lo largo de la raíz del tornillo sin fin hacia abajo (en la dirección Z), preferentemente un 40 % del ancho de la cara desde el centro (primer punto de sondeo) y, a continuación, hacia arriba (en la dirección Z), preferentemente un 40 % del ancho de la cara desde el centro (primer punto de sondeo). Aunque se prefiere un 40 % del ancho de la cara, la invención no está limitada a ello.

Se sondean una serie de puntos a lo largo de la línea de raíz, que representan, preferentemente, el 80 % del ancho de la cara en la raíz. Para cada punto, se registran las posiciones de radio y altura (Z). Preferentemente, se sondean al menos cinco puntos y, más preferentemente, se sondean siete puntos.

Se determina una curva mejor ajustada para los puntos medidos (por ejemplo, siete). El ajuste de la curva es un proceso de construcción de una curva o una función matemática que se ajusta mejor a las series de puntos de datos. El cálculo de la curva mejor ajustada, per se, es conocido y puede utilizar diversas técnicas matemáticas, tales como análisis de regresión, interpolación o atenuación para esta etapa, y la curva para los puntos anteriores puede ser, por ejemplo, una curva polinomial de segundo orden o una curva diferenciable (*spline*) cúbica o una curva matemática de mayor grado.

Se prefiere una curva polinomial mejor ajustada de segundo orden:

$$Y = ax^2 + bx + c \quad (1)$$

En la que a, b y c son coeficientes de la curva polinomial mejor ajustada. La curva mejor ajustada se utiliza para conseguir precisión, así como para mejorar la reproducibilidad.

Mediante la utilización de coeficientes de las curvas mejor ajustadas de la ecuación (1), la ubicación a lo largo de Z (altura) en la que el radio es mínimo se determina mediante cualquiera de los diversos enfoques, tales como un proceso iterativo, que es preferente, o la resolución de la ecuación para la pendiente de la tangente.

Se determina la distancia de montaje real, que es la distancia de la garganta (altura en la que la raíz de la corona helicoidal está en su radio mínimo, indicada anteriormente) desde la cara de referencia 20 en la dirección Z. La distancia de montaje teórica puede ser reemplazada por la distancia de montaje real para realizar mediciones.

La distancia de montaje real se puede utilizar, asimismo, en el montaje final del eje del tornillo sin fin y la corona helicoidal para un mejor contacto de las ruedas dentadas, y también puede ser proporcionada como retroalimentación a la máquina de fresado, para ajustar la posición de la fresa y/o la pieza de trabajo para modificar la distancia de montaje para piezas de trabajo posteriores.

5 Aunque la invención se ha descrito haciendo referencia a realizaciones preferentes, se debe comprender que la invención no está limitada a los detalles de la misma. La presente invención está destinada a incluir modificaciones que serían evidentes para los expertos en la materia a los que pertenece el tema sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

10

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para determinar un radio de raíz mínimo de un elemento de tornillo sin fin (6) de una transmisión de tornillo sin fin (2), teniendo dicho elemento de tornillo sin fin un eje de rotación que se extiende en una dirección Z, comprendiendo la periferia una serie de dientes (10) y un ancho de cara, estando localizados dicha serie de dientes a lo largo de dicho ancho de cara, y extendiéndose entre una cara superior (16) y una cara inferior (18) de dicho elemento de tornillo sin fin con un espacio interdental que tiene una raíz ubicada entre dientes contiguos, estando definido un radio de raíz entre dicho eje y dicha raíz, comprendiendo dicho procedimiento:
- 10 sondear una raíz (26) de un espacio interdental (24) entre dientes contiguos (10), comprendiendo dicho sondeo establecer una ubicación central en dicho espacio interdental entre dichos dientes contiguos y realizar un sondeo a lo largo de dicha raíz en una serie de puntos, estando definido cada uno de dichos puntos por una posición del radio de raíz y una posición en la dirección Z, formando dicha serie de puntos una forma,
- 15 ajustar mejor una curva definida a la forma formada por dicha serie de puntos, y determinar un radio de raíz mínimo y una ubicación correspondiente en dicha dirección Z desde dicha curva definida.
2. Procedimiento, según la reivindicación 1, que comprende, además:  
establecer una distancia de montaje real definida por dicho radio de raíz mínimo determinado y dicha ubicación correspondiente en dicha dirección Z.
- 20 3. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que dicho sondeo se lleva a cabo mediante una sonda de contacto (30).
- 25 4. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que dicho sondeo se lleva a cabo mediante una sonda sin contacto.
5. Procedimiento, según la reivindicación 2, que comprende, además, comunicar dicha distancia de montaje real a una máquina de fabricación de engranajes, y ajustar los parámetros del proceso de fabricación de engranajes en dicha máquina de acuerdo con dicha distancia de montaje real.
- 30 6. Procedimiento, según la reivindicación 5, en el que dicha máquina de fabricación de engranajes comprende una máquina de fresado.
- 35 7. Procedimiento, según la reivindicación 6, en el que los parámetros del proceso ajustados comprenden un ajuste a la posición de una fresa (22) y una pieza de trabajo una respecto a la otra, para modificar la distancia de montaje para las ruedas dentadas posteriores fabricadas en dicha máquina de fresado.
- 40 8. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que dicho sondeo a lo largo de dicha raíz comienza en un punto central a lo largo de la longitud de dicha raíz.
9. Procedimiento, según la reivindicación 8, en el que dicho sondeo tiene lugar en una primera dirección a lo largo de la raíz con respecto a dicho punto central, y en una segunda dirección opuesta a lo largo de la raíz con respecto a dicho punto central.
- 45 10. Procedimiento, según la reivindicación 9, en el que cada una de dicha primera dirección y dicha segunda y opuesta dirección comprende el 40 por ciento del ancho de la cara de dicho elemento de tornillo sin fin.
- 50 11. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que dicha serie de puntos comprende, al menos, cinco puntos.
12. Procedimiento, según la reivindicación 11 en el que dicha serie de puntos comprende siete puntos.
13. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que la curva definida mejor ajustada comprende una curva polinomial de segundo orden, una curva diferenciable (*spline*) cúbica o una curva matemática de mayor grado.
- 55 14. Procedimiento, según la reivindicación 1, que comprende, además, identificar un radio de raíz mínimo teórico con respecto a dicho eje, estando dicho radio de raíz mínimo teórico ubicado axialmente a una distancia de montaje teórica medida en dicha dirección Z.
- 60 15. Procedimiento, según la reivindicación 14, en el que la distancia de montaje teórica y la distancia de montaje real son establecidas en la dirección Z con respecto a una superficie de referencia ubicada en dicha cara superior o dicha cara inferior de dicho elemento de tornillo sin fin.

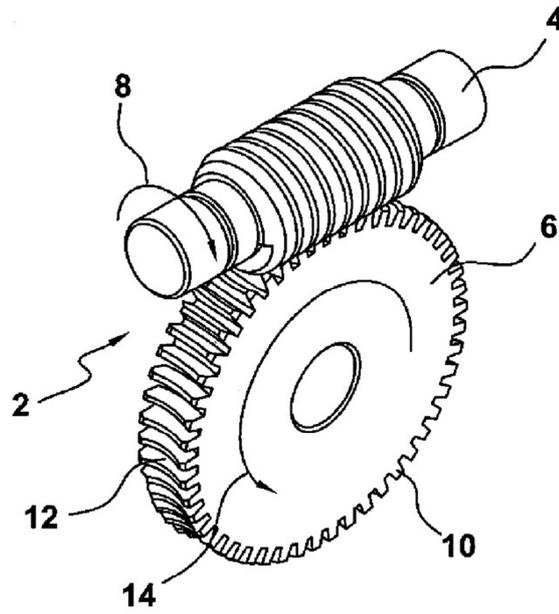


FIG. 1

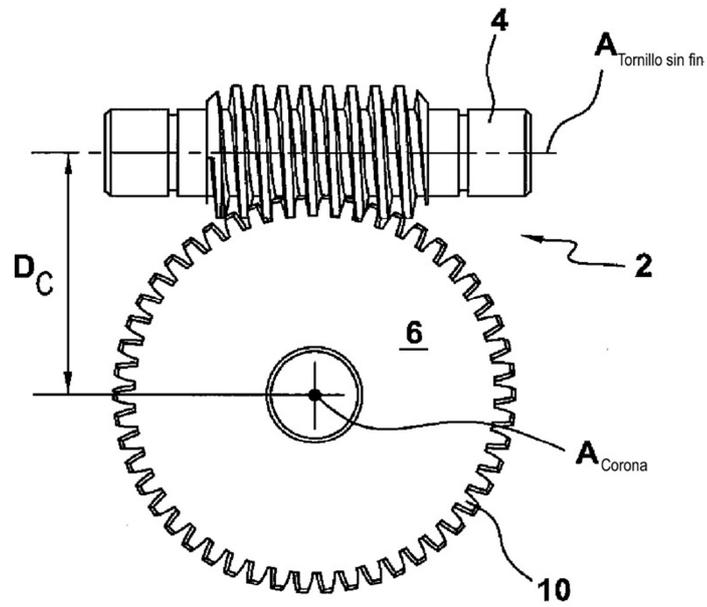


FIG. 2

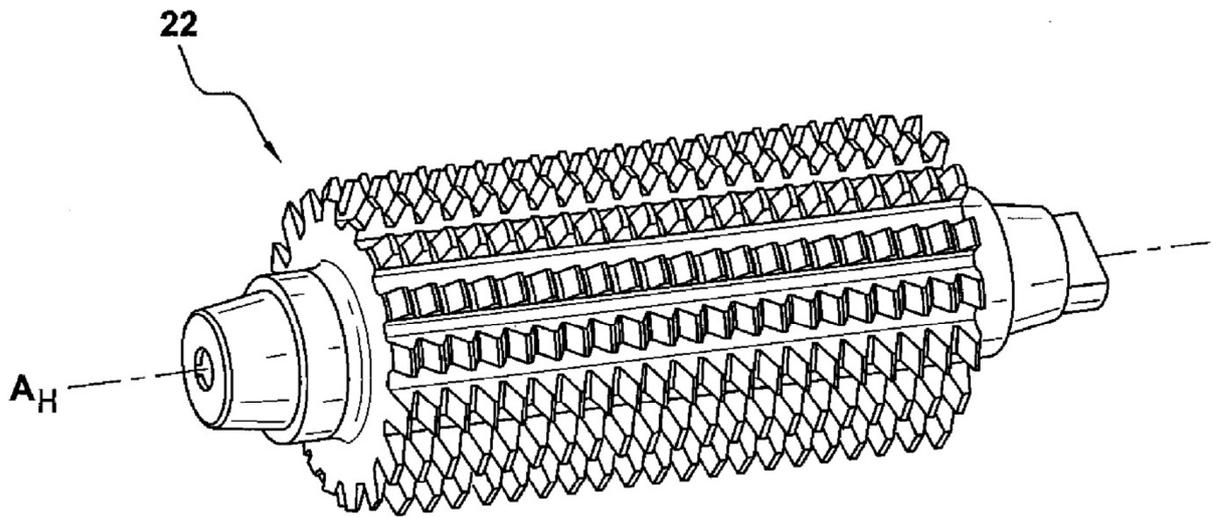


FIG. 3

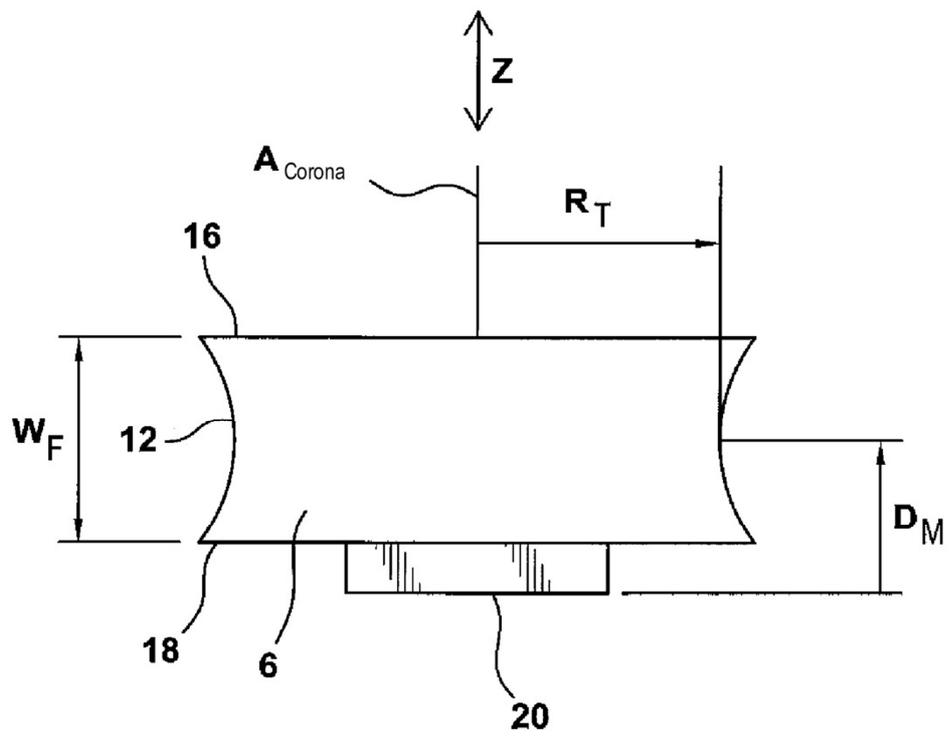


FIG. 4

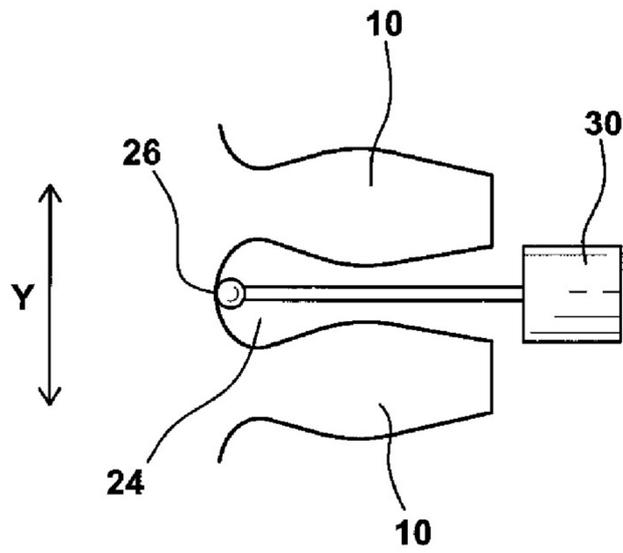


FIG. 5

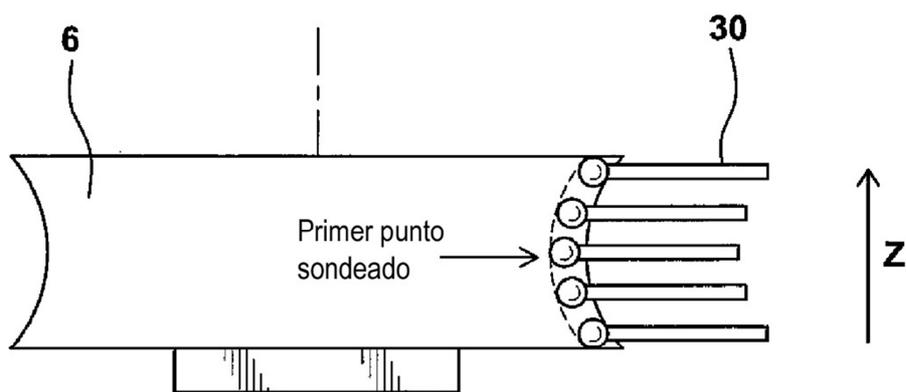


FIG. 6

**REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN**

5 *Esta lista de referencias citada por el solicitante es únicamente para mayor comodidad del lector. No forman parte del documento de la Patente Europea. Incluso teniendo en cuenta que la compilación de las referencias se ha efectuado con gran cuidado, los errores u omisiones no pueden descartarse; la EPO se exime de toda responsabilidad al respecto.*

**Documentos de patentes citados en la descripción**

10

- US 5836076 A
- US 2012213602 A1

**Literatura no patente citada en la descripción**

15

- DEFINITION AND INSPECTION OF PROFILE AND LEAD OF A WORM WHEEL. **HOUSER D R et al.** GEAR TECHNOLOGY. RANDALL PUBLISHING CO. ELK GROVE, 01 November 1999, vol. 16, 17-23
- Geometrical aspects of double enveloping worm gear drive. **MOHAN L V et al.** MECHANISM AND MACHINE THEORY. PERGAMON, 01 November 2009, vol. 44, 2053-2065