



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 324 482**

51 Int. Cl.:
F16H 25/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05747973 .5**

96 Fecha de presentación : **27.05.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1802895**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.07.2007**

54 Título: **Husillo a bolas precargado perfeccionado con perfil de rosca que muestra, en sección transversal, una forma de arco gótico de múltiples puntos.**

30 Prioridad: **22.10.2004 ES 200402522**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
07.08.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
07.08.2009

73 Titular/es: **Shuton, S.A.**
Polígono Industrial Goian
c/ Zubinoa, 5
01170 Legutiano, Álava, ES

72 Inventor/es:
Andonegui Aguirregomezcorta, Pedro María

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 324 482 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).

ES 2 324 482 T3

DESCRIPCIÓN

Husillo a bolas precargado perfeccionado con perfil de rosca que muestra, en sección transversal, una forma de arco gótico de múltiples puntos.

La presente invención se refiere a un husillo a bolas precargado cuya rosca tiene perfil con forma de arco gótico-ojival múltiple, para que la bola rueda con múltiples puntos de contacto, lo que produce un guiado de la bola por múltiples pistas paralelas de rodadura manteniendo la posición del centro de la bola, eliminando los grados de libertad de movimientos de giro, disminuyendo el rozamiento entre bolas y aumentando la rigidez por menor deformación a la presión.

Los husillos a bolas son mecanismos de transmisión de movimiento de rotación a lineal o viceversa, con gran precisión de posicionado y transporte de carga, descritos y definidos en las Normas DIN-69051, partes de 1 a 5, en la Norma ISO-3408, partes 1, 2 y 3 y en la Norma UNE 15-439-94 partes 1, 2 y 3.

Los husillos a bolas se componen básicamente de cinco elementos de acción:

- El husillo, que es un eje cilíndrico, en cuya superficie exterior está labrada una rosca helicoidal con sección acanalada de perfil semicircular con forma de arco circular o de arco gótico-ojival.
- La tuerca, que es un casquillo hueco cilíndrico, en cuya superficie interior está labrada una rosca helicoidal con sección acanalada de perfil semicircular con forma de arco circular o de arco gótico-ojival, que forma un tubo helicoidal con sección de perfil circular con forma de arco circular o de arco gótico-ojival cuando se montan emparejados coaxialmente el husillo y la tuerca.
- Las bolas, cuerpos de rodadura y transmisión de fuerzas por presión sobre las mismas del perfil de la rosca del husillo y de la tuerca y que se montan formando circuitos de bolas dentro del tubo helicoidal que forman las roscas del husillo y de la tuerca al emparejarse coaxialmente.
- Los deflectores, piezas para la recirculación de las bolas, montados en la tuerca para formar circuitos cerrados de bolas.
- El lubricante, aceite o grasa para la reducción del rozamiento de las zonas de contacto de las bolas con el husillo y la tuerca.

En los husillos a bolas, al montar coaxialmente el husillo y la tuerca con las bolas, hay una holgura axial-radial determinada por las especificaciones del diseño para la fabricación. Por holgura se entiende en este contexto la cantidad de movimiento axial o radial relativo que puede producirse entre la tuerca y el husillo con las bolas, sin que entre ellos haya un movimiento relativo angular o de giro. Para un correcto funcionamiento del conjunto del husillo a bolas de precisión, para la anulación de esta holgura, se viene recurriendo a construir el conjunto de la tuerca formado por dos tuercas, entre las cuales hay una fuerza axial de separación, que se denomina “fuerza de precarga”, que se transmite a la rosca del husillo mediante presión de dirección opuesta sobre las bolas en contacto en cada tuerca. Para ello, las roscas de las dos tuercas se separan o acercan con esa fuerza de precarga modificando la relación de múltiplo de paso que existía entre los dos circuitos de bolas más próximos de ambas tuercas, consiguiéndose estáticamente un ángulo de contacto para cada bola, siendo de signos opuestos los ángulos de contacto de las bolas situadas en una tuerca respecto a los de la otra.

Son conocidos diversos sistemas para generar la fuerza de precarga en conjuntos de tuerca formados por doble tuerca, que consisten en introducir a presión una arandela o distanciador de precisión entre las dos tuercas, para distanciar las dos tuercas, separándolas o juntándolas entre sí y fijándolas contra el giro mediante una chaveta. También es conocido el sistema de tuerca compacta precargada mediante modificación del paso en la zona central distanciado en dos partes una rosca común y ajustando el valor de la fuerza de precarga con el diámetro de las bolas.

Las bolas tienen una capacidad de deformación por aplastamiento, por lo que los denominados puntos de contacto de las bolas precargadas son superficies aplastadas con forma de elipses de contacto, y las denominadas pistas de rodadura son bandas marcadas por la anchura de las elipses de contacto.

En la práctica, no se utiliza la rosca helicoidal con sección acanalada de perfil con forma de superficies planas, como serían las roscas helicoidales de forma triangular y trapecial, con bolas, debido a la libertad e inestabilidad de los grados de movimiento de la bola entre dos superficies planas tangentes. Por ello, se utilizan bóvedas circulares, buscando una mayor envolvente de la bola, por lo que los husillos a bolas se construyen con rosca helicoidal con sección acanalada de perfil semicircular con forma de arco circular o de arco gótico-ojival, siendo la forma del arco gótico-ojival la más utilizada y ventajosa. El diseño del perfil se realiza con una determinada relación o coeficiente de conformidad envolvente entre el diámetro de la bola y los radios de los arcos del perfil, y una holgura radial-axial que permita aumentar el valor de la fuerza de precarga, con el objetivo de obtener una estabilidad de los puntos de contacto de las bolas por las pistas en las que ruedan.

Técnica de antecedentes

Los perfiles semicirculares de rosca antes comentados están designados en la Norma DIN-69051, en la Norma ISO 3408-1 y Norma UNE 15-439-94, siendo uno el de forma de arco circular y el otro de forma de arco gótico-ojival.

Son conocidos estos perfiles en las realizaciones de todos los fabricante de husillos a bolas, presentando todos la realización siguiente: El arco gótico se construye con la misma forma en el canal del husillo y en el canal de la tuerca. El perfil se define en función del diámetro de la bola, del coeficiente de conformidad del radio del arco en relación con el diámetro de la bola, la holgura radial-axial y del ángulo de contacto de la bola. Con ello, cuando está precargada la bola, se obtiene un perfil envolvente con “*dos puntos de contacto de bola*”, uno con un lado del arco de la tuerca y otro con el lado opuesto del arco del husillo, formando un ángulo de contacto el diámetro de la bola que une los dos puntos de contacto.

Realización como la expuesta, son las de las patentes:

- * Patente de Francia N° 1.098.892 de 20-Abril-1.954, expedida a LEÓN HURE & Cie.
- * Patente de EE.UU. N° 2.842.978 de 15-Julio-1.958, expedida a HARRY ORNER.
- * Patentes de Gran Bretaña, N° 822.582 de 17-Enero-1.958, N° 974.077 de 19-Abril-1.961, N° 1.140.381, de 17-mayo-1.966, todas ellas expedidas a ROTAX LIMITED.
- * Patente de Francia N° 930.339 de 3-Abril-1.963, expedida a THE CINCINNATI MILLING MACHINE CO.
- * Patente Europea N° 0.113.014 de 21-Noviembre-1.983, expedida a A. MANNESMANN MASCHINEN-FABRIK GMBH. & Co. KG.

Todas estas patentes se refieren a una misma idea de contacto de la bola en dos puntos situados uno en un lado del arco gótico-ojival de la tuerca y otro en el lado opuesto del arco del husillo. Sin embargo, estos sistemas conocidos, presentan una serie de inconvenientes, como son:

- Las bolas, tienen una capacidad de deformación por aplastamiento, y al imprimir movimiento relativo de giro al husillo respecto a la tuerca, las bolas situadas entre los canales de las roscas del husillo y de la tuerca, están sometidas simultáneamente a dos fuerzas de presión tangenciales y paralelas, que actúan en sentido opuesto en las dos elipses por deformación de los dos puntos de contacto de la bola, generando en la bola unos movimientos de rotación, de avance, de deslizamiento, de giroscopio y de orbitación, respecto a su propio eje, debido a las diferencias de velocidad de las partes de la bola por la adaptación de las elipses de los puntos de contacto a las tolerancias constructivas de los canales de rodadura. Con estos movimientos, hay una inestabilidad del centro de la bola y de los puntos de contacto de la bola presionada entre el perfil del husillo y de la tuerca, por lo que cambian las posiciones de las bandas de las pistas por donde ruedan las bolas en el canal de la rosca, generándose una vibración por tensión en la bola. Sus defectos son el ruido en forma de silbido y la inestabilidad dinámica de su rigidez.
- Cada bola avanza formando parte de un carrete de bolas, por lo que según su posición tiene generalmente contacto con la bola que le precede y con la que le sigue, por lo que si en movimiento su centro está inestable también lo estarán los puntos de contacto con esas bolas adjuntas, por lo que se generan fuerzas de engranaje que modifican las velocidades del carrete de bolas, generándose diferencias, oscilaciones y aumentos de los valores de los pares de rozamiento.
- La presión de la precarga es ejercida en su totalidad sobre dos elipses opuesta por lo que el valor de la rigidez por deformación aumenta menos que proporcionalmente con la precarga, exigiendo precargas altas para obtener mayor rigidez, con lo que surge el aumento de la temperatura, del desgaste de la vida del husillo a bolas y diferencias del valor del par dinámico de rozamiento para cada sentido del avance.
- Estos inconvenientes, se agudizan con tolerancias de fabricación del error del paso, conicidad, holgura y asimetrías en el perfil del arco gótico-ojival con dos puntos de contacto.
- Estos inconvenientes reducen las prestaciones requeridas por las aplicaciones más avanzadas de velocidad de giro, aceleración y carga, con precisión, rigidez y par dinámico de rozamiento.

Document Patent Abstracts de Japón, vol. 2003 y el documento JP 2004257466 proporcionan un husillo a bolas precargado que comprende, entre otros, perfiles con una forma de arco gótico que proporcionan un contacto de dos puntos de las bolas con la pista.

En la rodadura de las bolas precargadas con dos puntos de contacto, el avance está determinado por el desplazamiento relativo de dos planos tangentes y paralelos que presionan a la bola con dos fuerzas de rozamiento paralelas y

ES 2 324 482 T3

de sentido opuesto, con muchos grados de libertad de giro de la bola, que se activan por el contacto con las bolas que le están adjuntas.

5 La bola con dos puntos de contacto, no está guiada, causa por la que se generan tantos tipos de movimientos, forzados por diferencias de velocidad en sus zonas de contacto presionado.

10 En el estado conocido de la técnica, es de uso general un tipo de tuerca simple, no doble, en la que la bola se monta sin holgura axial y radial, con presión en cuatro puntos, dos en cada arco del perfil con forma de arco gótico-ogival simple de la tuerca y otros dos en cada lado del arco del perfil con forma de arco gótico-ogival simple del husillo. Los ángulos de contacto forman una "X", al unir los puntos de contacto opuestos, por lo que al ejercer una fuerza axial y un giro relativo del husillo respecto a la tuerca, la bola gira verticalmente y horizontalmente, hay unas fuerzas de acción en un sentido y otras opuestas de reacción debido a la forma en "X", siendo su resultante unos movimientos indefinidos cuando la velocidad de giro es alta, generándose por ello temperaturas y desgastes que hacen poco apropiado su uso.

15 En el estado conocido de la técnica se encuentran dos patentes que tratan de guiar la bola con más de dos puntos de contacto:

* Patente de EE.UU. N° 813.741 de 16-Mayo-1.955, expedida a REGINAL BISHOP.

20 * Patente de Francia N° 2395423 de 16-Junio-1.978, expedida a LOUIS POHL.

25 Estas patentes se refieren a una misma idea de encajar la bola en contacto con paredes planas de roscas de formas triangulares o trapeciales. En la práctica, no se utiliza la rosca helicoidal con sección acanalada de perfil con forma de superficies planas, como serían las roscas helicoidales de forma triangular y trapecial, con bolas, debido a la libertad e inestabilidad de los grados de movimiento de la bola entre dos superficies planas tangentes. Por ello, no están contempladas en las Normas sobre husillos a bolas DIN - 69051, ISO - 3408 y UNE 15-439-94.

30 Para resolver los inconvenientes indicados, la solución más conveniente es guiar el avance de la bola manteniendo estable la posición de su centro e igualando la velocidad de las zonas de contacto, distribuyendo la precarga en una superficie de contacto gótico-ogival, que produzca una menor deformación de la bola.

Descripción de la invención

35 Con "*múltiples puntos de contacto*" se puede guiar la bola, ya que, en el lado de un arco la bola hará el contacto en múltiples puntos, y en el lado opuesto del otro arco el contacto de la bola será en otros múltiples puntos. Para que la bola tenga unos determinados puntos de contacto tiene que haber unas curvas tangentes en ese lado del arco, este arco se formará mediante arcos gótico-ogivales superpuestos, esto es el *arco gótico-ogival múltiple* con dos centros de construcción para cada arco. En el lado opuesto tendremos el arco gótico-ogival múltiple correspondiente a sus puntos de contacto.

40 Por geometría, múltiples puntos del espacio equidistantes de un centro contienen una esfera, y múltiples puntos del plano contienen un círculo. Con los múltiples puntos de contacto la bola rodará guiada generando múltiples circunferencias paralelas de rodadura de avance y sus correspondientes pistas de rodadura, eliminando el movimiento giroscópico y otros aleatorios. La posición del centro de la bola se mantendrá estable en la rodadura.

45 La simetría de los puntos de contacto se define por diseño y como el círculo de la bola es el lugar geométrico de todos los puntos desde los cuales el segmento que une los dos puntos subtiene ángulos iguales, se mantendrá constante el ángulo de presión del punto opuesto. Siendo los puntos de contacto de forma elíptica, se reparte la carga cada dos áreas elípticas en un lado y en otra elipse de mayor proyección en el otro, consiguiendo menor deformación de la bola con precarga igual. La simetría del diseño de los puntos de contacto puede modificarse voluntariamente mediante la fuerza de precarga, modificando la deformación de la elipse por carga en el punto de contacto que convenga.

50 Por lo tanto, la presente invención describe un husillo a bolas precargado, que está formado por un husillo, bolas de rodadura y una tuerca doble precargada y con recirculación, en cuya superficie interior de dicha tuerca está labrada una rosca helicoidal con perfil de sección acanalada con forma de un arco gótico-ogival múltiple, de modo que las bolas ruedan con múltiples puntos de contacto, produciendo con ello un guiado de la bola por múltiples pistas paralelas de rodadura y manteniendo la posición del centro de la bola, con dos centros de construcción para cada arco, estando la tuerca montada sobre dicho husillo, en cuya superficie exterior está labrada una rosca helicoidal con perfil de sección acanalada con forma de un arco gótico-ogival múltiple con dos centros de construcción para cada arco, transmitiendo 55 dichas bolas de rodadura la fuerza en ángulo, presionadas y en contacto tangencial con múltiples puntos del perfil de la rosca de la tuerca y con otros múltiples puntos del perfil del husillo, con lo que los puntos de contacto del perfil de la rosca de la tuerca y los puntos de contacto del perfil del husillo son opuestos entre sí y forman un ángulo de contacto.

60 El husillo a bolas precargado antes mencionado elimina los grados de libertad de movimientos de giro, disminuye el rozamiento entre bolas y aumenta la rigidez por menor deformación a la presión.

La tuerca doble precargada del husillo a bolas y con recirculación es un casquillo hueco cilíndrico, en cuya superficie interior está labrada una rosca helicoidal con sección acanalada y está montada sobre un husillo, que es un eje

cilíndrico. Las bolas son cuerpos esféricos de rodadura que se montan formando circuitos de bolas dentro de un tubo helicoidal con perfil con forma de arco gótico-ojival múltiple de múltiples puntos de contacto, formado por las roscas del husillo y de la tuerca al emparejarse coaxialmente.

5 Breve descripción de los dibujos

Los dibujos que se acompañan muestran:

10 la figura 1, una gráfica ilustrativa de diseño del perfil de la rosca del husillo a bolas, que tiene forma de arco gótico-ojival múltiple para que la bola ruede con múltiples puntos de contacto, formado por la sección de perfil de la rosca de la tuerca, con forma de arco gótico-ojival múltiple con dos centros de construcción para cada arco y la otra sección de perfil de la rosca del husillo, con forma de un arco gótico-ojival múltiple con dos centros de construcción para cada arco, emparejados coaxialmente;

15 la figura 2, una gráfica ilustrativa del diseño para la construcción del arco gótico-ojival múltiple con dos centros de construcción para cada arco, como una superposición de arcos gótico-ojivales con diferentes pares de centros y cuyos radios tienen una determinada relación o coeficiente de conformidad envolvente con el diámetro de la bola;

20 la figura 3, una vista de las múltiples elipses de los puntos de contacto y de las bandas de las pistas en un lado del arco gótico-ojival múltiple de la tuerca y de los puntos y bandas en el lado del arco gótico-ojival opuesto del husillo, formando ángulo de contacto, generadas sobre la bola como múltiples circunferencias paralelas de rodadura de avance, manteniendo estable la posición del centro de la bola;

25 la figura 4 representa una vista frontal de los múltiples puntos de contacto y de la división de las fuerzas de precarga en los puntos del arco gótico-ojival múltiple; y

30 la figura 5, una vista en alzado del husillo a bolas precargado cuya rosca tiene perfil con forma de arco gótico-ojival múltiple para que la bola ruede con múltiples puntos de contacto, formando ángulo de contacto, objeto de la invención.

Forma de realización preferida de la invención

35 La invención será descrita ahora más detalladamente con ayuda de una forma de realización, haciendo referencia a las figuras de los dibujos.

Con referencia a la figura 1, en ella se muestra una vista en sección del diseño del nuevo perfil de rosca que tiene forma de arco gótico-ojival múltiple con dos centros de construcción para cada arco, una vez definidos los ángulos de contacto de los múltiples puntos (5.3) de la bola (4) con el arco gótico-ojival múltiple (5.1) de la tuerca (2) y con el arco gótico-ojival múltiple (5.2) del husillo (3), el coeficiente de conformidad de los radios de los arcos con el diámetro de la bola y la holgura radial-axial entre la tuerca (2) y el husillo (3), emparejados coaxialmente.

45 La figura 2 es una gráfica ilustrativa del diseño para la construcción de un arco gótico-ojival múltiple (5.1) con dos centros de construcción para cada arco, como una superposición de arcos gótico-ojivales con diferentes pares de centros (5.1.2) y cuyos radios (5.1.3) tienen una determinada relación o coeficiente de conformidad envolvente con el diámetro de la bola.

50 En la figura 3 se representa una vista de las múltiples elipses de los puntos de contacto (5.3) y de las bandas de las pistas (6) situadas unas en un lado del arco gótico-ojival múltiple (5.1) de la tuerca (2) y las otras, en el lado opuesto del arco gótico-ojival múltiple (5.2) del husillo (3), formando ángulo de contacto, estas pistas están generadas sobre la bola (4) como múltiples circunferencias paralelas (6) de rodadura de avance, manteniendo estable la posición del centro (4.1) de la bola, quedando guiada la bola (4) y eliminados los grados de libertad de su movimiento.

55 En la figura 4 se muestra una vista frontal de los múltiples puntos de contacto (5.3) y de la división de las fuerzas de precarga en los puntos del arco gótico-ojival múltiple (5.1) de la tuerca (2), con una proyección de las cargas hacia los puntos opuestos, formando una elipse más suave de contacto, en el lado opuesto del otro arco gótico-ojival múltiple (5.2) del husillo (3).

60 Por último, en la figura 5 se representa una vista en planta de un husillo a bolas (1) de acuerdo con la invención, que está formado por una tuerca (2) doble precargada y con recirculación, que es un casquillo hueco cilíndrico, en cuya superficie interior está labrada una rosca helicoidal con sección acanalada de perfil con forma de arco gótico-ojival múltiple (5.1) con dos centros de construcción para cada arco, que está montada sobre un husillo (3), que es un eje cilíndrico en cuya superficie exterior está labrada una rosca helicoidal con sección acanalada de perfil con forma de un arco gótico-ojival múltiple (5.2) con dos centros de construcción para cada arco, y las bolas (4), que son cuerpos esféricos de rodadura y transmisión de fuerzas en ángulo, por presión sobre las mismas, por contacto tangencial con múltiples puntos (5.3.1) del perfil de la rosca de la tuerca y con otros múltiples puntos (5.3.2) del perfil del husillo, opuestos y formando ángulo de contacto, y que están montadas formando circuitos de bolas dentro del tubo helicoidal con perfil con forma de arco gótico-ojival múltiple de múltiples puntos de contacto (5.3), que forman las roscas del husillo y de la tuerca al emparejarse coaxialmente.

ES 2 324 482 T3

En definitiva, con el husillo a bolas de acuerdo con esta invención, con el perfil de la rosca de forma de arco gótico-ojival múltiple para que la bola ruede con múltiples puntos de contacto, lo que produce un guiado de la bola por múltiples pistas paralelas de rodadura manteniendo la posición del centro de la bola, eliminando los grados de libertad de movimientos de giro, se consiguen la ventajas de:

5

- Aumentar la rigidez por menor deformación a la presión, obteniendo con precargas bajas una mayor rigidez, con lo que se reduce la temperatura, y se aumenta la vida del husillo a bolas y se eliminan las diferencias del valor del par dinámico de rozamiento para cada sentido del avance.

10

- Eliminar las fuerzas de engranaje por rozamiento entre bolas, que modifican las velocidades del carrete de bolas, generándose diferencias, oscilaciones y aumentos de los valores de los pares de rozamiento.

15

- Eliminar la vibración por tensión en la bola y los defectos del ruido en forma de silbido y la inestabilidad dinámica de la rigidez.

- Son mejor admitidas las tolerancias de fabricación.

20

- Se consiguen mejor las prestaciones requeridas por las aplicaciones más avanzadas de velocidad de giro, aceleración y carga, con precisión, rigidez y par dinámico de rozamiento.

Estas ventajas se obtienen con una pequeña modificación del diseño constructivo del perfil de la tuerca y del husillo, que no supone incremento del coste económico de fabricación.

25

Este nuevo perfil de rosca helicoidal con sección acanalada de perfil con forma de arco gótico-ojival múltiple de múltiples puntos de contacto, puede fabricarse con diferentes combinaciones de puntos de contacto en la tuerca y en el husillo, por ejemplo 4 puntos en la tuerca y 4 en el husillo, o 4 y 3, o 4 y 2, o 4 y 1, o 3 y 3, o 3 y 2, o 3 y 1, o 2 y 2, o 2 y 1, así con otras combinaciones de puntos de contacto, siempre que no sea 1 y 1.

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un husillo a bolas precargado (1), que está formado por un husillo (3), bolas (4) de rodadura y una tuerca (2) doble precargada y con recirculación, en cuya superficie interior de dicha tuerca está labrada una rosca helicoidal con un perfil de sección acanalada con forma de un arco gótico-ojival múltiple (5.1), de modo que las bolas ruedan con múltiples puntos de contacto (5.3), produciendo con ello un guiado de la bola por múltiples pistas paralelas de rodadura (6) y manteniendo la posición del centro de la bola (4.1), con dos centros de construcción para cada arco, estando dicha tuerca (2) montada sobre dicho husillo (3), en cuya superficie exterior está labrada una rosca helicoidal con un perfil de sección acanalada con forma de un arco gótico-ojival múltiple (5.2) con dos centros de construcción para cada arco, transmitiendo dichas bolas (4) de rodadura la fuerza en ángulo, presionadas y en contacto tangencial con múltiples puntos (5.3.1.) del perfil de la rosca de la tuerca y con otros múltiples puntos (5.3.2) del perfil del husillo, con lo que los puntos de contacto (5.3.1) del perfil de la rosca de la tuerca y los puntos de contacto (5.3.2) del perfil del husillo son opuestos entre sí y forman un ángulo de contacto.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

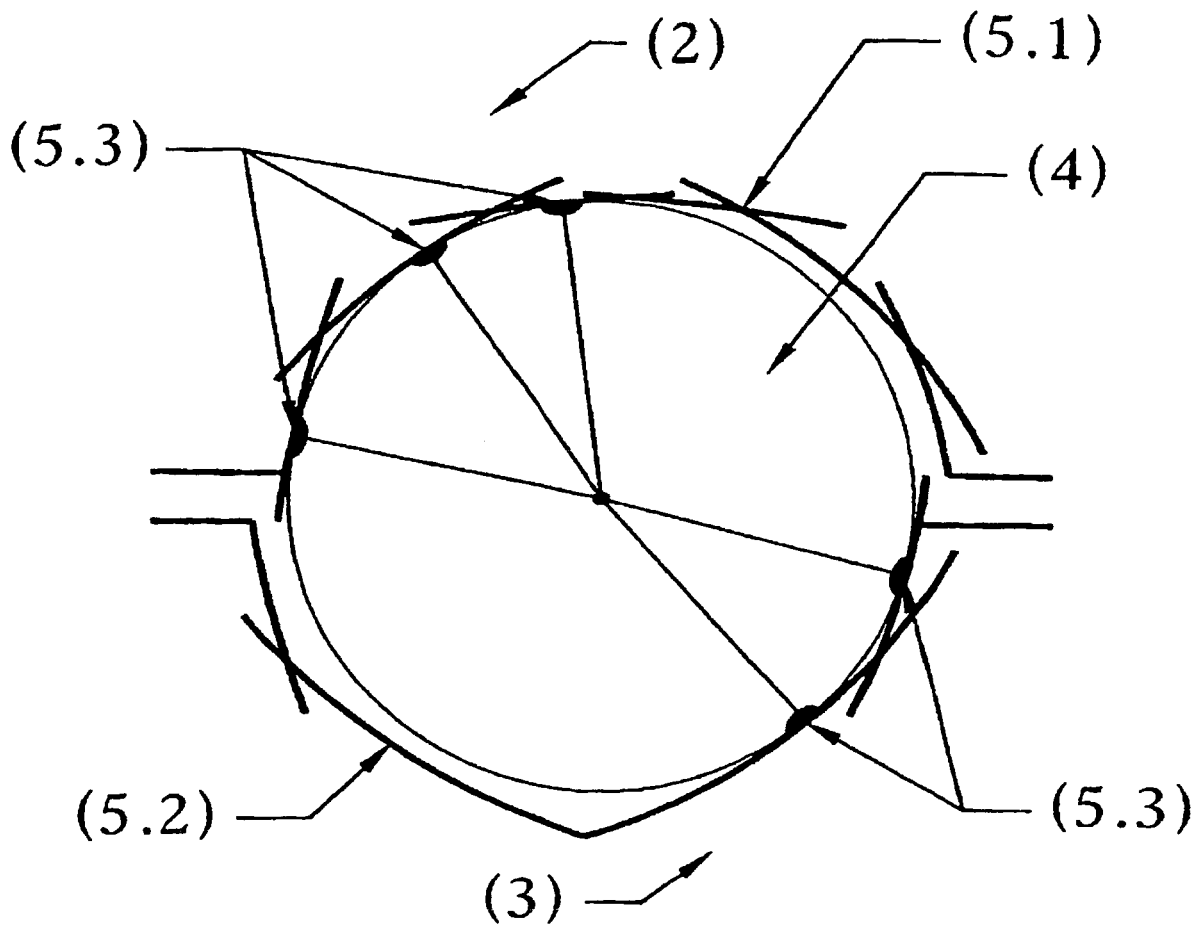


FIG. 1

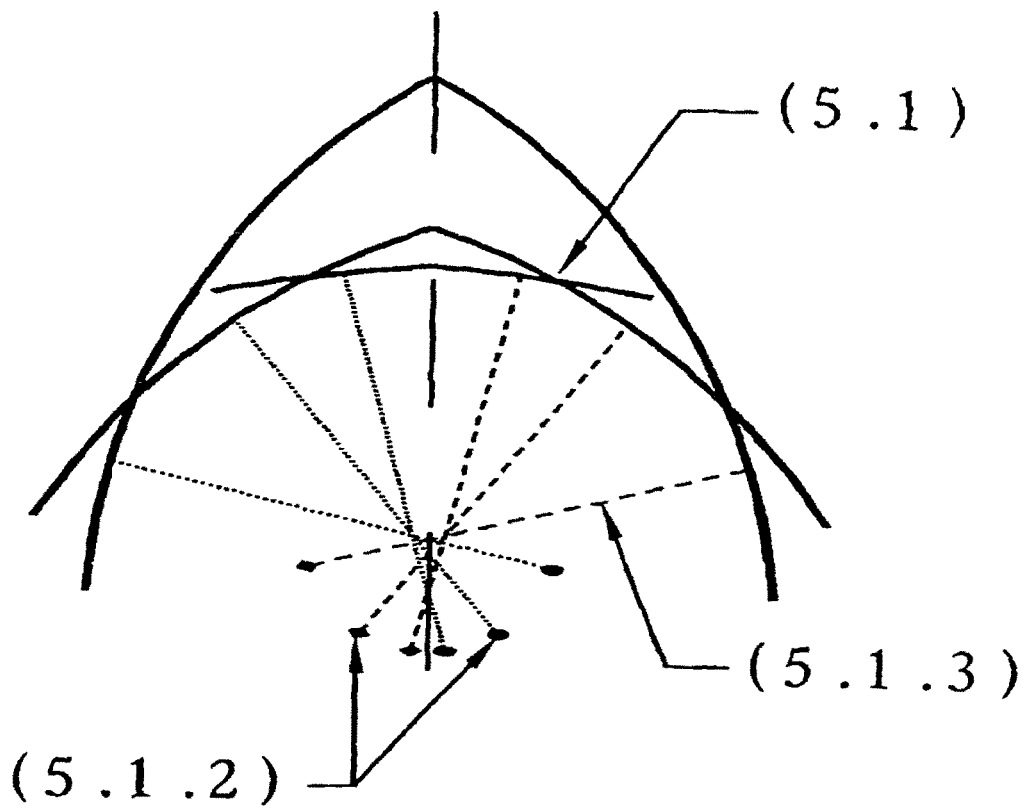


FIG. 2

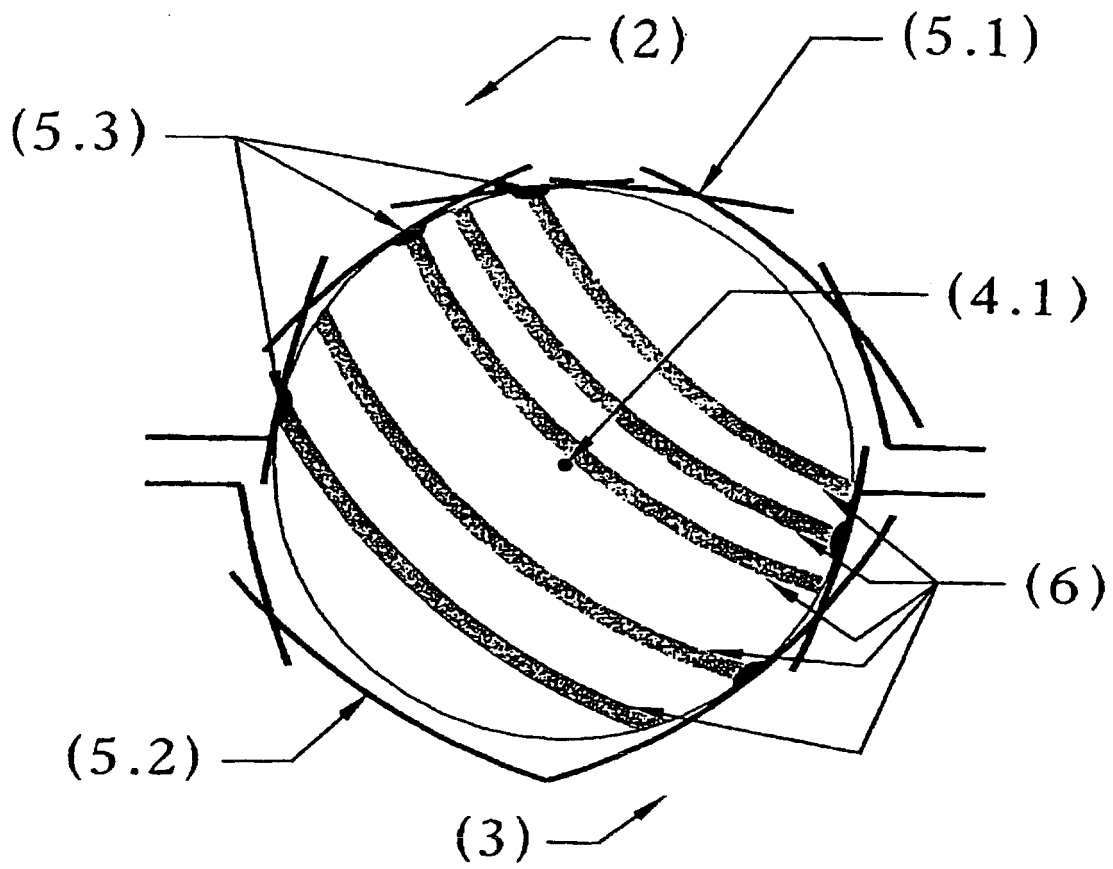


FIG. 3

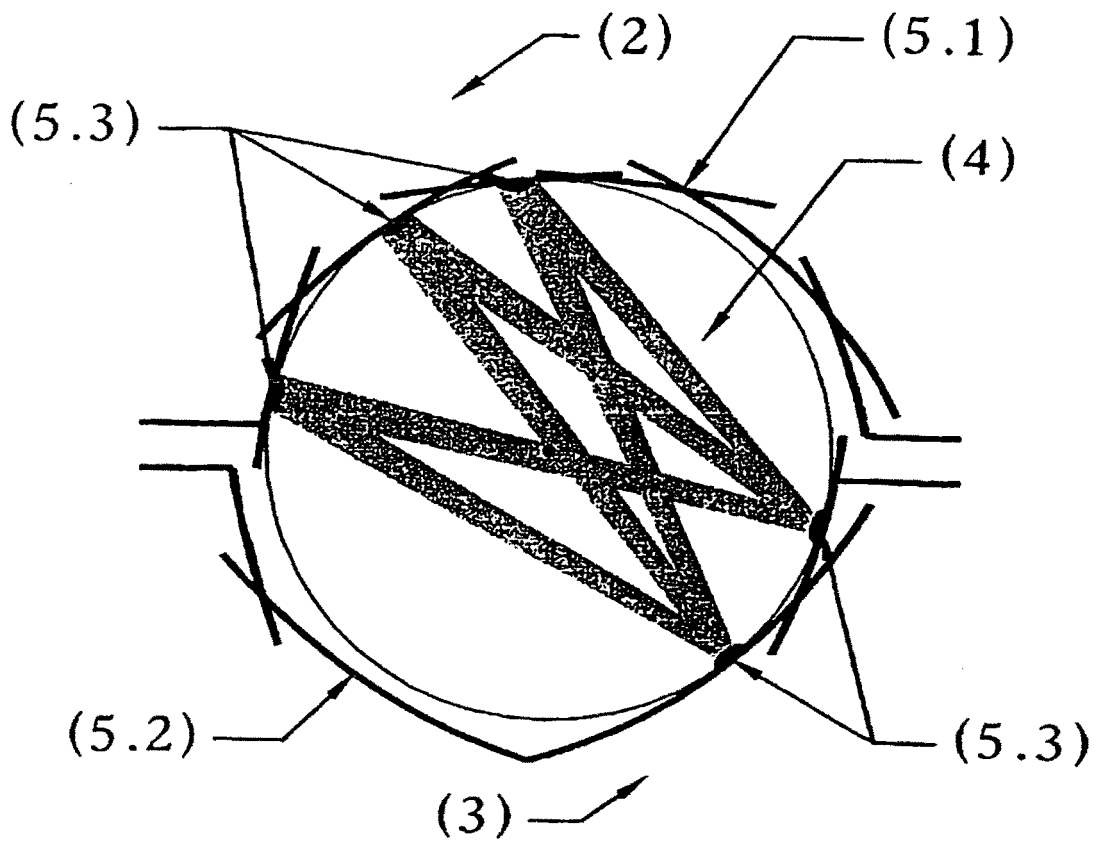


FIG. 4

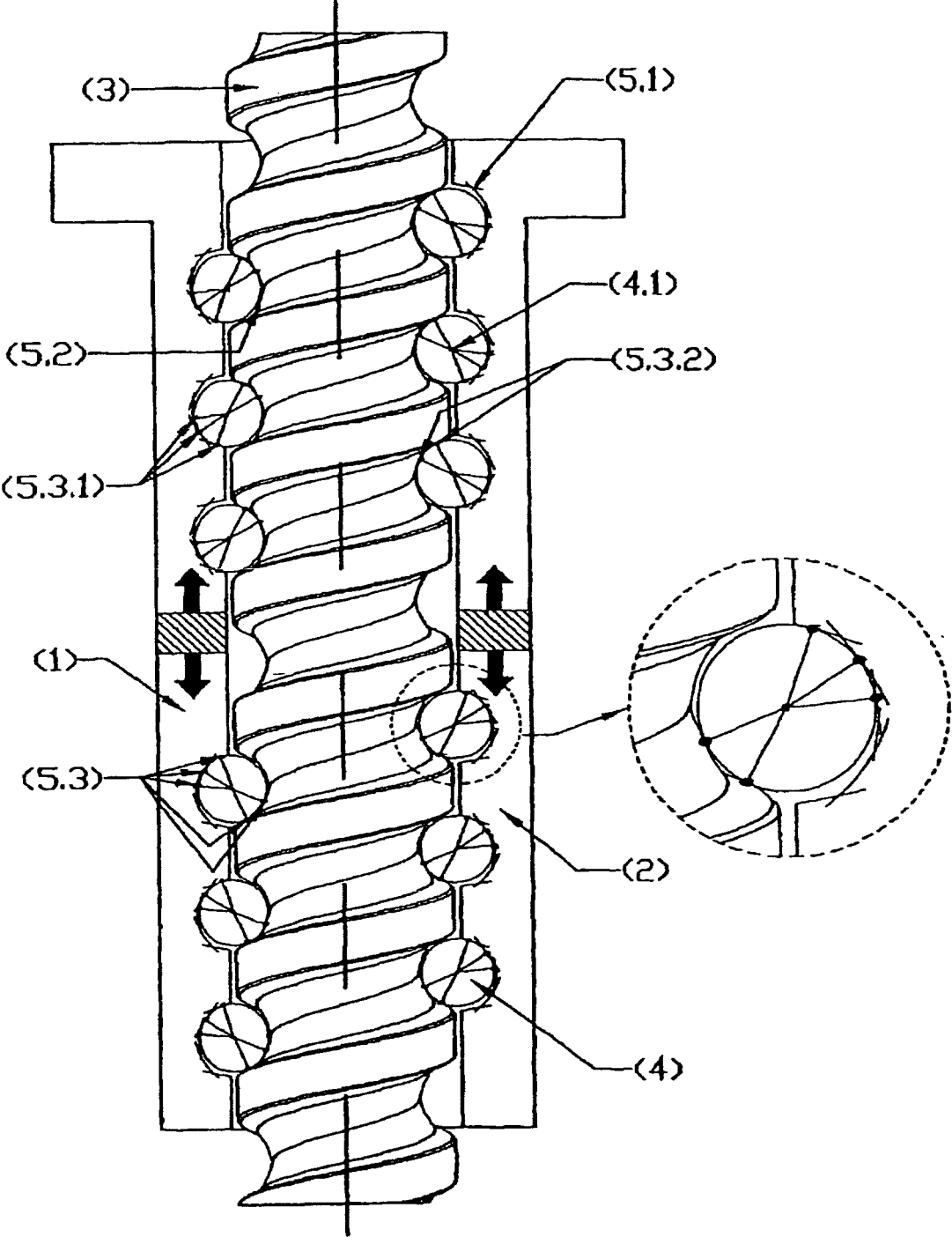


FIG. 5