

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 985 642**

51 Int. Cl.:

G01N 19/02 (2006.01)

G01N 33/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.08.2020** **PCT/EP2020/074169**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.03.2021** **WO21043697**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.08.2020** **E 20764647 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2024** **EP 4025894**

54 Título: **Un aparato de medición de tracción o fricción y un método de calibración**

30 Prioridad:

08.09.2019 GB 201912908

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

06.11.2024

73 Titular/es:

PCS INSTRUMENTS LTD (100.0%)

78 Stanley Gardens

London W3 7SZ, GB

72 Inventor/es:

HAMER, CLIVE y

HUTCHINSON, JOHN

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 985 642 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

Un aparato de medición de tracción o fricción y un método de calibración

Campo técnico

5 Esta invención hace referencia a un método y un aparato de medición de fricción y, en particular, a un método y un aparato de medición de fuerzas de tracción y/o fricción entre una bola y un disco giratorios. Las aplicaciones típicas incluyen el modelado de la economía de combustible de los aceites de motor de automoción, la evaluación de aditivos de borde, la medición y ensayo del desgaste, la investigación del contacto suave y diversos tipos de medición de fricción para fluidos de tracción.

10 Antecedentes

En el pasado se han propuesto diversas formas de aparatos para medir o probar las fuerzas de fricción y/o tracción. Sin embargo, es difícil lograr una medición muy precisa, ya que las formas de aparatos de medición conocidas tienen resistencias incorporadas, como por ejemplo la fricción interna, la dilatación térmica diferencial y las deformaciones elásticas bajo carga y tolerancias de fabricación que dan lugar a variaciones de un conjunto de aparato a otro, todo lo cual puede influir en las fuerzas que el aparato intenta medir con precisión.

15 La tracción en los contactos rodantes/deslizantes se suele determinar midiendo el par aplicado a una de las probetas giratorias o midiendo la fuerza de reacción que siente un cuerpo que soporta una de las probetas giratorias.

20 Para la medición de la tracción es necesario conocer con precisión las dimensiones del radio del recorrido de la bola y del radio del recorrido del disco, con el fin de ajustar en consecuencia las velocidades de contacto relativas de la bola y el disco.

25 A efectos prácticos, puede que no sea posible eliminar en su totalidad las fuerzas extrañas, las tolerancias de fabricación y la dilatación térmica diferencial. Por consiguiente, lo que se necesita es un aparato y un método que proporcionen una precisión mejorada en la medición de las fuerzas, a pesar de las variaciones inherentes.

30 Un objetivo de esta invención es proporcionar un método de prueba de tracción y/o fricción y un aparato en el que se tengan en cuenta cualesquiera fuerzas extrañas y variaciones inherentes en el aparato de tal forma que cualquier medida de fuerza de tracción o fricción sea directamente proporcional a la fuerza real.

35 El documento "Performance and mechanisms of silicate tribofilm in heavily loaded rolling/sliding non-conformal contacts" de Jonny Hansen et. al., publicado en Tribology International el 10 de marzo de 2018, describe un método de calibración de un aparato de medición de fricción de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Sumario de la Invención

40 En un aspecto, la invención comprende un método de calibración de un aparato de medición de tracción o fricción, comprendiendo dicho aparato una superficie plana de tracción de disco; una superficie esférica de tracción de bola construida y dispuesta para, durante su utilización, entrar en contacto con dicha superficie de tracción del disco; una estructura de soporte construida y dispuesta para soportar dichas superficies de tracción del disco y de la bola una con la otra, permitiendo al mismo tiempo un movimiento de rotación relativo entre las mismas; comprendiendo los medios de accionamiento del disco un motor de accionamiento del disco y comprendiendo los medios de accionamiento de la bola un motor de accionamiento de la bola que se puede hacer funcionar para efectuar el movimiento relativo entre dichas superficies de tracción del disco y de la bola, y de este modo generar una fuerza de tracción o fricción entre las mismas; medios de medición de la velocidad del disco y medios de medición de la velocidad de la bola; y medios de medición de la fuerza asociados con al menos dichas superficies de tracción del disco y de la bola para proporcionar una medición de la fuerza derivada de dicha fuerza de tracción o fricción, en donde la medición de la velocidad de la bola y la velocidad del disco se puede realizar en un punto de rodadura pura entre la bola y el disco con el fin de determinar con precisión el radio del recorrido del disco en función del radio del recorrido de la bola conocido, caracterizado por las siguientes etapas:

- a. aumentar de forma constante la velocidad del disco y reducir la de la bola (o viceversa) de tal manera que se garantice que en algún momento las velocidades pasen por un punto en el que el disco y la bola estén en rodadura pura,
- b. trazar la fuerza de tracción en función de la relación deslizamiento/rodadura (SRR),
- 55 c. observar y registrar los valores de las velocidades del motor de accionamiento del disco y del motor de accionamiento de la bola que corresponden al punto de transición de fuerza de tracción positiva a negativa (o negativa a positiva) a medida que el contacto pasa por el contacto de rodadura pura y,
- d. determinar el radio del recorrido del disco (DTR) en función de la fórmula:

DTR= Velocidad del motor de la bola x radio del recorrido de la bola / Velocidad del motor del disco.

- 5 Preferiblemente se realizan dos mediciones de tracción para cada valor de salida de tracción, una primera medición de tracción se toma con una relación deslizamiento/rodadura (SRR) positiva, y una segunda medición de tracción se toma con una SRR negativa, y en donde el segundo valor de tracción se resta, a continuación, del primer valor de tracción y el resultado se divide por la mitad para obtener un valor de tracción verdadero eliminando el efecto de cualquier desviación por desplazamiento.
- 10 Preferiblemente, se utiliza un contacto seco entre las superficies de tracción o un fluido de contacto que presente tanto una pendiente de tracción muy pronunciada con SRR bajo como una pendiente de tracción plana con SRR más alto, donde el valor de tracción es máximo.
- 15 El método de calibración de un aparato de medición de tracción o fricción puede tener las siguientes etapas adicionales:
- i) establecer el punto de fuerza de tracción cero, utilizando un contacto seco o fluido de contacto y realizar una medición con un SRR más alto donde el valor de tracción sea máximo,
 - 20 ii) pasar por una serie de velocidades del disco y de la bola progresivamente crecientes y decrecientes con SRR bajo a ambos lados de una velocidad de rodadura pura estimada utilizando un contacto seco o un fluido de contacto de acuerdo con la reivindicación 3 y registrar los valores de tracción,
 - 25 iii) registrar el SRR en el que el valor de tracción registrado en la etapa b) sea igual al punto de fuerza de tracción cero de la etapa a),
 - iv) ajustar el radio del recorrido del disco (DTR) de tal forma que el SRR indicado sea igual a cero. De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un aparato de medición de tracción o fricción de acuerdo con la reivindicación 5 que se calibra mediante el método de la reivindicación 1, en donde dicho aparato comprende una superficie plana de tracción de disco; una superficie esférica de tracción de bola construida y dispuesta para, durante su utilización, entrar en contacto con dicha superficie de tracción del disco; una estructura de soporte construida y dispuesta para soportar dichas superficies de tracción del disco y de la bola una con la otra permitiendo al mismo tiempo el movimiento relativo de rotación entre las mismas; alrededor de un eje, incluyendo dicho aparato medios de accionamiento del disco y medios de accionamiento de la bola que se pueden hacer funcionar para efectuar el movimiento relativo entre dichas superficies de tracción del disco y de la bola e incluyen medios de medición de la velocidad del disco y medios de medición de la velocidad de la bola, y para generar de este modo una fuerza de tracción o fricción entre ellas; y medios de medición de la fuerza asociados con al menos dichas superficies de tracción del disco y de la bola para proporcionar una medición de la fuerza derivada de dicha fuerza de tracción o fricción y que la medición de la velocidad de la bola y de la velocidad del disco se pueda realizar en un punto de rodadura pura entre la bola y el disco para determinar con precisión el radio del recorrido del disco en función del radio del recorrido de la bola conocido.
- 40 Preferiblemente, los medios de soporte del disco montan dicha superficie de tracción del disco para que gire alrededor de un eje, en esencia, vertical. Los medios de soporte de la bola se montan con capacidad de giro alrededor de un eje, en esencia, horizontal para permitir que dicha superficie de tracción de la bola se desplace en contacto con dicha superficie de tracción del disco.
- 45 Preferiblemente los medios de soporte de la bola incluyen además medios de flexión elásticos contruidos y dispuestos para permitir el movimiento elástico de dicha superficie de tracción de la bola con respecto a dicha superficie de tracción del disco en la dirección del movimiento todavía resistente a la fuerza de fricción o tracción resultante de dicha superficie de tracción de la bola en direcciones ortogonales.
- 50 Los medios de accionamiento pueden incluir además medios de desplazamiento para desplazar de forma variable dicha superficie de tracción de la bola en contacto con dicha superficie de tracción del disco en una dirección normal a dicha superficie de tracción del disco. Estos medios de desplazamiento se proporcionan convenientemente en parte, mediante un motor paso a paso.
- 55 Los medios de medición de la fuerza preferiblemente comprenden un transductor de fuerza lineal montado para detectar la fuerza en dicha superficie de tracción de la bola debida a una fuerza de tracción o fricción generada entre dichas superficies de tracción del disco y de la bola.
- 60 Los expertos en la técnica podrán encontrar muchas variaciones en la forma de llevar a cabo la invención. Las únicas limitaciones en el alcance de la invención estarían impuestas por las reivindicaciones adjuntas y no por la siguiente descripción de una forma de realización preferida.

Breve descripción de los dibujos

Figura 1: muestra una vista en planta esquemática del aparato de medición que representa la invención;
 Figura 2: muestra una vista lateral esquemática, parcialmente en sección, del aparato de medición mostrado en la Figura 1;
 Figura 3: muestra (a mayor escala) una vista de alzado esquemática, desde la izquierda según se muestra en las Figuras 1 y 2, de parte del aparato de ensayo mostrado en las Figuras 1 y 2 con la segunda superficie de tracción en posición elevada;
 Figura 4: muestra una vista en perspectiva esquemática de una forma de realización de un aparato de medición de acuerdo con la invención,
 Figura 5: es una vista esquemática que muestra cómo se definen el radio del recorrido del disco (DTR) y el radio del recorrido de la bola (BTR), y
 Figura 6: muestra una gráfica de la señal del transductor de tracción en función de la relación deslizamiento/rodadura con aproximadamente una fuerza de tracción cero, obtenida de la utilización del aparato mostrado en las Figuras 1 a 4.

Descripción de las formas de realización preferidas

Antes de empezar a describir el aparato y su funcionamiento, conviene definir algunos términos:

La relación deslizamiento/rodadura (SRR) en términos generales tiene por objetivo definir la diferencia entre las velocidades de las superficies de tracción dividida por su media. En otras palabras

$$\frac{2(U1 - U2)}{U1 + U2}$$

La velocidad de rodadura es la media de las velocidades de las superficies de tracción primera y segunda, es decir

$$\frac{U1 + U2}{2}$$

Volviendo a las Figuras 1 a 4, el aparato de medición 10 está provisto de una primera superficie de tracción 11 y una segunda superficie de tracción 12, estando dispuestas las superficies 11 y 12 para entrar en contacto una con otra, según se puede observar en las Figuras 1 y 2. Se proporciona una estructura de soporte, generalmente designada 13, para soportar las superficies 11 y 12 en sus respectivas posiciones de funcionamiento, permitiendo al mismo tiempo una cierta cantidad de movimiento relativo entre las mismas.

Montados dentro de la estructura de soporte 13 están los medios de accionamiento 14, 15 que se pueden hacer funcionar para efectuar el movimiento respectivo de las superficies de tracción 11 y 12 y, para generar de este modo una fuerza de fricción o tracción entre las mismas que, durante su utilización, se mide mediante los medios de medición de fuerza 16.

El aparato 10 se caracteriza por que cualesquiera fuerzas de tracción o fricción que surjan entre las superficies de tracción 11 y 12 se resisten únicamente mediante la deformación elástica de la estructura de soporte y/o la deformación elástica de los medios de medición de fuerza 16.

En la forma mostrada, las superficies de tracción 11 y 12 se configuran respectivamente para permitir el movimiento de rodadura de una respecto de la otra. Para este fin, preferiblemente, la primera superficie de tracción 11 es una superficie plana, mientras que la segunda superficie 12 tiene una componente circular, de tal forma que, cuando la superficie 12 se pone en contacto con la superficie 11, se pueden generar fuerzas de tracción o fricción. Más ventajosamente, la primera superficie de tracción plana 11 se dota con la forma de un disco montado para hacerlo girar alrededor de su eje central mediante los primeros medios de accionamiento 14.

La segunda superficie de tracción 12 se proporciona ventajosamente como la superficie de una bola esférica montada para hacerla girar mediante los segundos medios de accionamiento 15.

En una forma de realización operativa particular, el disco 11 tiene 46,0 mm de diámetro y la bola 12, 19,05 mm de diámetro. Ambos se fabrican de acero para rodamientos AISI 52100 pulido. Por supuesto, se pueden fabricar con otros materiales si se desea. Ambos componentes se diseñan para ser de un solo uso, tras lo cual se desechan.

La estructura de soporte 13 incluye unos primeros medios de soporte 17 para soportar con capacidad de rotación el disco 11, y unos segundos medios de soporte 18 para soportar con capacidad de rotación la bola 12, estando dispuestos los primeros medios de soporte 17 y los segundos medios de soporte 18 entre sí de forma que el eje de

rotación de la bola 12 pase a través del eje de rotación del disco, coincidiendo la intersección de los ejes con el centro de la cara de contacto plana del disco 11.

Por lo tanto, con un movimiento de rodadura pura, los puntos de la superficie de contacto en la trayectoria de contacto tendrán, en esencia, la misma velocidad, lo que minimiza el fenómeno conocido como spin en el contacto. La forma del contacto es circular y se conoce como contacto Hertz.

Más particularmente, el primer medio de soporte comprende el bloque de cojinetes 19 que se monta en el chasis de base 20, fijándose el bloque de cojinetes 19 al primer árbol de accionamiento 21, en cojinetes 22, con una orientación, en esencia, vertical.

El disco 11 se monta en el extremo superior del árbol de accionamiento 21, mientras que en el extremo inferior del árbol 21 se monta una polea de accionamiento 23. La polea de accionamiento 23 recibe el impulso de otra polea 24 montada en el árbol de salida del servomotor de corriente continua 25, por medio de la correa de accionamiento 26.

Formado en la parte superior del bloque de cojinetes 19 hay un depósito estanco a los fluidos 27, estando configurado el depósito 27 para retener un líquido bajo prueba, de tal forma que el parche de contacto entre el disco 11 y la bola 12, esté sumergido en el fluido de prueba. El depósito 27 se cierra mediante una tapa 28 a lo largo de la interfaz 29 que, según se puede observar, se coloca por encima del parche de contacto entre el disco 11 y la bola 12.

Para calentar el contenido del depósito 27 se dispone de elementos calefactores eléctricos (no mostrados), o equivalentes, siendo medida la temperatura preferiblemente mediante sondas de temperatura de platino del tipo RTD 30. Un enfriador de aceite refrigerado externo (no mostrado), o equivalente, se puede proporcionar para enfriar el contenido del depósito 27.

La parte superior del bloque de cojinetes 19 y la tapa 28, que en combinación definen el depósito 27, están preferiblemente revestidos de una cubierta aislante de PTFE para que el aparato 10 sea seguro al tacto incluso a las temperaturas de ensayo más elevadas.

La estructura de soporte 13 incluye además un segundo medio de soporte 31 que soporta los segundos medios de accionamiento 15. Los medios de accionamiento 15 comprenden preferiblemente otro servomotor de corriente continua, estando montada la bola 12 directamente en el árbol de salida 32 del motor 15 para hacerla girar mediante el mismo. Los segundos medios de soporte 31 se disponen con respecto a los primeros medios de soporte 17 de modo que los ejes del disco 11 y de la bola 12 se sitúen en un plano vertical común, según se puede observar en la Figura 1.

La utilización de servomotores de corriente continua de accionamiento independiente como motores de accionamiento 25 y 15 permite un control de la velocidad de alta precisión, especialmente a bajas relaciones deslizamiento/rodadura.

Cuando en la configuración de prueba mostrada en las Figuras 1 y 2, con la bola 12 en contacto con el disco 11, el árbol de salida 32 debe pasar a través de la pared que define el depósito 27. Esto se ajusta ventajosamente asegurando que la interfaz 29 sea, en esencia, coincidente con el eje de árbol 32 cuando la bola 12 se encuentra en la posición cargada según se muestra en la Figura 1. La tapa 28 y el bloque de cojinetes 19, están provistos, adyacentes a la interfaz 29, de cavidades semicirculares cooperantes (no mostradas) que, cuando la tapa 28 se coloca en su posición sobre la parte superior del bloque de cojinetes 19 para definir el depósito 27, proporcionan una abertura con holgura alrededor del árbol 32. Debido a que la interfaz 29 se encuentra por encima del nivel del líquido de trabajo en el depósito 27, el árbol 32 no necesita sellarse cuando pasa a través de la pared del depósito. Obviamente, si se utilizara un reten para el árbol, dicho reten aplicaría un par de torsión resistivo y una fuerza de reacción al árbol 32.

El motor 15 se monta en una disposición de cardán 33 montada, a su vez, en soportes 34 que se extienden verticalmente desde el chasis base 20. El cardán 33 se monta en los soportes 34 a través de árboles de buje 35 montados sobre un eje horizontal común. Esto permite que la disposición de cardán 33 gire sobre el eje horizontal y, de este modo, que la bola 12 entre y salga del contacto con el disco 11. Además, aplicando una fuerza de carga sobre la disposición de cardán 33, alrededor del eje horizontal de los árboles 35, la fuerza de la bola 12 contra el disco 11 puede variar sin variar ninguna fuerza interactiva estática entre ambos, en direcciones ortogonales.

De las placas laterales verticales rígidas 36, que forman parte de la disposición de cardán 33, sobresalen árboles de buje 35. Entre los bordes superior e inferior de las placas laterales 33 se montan elementos deformables 37. En el centro dentro de cada uno de los elementos deformables 37, a lo largo de un eje común ortogonal al eje de los árboles de buje 35, se encuentran otros árboles de buje 38. Los árboles de buje 38 forman parte de la fijación 39 en la que se monta el motor 15.

Cada uno de los elementos deformables 37 se configura y dispone para proporcionar una baja rigidez a la torsión alrededor del eje de los árboles de buje 38 y proporcionar, no obstante, una alta rigidez alrededor de cualquier otro

eje de rotación o en cualquier dirección de translación. Más importante aún, las elementos deformables 37 se configuran y disponen para garantizar que cualquier resistencia al movimiento, particularmente alrededor del eje de los árboles de buje 38, sea puramente elástica.

5 En la forma de realización representada, las elementos deformables 37 comprenden cuatro largueros 40 que se disponen en ángulo recto y que son relativamente delgados cuando se observan verticalmente, como en la Figura 1. Aunque se representan y describen cuatro largueros 40, los expertos en la técnica apreciarán que se puedan fabricar tres o más largueros para que funcionen con la misma eficacia.

10 Los largueros 40 se mecanizan preferiblemente en aluminio e incluyen un buje central 41 en el que se montan los árboles de buje 38 sin capacidad de giro. Por lo tanto, cualquier rotación del motor 15 en torno al eje de los árboles de buje 38 es resistida por la deformación elástica de los largueros deformables 40.

15 Sobresaliendo desde la disposición de cardán 33 hay un larguero de carga 42, cuyo extremo exterior se une a un motor paso a paso 43 y a un actuador de husillo de bolas para aplicar un desplazamiento al larguero 42 y desplazar de este modo la bola dentro y fuera del contacto con el disco 11 en una dirección normal al plano del disco 11. Una vez que la bola ha hecho contacto con el disco, el actuador hará que el larguero de carga 42 se doble y de este modo, aumente de forma progresiva la carga aplicada al disco. Después de la calibración, la magnitud de la carga se puede medir con precisión a partir de la cuenta de pasos en el motor paso a paso o a través de galgas extensométricas montadas en el larguero de carga.

20 Por último, los medios de medición de fuerza 16 se montan ventajosamente en una de las placas laterales verticales rígidas 36, con el fin de que entren en contacto con la fijación 39, apoyada en los elementos deformables 37, que se mueve con el motor 15 y la bola 12. Evidentemente, en esta configuración, los medios de medición de fuerza 16 resisten el movimiento de la fijación 39 alrededor del eje de los árboles de buje 38.

25 Los medios 16 comprenden un transductor de fuerza lineal que es mucho más rígido que los elementos deformables 37 para maximizar la sensibilidad de la medición de tracción/fricción. Sin embargo, el transductor 16 también se configura para garantizar que cualquier desplazamiento del mismo sea elástico.

30 Por consiguiente, se apreciará que debido a que el transductor 16 y los elementos deformables 37 forman un sistema elástico lineal, la señal del transductor es directamente proporcional a cualquier fuerza de tracción o fricción que surja entre la bola 12 y el disco 11, por lo que se puede calibrar para medir con precisión la fuerza de tracción o fricción.

Calibrado del radio del recorrido del disco

35 Con referencia a las Figuras 4 y 5, la bola 12 entra en contacto con el disco 11 con un ángulo de tal forma que el eje de la bola pasa por el eje central del plano de contacto del disco. Esto minimiza un fenómeno conocido como spin en el contacto. La bola 12 y el disco 11 se accionan de forma independiente mediante dos servomotores, el motor de la bola 15 y el motor del disco 25.

40 Esto permite que las superficies de contacto de la bola y el disco funcionen con las mismas velocidades que se requerirían para producir rodadura pura o para introducir una cantidad controlada de deslizamiento en el contacto. La relación entre deslizamiento y rodadura se conoce como relación deslizamiento/rodadura o SRR. Si la velocidad del disco es U_d y la velocidad de la bola es U_b , entonces la SRR se define como la velocidad de deslizamiento dividida por la velocidad de rodadura y se puede expresar en porcentaje.

45
$$SRR = 200 \cdot (U_d - U_b) / (U_d + U_b)$$

La fuerza de fricción o tracción entre la bola y el disco se mide mediante un transductor de tracción 16.

50 El aparato se utiliza principalmente para realizar mediciones de tracción de muy alta precisión de muestras de fluidos en un rango de SRR. Para ajustar con precisión las velocidades de contacto de la bola 12 y el disco 11, es necesario conocer las velocidades de rotación del motor y los radios del recorrido de la bola (BTR) y del disco (DTR), véase la Figura 5. Las velocidades del motor se pueden determinar mediante detectores de pulsos de alta resolución, pero los radios del recorrido de la bola y del disco no son precisos. El radio del recorrido de la bola se puede calcular a partir del ángulo del eje de la bola, que se especifica y fija con precisión. Sin embargo, el radio del recorrido del disco cambia de un instrumento a otro debido a las tolerancias de fabricación y durante una prueba debido a la dilatación térmica y a las desviaciones elásticas bajo carga.

60 Por consiguiente, en la presente memoria se proporciona un método para determinar el radio del recorrido del disco (DTR) durante la calibración periódica o, si se realizan mediciones con un SRR muy bajo, justo antes de realizar la medición. Una forma de determinar el DTR consiste en aumentar de forma constante la velocidad del disco y reducir la velocidad de la bola (o viceversa) de tal manera que se garantice que en algún momento las velocidades pasen por

un punto en el que el disco y la bola estén en rodadura pura. Cuando las velocidades pasen por este punto, se invertirá el sentido de deslizamiento y, por consiguiente, el sentido de la fuerza de tracción, lo que da como resultado el gráfico que se muestra, por ejemplo, en la Figura 6. Por consiguiente, se registran las velocidades del motor y la fuerza de tracción y se puede determinar el punto de rodadura pura y utilizando las dos velocidades del motor y el radio del recorrido de la bola, se puede determinar el DTR.

$$\text{DTR} = U_b \times \text{radio del recorrido de la bola} / U_d$$

Esta medición se puede realizar utilizando un contacto seco como, por ejemplo, entre una bola de acero y un disco de PTFE, o utilizando un contacto lubricado, tal como, por ejemplo, entre una bola de acero y un disco de acero sumergido en aceite. Si se utiliza un contacto seco, la transición de tracción positiva a tracción negativa a medida que el contacto pasa por el punto de rodadura pura está bastante bien definida, pero en el caso más común de los contactos lubricados la transición está menos definida. En este caso, es necesario determinar el punto en el que la fuerza de tracción es nula.

El transductor de tracción se calibra de modo que la relación entre el cambio en la señal del transductor de tracción y el cambio en la fuerza de tracción se defina con gran precisión. Este valor de ganancia permanece muy estable. Sin embargo, el desplazamiento del cero del transductor se puede desviar un poco por efectos térmicos o electrónicos. Para eliminar esta desviación, se realizan dos mediciones de tracción para cada valor de salida de tracción.

En una forma de realización de ejemplo, uno se hace con un SRR positivo, por ejemplo, +5 % y otro con el mismo valor de SRR negativo, por ejemplo, -5 %.

A continuación, el segundo valor se puede restar del primero y el resultado dividirse por la mitad, eliminando de este modo el efecto del desplazamiento del cero. Por ejemplo, la fuerza de tracción indicada con:

$$+5 \% \text{ Valor de tracción SRR} = 12 \text{ N}$$

$$-5 \% \text{ Valor de tracción SRR} = -7 \text{ N}$$

$$\text{Fuerza de tracción} = (12 - (-7)) / 2 = 19 / 2 = 9,5 \text{ N}$$

Entonces, el desplazamiento del cero es de 2,5 N, pero no era necesario conocerlo antes de las mediciones.

Además, para realizar la calibración DTR también se necesita conocer la señal del transductor de fuerza de tracción cero. Una forma de hacerlo es realizar dos mediciones de tracción según se ha descrito anteriormente con una relación deslizamiento/rodadura en la que un fluido tiende a tener un coeficiente de tracción bastante constante para pequeños cambios en SRR, normalmente alrededor del valor máximo del coeficiente de tracción, de tal forma que pequeños errores en SRR tendrán un impacto insignificante en la medición de la fuerza de tracción. A continuación, una vez establecido el punto cero de la fuerza de tracción, como punto medio entre las dos mediciones de la fuerza de tracción, se pasa por una serie de velocidades del disco y de la bola que aumentan y disminuyen progresivamente a ambos lados de las velocidades de rodadura pura estimadas. Esto se puede lograr con mayor precisión utilizando un fluido conocido como fluido de tracción, que tenga una pendiente de tracción muy pronunciada con bajas relaciones deslizamiento/rodadura y, a continuación, alcance un máximo después del cual el coeficiente se mantiene bastante constante, según se ilustra en la Fig. 6. Un ejemplo de fluido de tracción adecuado es Santotrac 40. Mientras que con la mayoría de los lubricantes, especialmente a bajas presiones de contacto, el coeficiente de tracción tiende a aumentar con el incremento del SRR.

De acuerdo con esta forma de realización del método de la invención, se pueden realizar dos mediciones con SRR que correspondan nominalmente a los valores máximos del coeficiente de tracción para determinar el valor cero de la fuerza de tracción y, a continuación, una serie de mediciones en un rango estrecho de SRR de, por ejemplo, +1 % a -1 % en pasos de 0,1 %. A continuación, mediante interpolación, se puede determinar el SRR exacto indicado donde la fuerza de tracción es cero. A continuación, se puede ajustar el DTR de tal forma que el SRR indicado sea también igual a cero.

Por ejemplo

$$25 \text{ DTR} = 21 \text{ mm, SRR indicado con fuerza de tracción nula} = -0,15 \%$$

$$\text{DTR corregido} = 21 * 1,0015 = 21,0315 \text{ mm}$$

Cuando se utiliza, antes de comenzar las pruebas, el depósito 27 se limpia y seca cuidadosamente. Entre los disolventes adecuados para limpiar el depósito se encuentran el alcohol blanco o el varsol, seguidos del isooctano o

el heptano. En general, el primer disolvente se debe elegir de forma que elimine bien los tipos de lubricante investigados, mientras que el segundo disolvente se debe elegir de forma que la superficie quede limpia y seca.

5 Tras la aplicación de los disolventes, el depósito se seca con un secador de aire caliente o con una línea de aire o nitrógeno. Como alternativa, el depósito se puede llenar con disolvente que, a continuación, se aspira por vacío secando el depósito durante el proceso.

10 El disco y la bola se deben limpiar cuidadosamente antes de su utilización, prestando especial atención a la eliminación de cualquier recubrimiento protector de la superficie (como por ejemplo recubrimientos anticorrosivos) aplicado para evitar el deterioro de los componentes antes de su utilización. La limpieza se puede realizar utilizando un pañuelo de papel y, a continuación, colocar el disco y la bola en vasos de precipitados separados con isooctano u otro disolvente adecuado.

15 A continuación, se limpia cada componente en un limpiador ultrasónico durante 2 minutos, se sustituye el disolvente por disolvente limpio y se reanuda la limpieza durante otros 10 minutos. A continuación, se sustituye de nuevo el disolvente y se efectúa la limpieza durante otros 10 minutos, tras lo cual se secan los componentes con una línea de aire limpio y seco o con una línea de nitrógeno.

20 A continuación, el disco 11 y la bola 12 se montan firmemente en sus respectivos árboles de accionamiento.

Una vez que el disco 11 y la bola 12 se han fijado en su lugar, se pueden realizar una serie de pruebas para un determinado lubricante bajo ensayo. Cada prueba tendrá una temperatura, una carga normal, una velocidad y una relación deslizamiento/rodadura determinadas.

25 Estos parámetros se pueden almacenar ventajosamente en un sistema de control informatizado que realiza ciclos a través de las diversas pruebas, recogiendo y almacenando mediciones del transductor de fuerza 16 a medida que avanza.

30 Por lo tanto, se apreciará que la presente invención proporciona una forma de aparato de medición de tracción y/o fricción que elimina las fuerzas no predictivas de los componentes de prueba, es compacto en su forma y, al menos en la forma de realización preferida descrita, realiza ciclos a través de una variedad de pruebas con el mínimo de intervención humana.

REIVINDICACIONES

1. Un método de calibración de un aparato de medición de tracción o fricción, comprendiendo dicho aparato una superficie plana de tracción de disco (11); una superficie esférica de tracción de bola (12) construida y dispuesta para que, durante su utilización, haga contacto con dicha superficie de tracción del disco; una estructura de soporte (13) construida y dispuesta para soportar dichas superficies de tracción del disco y de la bola una con la otra permitiendo al mismo tiempo el movimiento de rotación relativo entre las mismas; medios de accionamiento del disco (14) que comprenden un motor de accionamiento del disco (25) y medios de accionamiento de la bola (15) que comprenden un motor de accionamiento de la bola que se puede hacer funcionar para efectuar el movimiento relativo entre dichas superficies de tracción del disco y de la bola y, generar de este modo una fuerza de tracción entre las mismas; incluyendo dichos medios de accionamiento del disco y dichos medios de accionamiento de la bola medios de medición de la velocidad del disco y medios de medición de la velocidad de la bola, comprendiendo además dicho aparato medios de medición de la fuerza (16) asociados con al menos dichas superficies de tracción del disco y de la bola para proporcionar una medición de la fuerza derivada de dicha fuerza de tracción o fricción, en donde la medición de la velocidad de la bola y de la velocidad del disco se puede realizar en un punto de rodadura pura entre la bola y el disco con el fin de determinar con precisión el radio del recorrido del disco en función del radio del recorrido de la bola conocido, **caracterizado por** las siguientes etapas:

- a. aumentar de forma constante la velocidad del disco y reducir la de la bola (o viceversa) de tal manera que se garantice que en algún momento las velocidades pasen por un punto en el que el disco y la bola estén en rodadura pura,
- b. trazar la fuerza de tracción en función de la relación deslizamiento/rodadura (SRR),
- c. observar y registrar los valores de las velocidades del motor de accionamiento del disco y del motor de accionamiento de la bola que corresponden al punto de transición de fuerza de tracción positiva a negativa (o negativa a positiva) a medida que el contacto pasa por el contacto de rodadura pura y,
- d. determinar el radio del recorrido del disco (DTR) en función de la fórmula:

$$\text{DTR} = \text{Velocidad del motor de la bola} \times \text{radio del recorrido de la bola} / \text{Velocidad del motor del disco}.$$

2. Un método de calibración de un aparato de medición de tracción o fricción de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** se realizan dos mediciones de tracción para cada valor de salida de tracción, una primera medición de tracción se toma con una relación deslizamiento/rodadura (SRR) positiva, y una segunda medición de tracción se toma con una SRR negativa, y en donde el segundo valor de tracción se resta, a continuación, del primer valor de tracción y el resultado se divide por la mitad para obtener un valor de tracción verdadero eliminando el efecto de cualquier desviación por desplazamiento.

3. Un método de calibración de un aparato de medición de tracción o fricción de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** se utiliza un contacto seco entre las superficies de tracción o un fluido de contacto que presenta tanto una pendiente de tracción muy pronunciada con un SRR bajo como una pendiente de tracción plana con un SRR más alto en el que el valor de tracción es máximo.

4. Un método de calibración de un aparato de medición de tracción o fricción de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por** las siguientes etapas:

- a) establecer el punto de fuerza de tracción cero, de acuerdo con la reivindicación 2, utilizando un contacto seco o un fluido de contacto de acuerdo con la reivindicación 3 y realizar una medición con un SRR más alto en el que el valor de tracción sea máximo,
- b) pasar por una serie de velocidades del disco y de la bola progresivamente crecientes y decrecientes con SRR bajo a ambos lados de una velocidad de rodadura pura estimada utilizando un contacto seco o un fluido de contacto de acuerdo con la reivindicación 3 y registrar los valores de tracción,
- c) registrar el SRR en el que el valor de tracción registrado en la etapa b) sea igual al punto de fuerza de tracción cero de la etapa a),
- d) ajustar el radio del recorrido del disco (DTR) de tal forma que el SRR indicado sea igual a cero.

5. Un aparato de medición de tracción o la fricción calibrado por el método de la reivindicación 1, en donde dicho aparato comprende una superficie plana de tracción de disco (11); una superficie esférica de tracción de la bola (12) construida y dispuesta para, durante su utilización, entre en contacto con dicha superficie de tracción del disco; una estructura de soporte (13) construida y dispuesta para soportar dichas superficies de tracción del disco y de la bola una con la otra permitiendo al mismo tiempo el movimiento relativo de rotación entre ellas; incluyendo dicho aparato medios de accionamiento del disco (14) que comprenden un motor de accionamiento del disco (25) y medios de accionamiento de la bola (15) que comprenden un motor de accionamiento de la bola que se puede hacer funcionar para efectuar el movimiento relativo entre dichas superficies de tracción del disco y de la bola, y generar de este modo una fuerza de tracción o fricción entre las mismas; incluyendo dichos medios de accionamiento del disco y dichos medios de accionamiento de la bola medios de medición de la velocidad del disco y medios de medición de la velocidad

- de la bola; y comprendiendo dicho aparato además medios de medición de la fuerza (16) asociados con al menos dichas superficies de tracción del disco y de la bola para proporcionar una medición de la fuerza derivada de dicha fuerza de tracción o fricción, e incluyendo un sistema de control informatizado de modo que la medición de la velocidad de la bola y de la velocidad del disco se puedan realizar en un punto de rodadura pura entre la bola y el disco con el fin de determinar con precisión el radio del recorrido del disco en función de los radios conocidos del recorrido de la bola, **caracterizado por que** el sistema de control informatizado se configura para llevar a cabo el método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.
6. Un aparato de medición de tracción o fricción de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado por que** se proporcionan medios de soporte del disco que montan dicha superficie de tracción del disco para que gire alrededor de un eje, en esencia, vertical.
7. Un aparato de medición de tracción o fricción de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado por que** esos medios de soporte de la bola se montan con capacidad de giro alrededor de un eje, en esencia, horizontal para permitir que dicha superficie de tracción de la bola se desplace en contacto con dicha superficie de tracción del disco.
8. Un aparato de medición de tracción o fricción de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** dichos medios de soporte de la bola incluyen además medios de flexión elásticos contruidos y dispuestos para permitir el movimiento elástico de dicha superficie de tracción de la bola con respeto a dicha superficie de tracción del disco en la dirección del movimiento todavía resistente a la fuerza de fricción o tracción resultante de dicha superficie de tracción de la bola en direcciones ortogonales.
9. Un aparato de medición de tracción o fricción de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado por que** los medios de accionamiento incluyen además medios de desplazamiento para desplazar de forma variable dicha superficie de tracción de la bola en contacto con dicha superficie de tracción del disco en una dirección normal a superficie de tracción de disco.
10. Un aparato de medición de tracción o fricción de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado por que** los medios de desplazamiento se proporcionan, al menos en parte, por un motor paso a paso.
11. Aparato según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 10 precedentes, en donde dichos medios de medición de fuerza comprenden un transductor de fuerza lineal montado para detectar la fuerza aplicada a una segunda superficie de tracción debida a un acoplamiento de tracción o fricción con una primera superficie de tracción.
12. Aparato según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 11 precedentes, que incluye además un depósito construido y dispuesto para retener una inmersión líquida del contacto entre dichas superficies de tracción primera y segunda.
13. Aparato según se reivindica en la reivindicación 12 que incluye además medios para, durante su utilización, calentar un líquido contenido en dicho depósito.

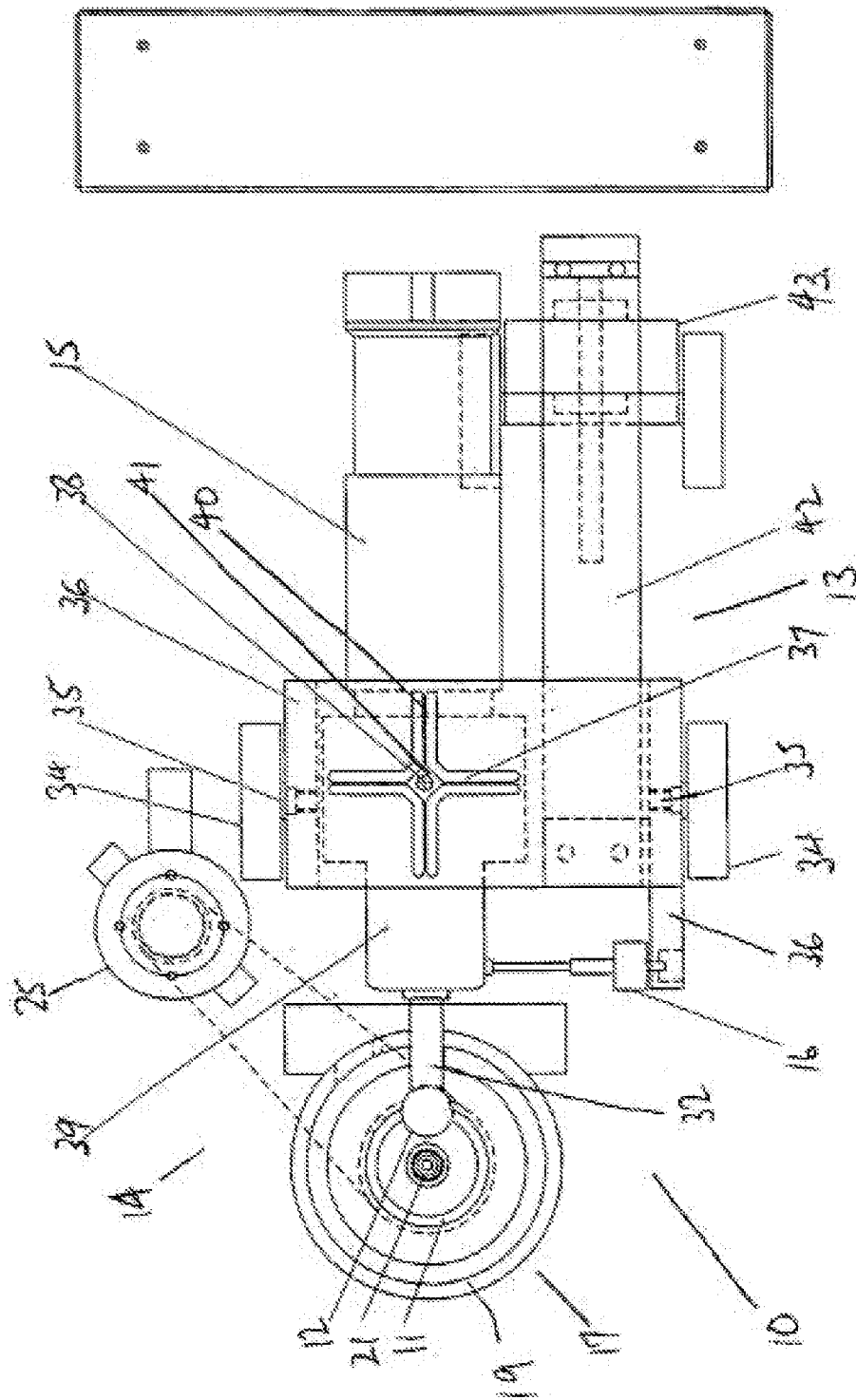
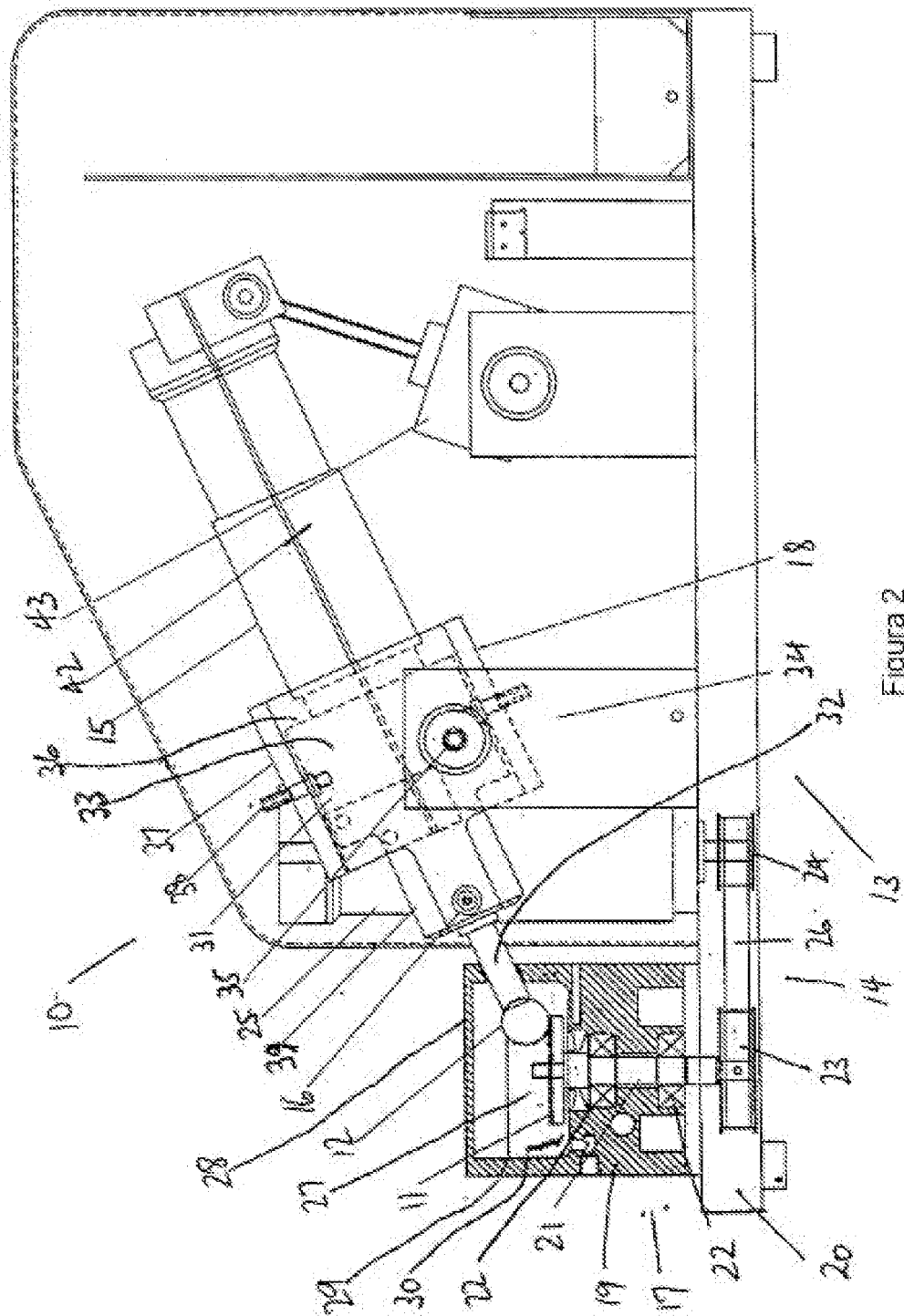


Figura 1



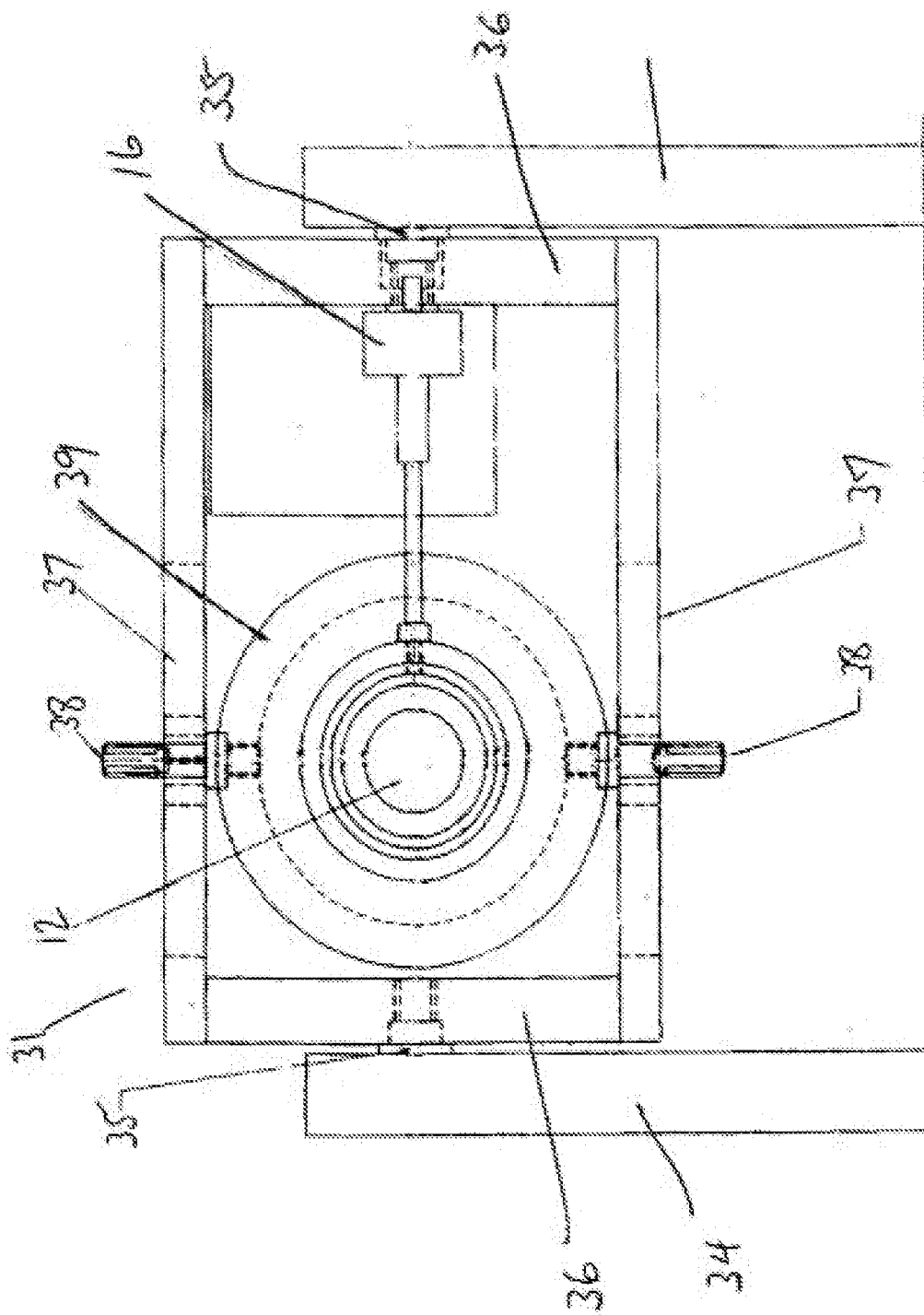


Figura 3

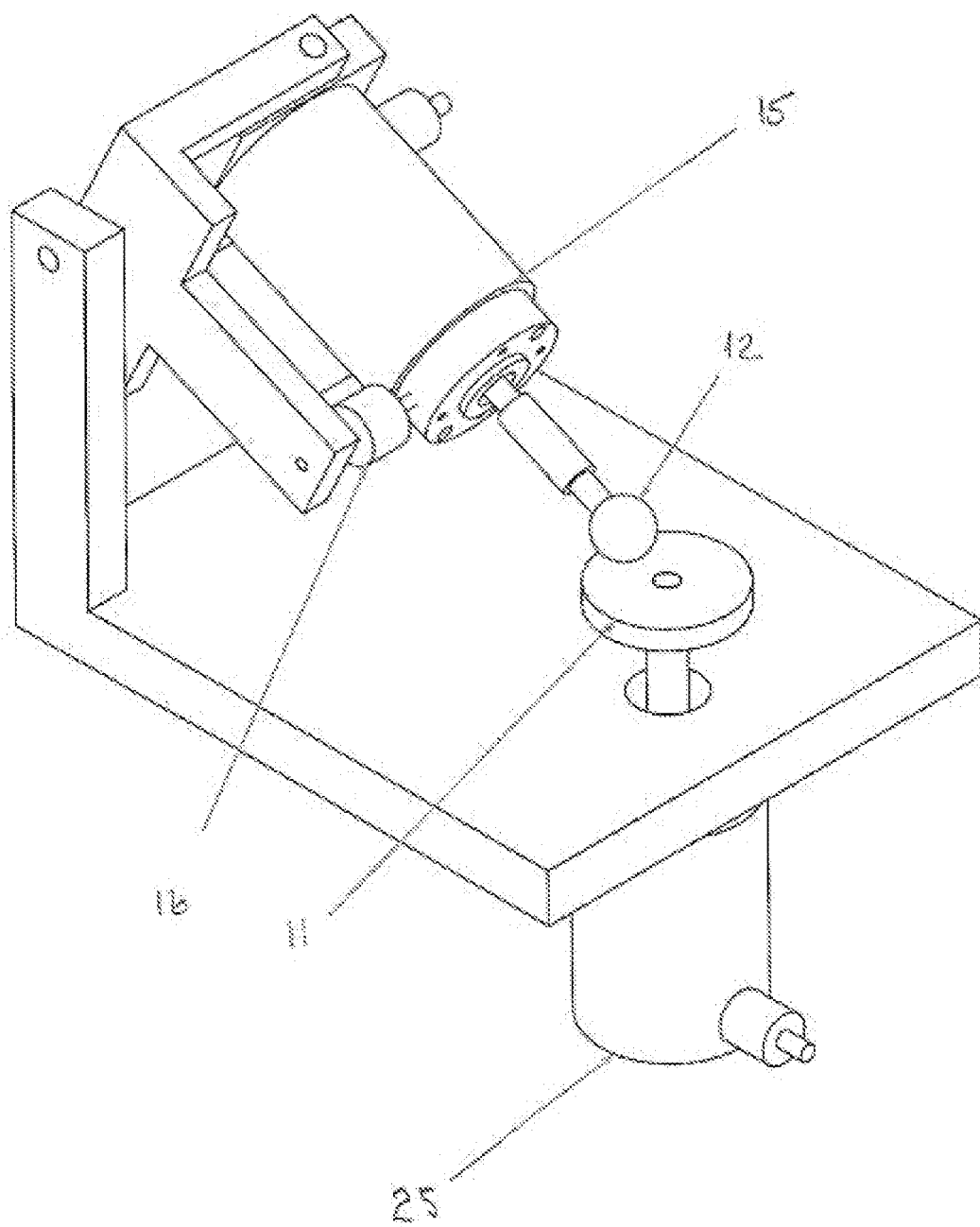


Figura 4

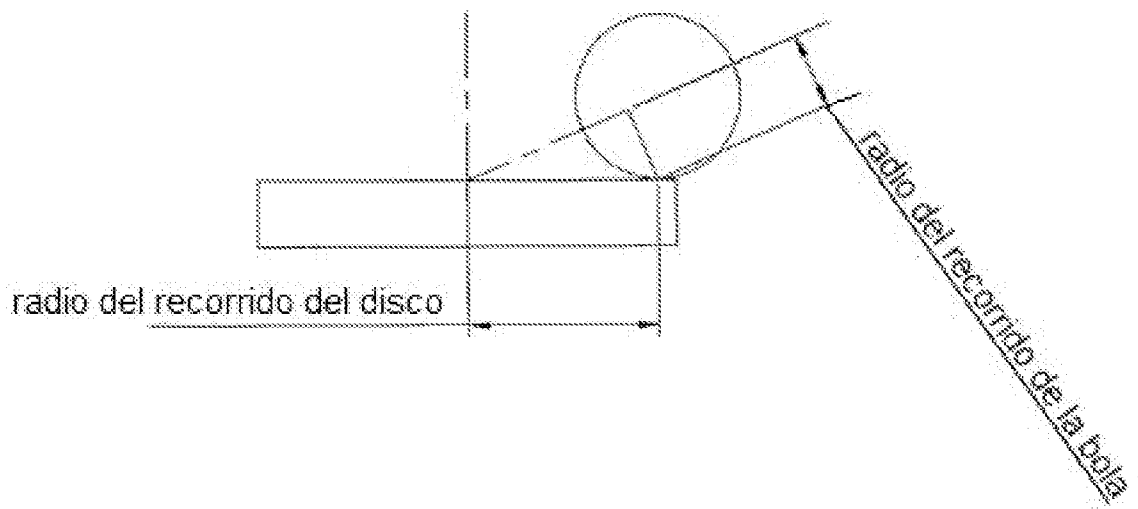


Figura 5

Señal transductor de presión y SSR para un fluido de tracción

Figura 6

