

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 480 273**

51 Int. Cl.:

G01L 3/10 (2006.01)

B62M 3/08 (2006.01)

G01L 3/24 (2006.01)

A63B 24/00 (2006.01)

B62M 6/50 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.02.2010 E 10722525 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.04.2014 EP 2394151**

54 Título: **Dispositivo para la medición y la determinación de la fuerza, de los momentos y de la potencia sobre una manivela, en particular la manivela del pedal de una bicicleta**

30 Prioridad:

06.02.2009 DE 102009001463

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

25.07.2014

73 Titular/es:

**MOMES GMBH (100.0%)
Thaddenstr. 14a
69469 Weinheim, DE**

72 Inventor/es:

**BIERMANN, MICHAEL y
ASFOUR, JEAN-MICHEL**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 480 273 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

Dispositivo para la medición y la determinación de la fuerza, de los momentos y de la potencia sobre una manivela, en particular la manivela del pedal de una bicicleta

5 La invención se refiere a un dispositivo para la medición y para la determinación de la fuerza, de los momentos y de la potencia en una manivela, en particular de la manivela del pedal de una bicicleta, que está constituido por un aparato de evaluación, en particular un ordenador de bicicleta, y por al menos un pedal, en el que en un cuerpo de deformación en el pedal están colocadas bandas extensométricas. Pero los resultados más exactos de la medición se pueden conseguir con un pedal izquierdo y un pedal derecho.

Estado de la técnica

10 Ya se conoce a partir del documento DE 37 22 728 C1 un dispositivo que convierte las fuerzas de pedaleo en el cojinete de pedaleo por medio de la deformación de un elemento de flexión adecuado, sobre el que se colocan bandas extensométricas, en una señal eléctrica y es procesada junto con la velocidad angular de la manivela en un microordenador, en particular un ordenador de la bicicleta, para calcular a partir de ello la potencia. Las bandas extensométricas con conectadas, además, a un puente de Wheatstone. En este caso, en virtud de medidas constructiva solamente se detecta la porción tangencial de la fuerza, es decir, el momento de giro en la manivela. 15 Una componente de fuerza en otra dirección, por ejemplo en dirección radial no es detectada por medio del elemento de deformación que lleva las bandas extensométricas y, por lo tanto, no se puede medir. La zona del cojinete de pedaleo sirve aquí como lugar de suma para los momentos de giro de la manivela izquierda y derecha de pedaleo. Solamente desde este lugar se conduce la fuerza a través de las bandas extensométricas hacia la hoja de pedaleo. Con la frecuencia de paso medida por separado se puede calcular la potencia. Un inconveniente de esta solución es que siempre se mide la fuerza de las dos piernas. Por lo tanto, no existe ninguna posibilidad de optimizar el ciclo de pedaleo en el sentido de la homogeneización del importe de las piernas individuales. La exactitud se reduce porque los momentos conducidos a través de las bandas extensométricas contienen las porciones de fricción de los pedales y el cojinete de pedaleo. Son necesarias manivelas de medición especiales, que deben ser 20 compatibles con el restante equipamiento de la bicicleta.

Se conocen a partir del documento US 2007/0170688 A1 un dispositivo y un sistema para la supervisión, análisis y representación de la fuerza aplicada por el ciclista durante la marcha sobre los pedales. A tal fin, está previsto un cubo de medición en la rueda trasera, en el que el momento que se produce en la corona dentada es derivado a partir de la fuerza de tracción de la cadena a través de un casquillo en el interior del cuerpo del cubo ya sobre el otro 30 lado del cubo. El momento de torsión transmitido deforma el casquillo y es evaluado por bandas extensométricas. Con el momento obtenido de esta manera se puede calcular la potencia junto con la velocidad angular medida por separado. Un inconveniente de esta solución es igualmente que por esta vía se mide la suma de las fuerzas de las piernas y no es posible una evaluación exacta de las contribuciones individuales de las piernas. La exactitud de la potencia introducida se reduce en las magnitudes del grado de actuación de la cadena así como de la fricción del pedal de la fricción el cojinete de pedaleo. Por lo tanto, la potencia verdadera alimentada es mayor que la potencia medida. Además, debe insertarse un cubo de medición en los radios de la rueda trasera o debe emplearse una rueda completa correspondiente en la rueda. La sustitución entre diferentes bicicletas es tan sencilla con la conversión de la rueda. Los costes de adquisición son relativamente altos debido al radiador al menos necesario.

Se conocen a partir del documento EP 0 909 940 A2 un procedimiento y un dispositivo para la medición de la potencia y para la medición de la fuerza de tracción y de las frecuencias de oscilación de una cadena oscilante, por 40 ejemplo de una cadena de bicicleta. A través del principio de la oscilación de las cuerdas se aprovecha que el ramal superior de una cadena, que está bajo fuerza de tracción, muestra frecuencias de oscilación proporcionales a la fuerza de tracción, que se pueden medir a través de la repercusión de la cadena oscilante sobre un campo magnético de sensor. Cuando se conoce el peso de la cadena por metro y la longitud libre de la cadena se puede determinar o bien recalcular la fuerza de la cadena. Junto con un sensor para la velocidad de la cadena en el mecanismo de cambio de una bicicleta se puede determinar la potencia en la cadena. U inconveniente de esta solución es igualmente que se detecta la suma de fuerzas de las dos piernas y no es posible una evaluación exacta de las contribuciones de las piernas individuales. En el mejor de los casos, a partir de una comparación de la señal de actuación de la fuerza con la señal el ángulo correspondiente se puede identificar si precisamente la pieza 50 izquierda o la pierna derecha están en una fase de contribución predominante a la potencia. No es posible una determinación exacta, puesto que también en la fase de carga máxima respectiva de una de las piernas, la otra pierna tiene una porción (positiva o negativa) en la potencia medida. Se reduce la exactitud en los grados de actuación del pedal, del cojinete de pedaleo y de la cadena. Todavía es un inconveniente que la fórmula del cálculo inverso requiere el conocimiento de los parámetros de la longitud del ramal de la cadena (distancia entre ejes de la hoja de la cadena y la corona dentada), el peso de la cadena (un múltiplo del peso de los eslabones de la cadena) y 55 la frecuencia de oscilación. Debido a la dependencia de la fuerza de la cadena de las variables de peso de la cadena, longitud de la cadena y frecuencia de oscilación, ésta está afectada, en general, en gran medida con errores, puesto que los importes de los valores erróneos calculados se suman en el caso más desfavorable de acuerdo con la ley de propagación de los errores. Sobre todo se da una influencia decisiva a través del peso de la

cadena, que oscila en el marco de las hipótesis sobre qué porción de un eslabón de la cadena se añade todavía al cálculo del peso del ramal. Por lo tanto, el sensor del campo magnético debe posicionarse con cuidado, puesto que en otro caso la medición de la frecuencia está muy afectada de errores. En general, es necesario un gasto de ajuste muy alto.

- 5 Se conoce a partir del documento EP 0 954 746 B1 un procedimiento para la determinación del momento de giro ejercido sobre un cuerpo de rotación, que puede ser accionado de forma giratoria alrededor de un eje de giro, en particular sobre el árbol del cojinete de pedaleo de una bicicleta. En este caso, se utiliza un cojinete de pedaleo realizado como unidad de medición, en la que a través de la acción de la fuerza de la pierna izquierda, el árbol del cojinete de pedaleo experimenta una deformación de torsión. De acuerdo con ello, el extremo izquierdo del árbol de cojinete de pedaleo adelanta al extremo derecho. El ángulo de torsión y, por lo tanto, el momento de actuación del árbol son detectados optoelectrónicamente por medio de los discos reticulares colocados allí, dispuestos radialmente. Para la determinación de la potencia introducida se determina el número de revoluciones del árbol a través de la secuencia de impulsos de un disco reticular y se calcula con el momento. La unidad está constituida compacta. En este caso es un inconveniente que la potencia calculada solamente se refiere a la pieza izquierda. Si la pierna derecha está en la fase de presión y la pierna izquierda presta solamente una contribución reducida, el sistema solamente puede medir una deformación reducida y, por lo tanto, una potencia aparentemente sólo reducida. Por otra parte, la exactitud de la potencia introducida se reduce solamente en la fricción sencilla del pedal y en la mitad de la fricción del cojinete de pedaleo, con lo que el sistema es teóricamente relativamente exacto. Por lo tanto, la potencia realmente aplicada es sólo insignificativamente mayor que la potencia medida. Sin embargo, la aportación de la otra pierna debe suponerse de la misma magnitud, cuando debe determinarse y calcularse la potencia de todo el ciclo de pedaleo. Además, el sistema necesita una preparación óptima de la rosca del cojinete de pedaleo y un montaje extremadamente cuidadoso con respecto al par de apriete.

- 25 Se conocen a partir de los documentos US 7.377.180 B2 y US 7.387.029 B2 sistemas de medición, que no miden las fuerzas alimentadas, sino las resistencias a la marcha que deben salvarse, que deben ser de la misma magnitud de acuerdo con el tercer axioma de Newton. Las resistencias individuales a la marcha a partir de gradiente, inercia de masas, resistencia a la rodadura y resistencia del aire se determinan por medio de sensores correspondientes y se calculan en la ecuación de potencia. A través de una detección de la aceleración sobre el suelo y la aceleración total se puede determinar el ángulo de gradiente. Cuando se ha medido el peso total se derivan a partir de ello la resistencia a la aceleración y la resistencia del gradiente. Con la medición de la presión dinámica de la circulación y la adición de magnitudes del medio ambiente (densidad del aire a partir de la temperatura) se determina la velocidad del aire. En el caso de que se conozca un factor de resistencia del aire, se puede calcular a partir de ello la fuerza de resistencia aerodinámica del aire. El factor de resistencia del aire se determina para la postura típica del ciclista a través de una marcha de calibración (rodadura final). A partir de la marcha de calibración se obtiene también la resistencia a la rodadura. Un inconveniente de estos sistemas de medición es que aquí, naturalmente, sólo se puede determinar la potencia total y no es posible según la técnica de medición una distribución en informaciones sobre las dos piernas. Además, es un inconveniente que la medición de la resistencia del aire está expuesta a considerables magnitudes de interferencia (por ejemplo, marcha a sotavento, viento lateral) y, por lo tanto, adolece de exactitud.

- 40 Se conoce a partir del documento DE 44 35 174 C2 un dispositivo para la medición de la fuerza y la potencia en una manivela de pedal, en particular de una bicicleta, en el que las magnitudes de la fuerza y la velocidad angular se convierten en señales eléctricas y se alimentan a un aparato de evaluación. En este sistema de medición, se registran las fuerzas a través de un muñón de cigüeñal, que se enrosca en la manivela y se provee en la proximidad del lugar de enroscamiento en la periferia con bandas extensométricas, de manera que a través de su disposición de 45° por parejas se pueden medir deformaciones de empuje. A partir de ello se puede determinar directamente la fuerza transversal que actúa, sin que tengan ninguna importancia los momentos de palancas órbitales, fuerzas en la dirección del eje del pedal o el punto de introducción de la carga. A través de una disposición de las bandas extensométricas en un plano desplazado 90° se puede medir entonces también una segunda componente de la fuerza. La posición del ángulo del cigüeñal se determina a través de una medición del tiempo de propagación del transmisor de la frecuencia de paso. A través de la medición de la frecuencia de paso por medio de un contacto de transmisor en el cigüeñal se puede calcular la potencia. Con esta disposición se puede calcular la fuerza total, que se aplica sobre el pedal, con ángulo correspondiente. Es posible una descomposición de las fuerzas de las componentes radial y tangencial con respecto a la manivela. Puesto que se puede ajustar la posición angular de las bandas extensométricas con relación a la manivela, el ángulo de enroscamiento del eje del pedal debe realizarse a través de una medición de calibración con fuerza de acción vertical en una posición angular conocida (calibración de la dirección de la fuerza) o a través de una medición directa del ángulo con entrada manual (medición del ángulo de posición del eje). La solución permite, en efecto, una determinación separada de las fuerzas sobre el pedal izquierdo y el pedal derecho, pero no es posible una obtención de otras informaciones, como por ejemplo las fuerzas axiales o los momentos de torsión que actúan en el eje a través de este sistema de medición o esta disposición de medición. Cualquier otra información deseada requeriría un cableado adicional como puente de Wheatstone, lo que en la práctica no es conveniente.

- 60 Se conoce a partir del documento DD 294 673 A5 un pedal de bicicleta instrumentado con un cuerpo de pedal, un eje de pedal y un cuerpo de deformación. El cuerpo de deformación está alojado fijamente en el cuerpo del pedal y

de forma giratoria sobre el eje del pedal. En este pedal de bicicleta es un inconveniente que el cuerpo de deformación en el pedal ocupa y necesita también muchísimo espacio. Además, el cuerpo de deformación funciona de acuerdo con el principio de barras (dobles) de flexión y de nervaduras de flexión, con lo que resulta y declara también la alta necesidad de espacio en el pedal.

- 5 Un inconveniente de la mayoría de estos sistemas de medición es que no es posible una medición de la distribución de la fuerza por separado para ambas piernas y/o que no se pueden medir todas las fuerzas que actúan.

Cometido de la invención

- 10 El cometido de la presente invención es configurar un sistema de medición fácil de montar, que está en condiciones de determinar la distribución de la fuerza para ambas piernas por separado en la descomposición tangencial y radial con respecto a la manivela, como función el ángulo de la manivela. Además, deben poder calcularse opcionalmente otras actuaciones de la fuerza, por ejemplo la resultante de la fuerza del pedal y su ángulo operativo así como la fuerza axial o los momentos de torsión con respecto al eje del pedal por separado para ambas piernas. La potencia cedida debe poder calcularse por separado para ambas piernas así como también como potencia de suma de las dos piernas. Además, un cometido de la invención es posibilitar una evaluación simplificada así como un cableado y
- 15 circuito más sencillos.

Solución

- 20 El cometido se soluciona de acuerdo con la invención por que se calcula la magnitud de la fuerza a través de la medición de la deformación de un cuerpo de deformación, que está alojado de forma giratoria sobre el eje del pedal y dentro del cuerpo del pedal, y que está colocado con relación al cuerpo del pedal y sobre el que están dispuestas cuatro parejas de bandas extensométrica asociada entre sí en ángulo diferente, en particular a través de una medición de las dilataciones normales individuales de las bandas extensométricas. El flujo de fuerza desde el cuerpo del pedal a través del lugar de unión con el cuerpo de deformación hasta la rosca de enroscamiento del eje del pedal se realiza totalmente a través de estas bandas extensométricas,

Ventajas conseguidas

- 25 El sistema de medición está constituido por solamente tres o cuatro grupos de construcción, un pedal o dos pedales, un medidor de velocidad y una unidad de evaluación, por ejemplo un ordenador de bicicleta. No son necesarios otro cableado ni otros sensores, como por ejemplo transmisor del ángulo de la manivela en otros sistemas de medición. Se suprimen los clips y los conectores de cables. El sistema de medición puede detectar las magnitudes de la fuerza horizontal la fuerza vertical y la fuerza axial sobre el pedal, el momento de pérdida del cojinete del pedal, el ángulo del cigüeñal, el ángulo de inclinación del pedal y el ángulo del gradiente de la calzada, sin presentar en este caso los
- 30 inconvenientes del estado de la técnica. Con los datos medidos se puede obtener las informaciones principales mencionadas a continuación, que no pueden ser suministradas en ninguna solución anterior, en particular en el empleo móvil, o bien en general o en esta relación espacial de contenido de información, espacio de construcción, integridad y exactitud condicionada por el principio:
- 35 1. Ángulo de la manivela y todas las derivaciones temporales del mismo, como por ejemplo velocidad angular.
2. Distribución de la fuerza para ambas piernas por separado en la descomposición tangencial o radial con respecto a la manivela, calculada como función del ángulo de la manivela así como actuaciones discretionales de la fuerza, como por ejemplo resultante de la fuerza del pedal y su ángulo operativo.
3. Fuerza axial con respecto al eje del pedal por separado para ambas piernas.
- 40 4. Pérdidas del cojinete del pedal por separado para ambas piernas.
5. 5. Potencia cedida por separado para ambas piernas.
6. Potencia de suma cedida de las dos piernas.

- 45 A partir de los datos obtenidos sobre la fuerza tangencial, radial y axial y el ángulo de inclinación del pedal será posible por primera vez general, además de otras informaciones, en particular informaciones sobre el tema de la potencia de sprint, calidad del sprint.

- 50 Una característica esencial de la invención es la aplicación de las bandas extensométricas para la medición de las dilataciones normales individuales sobre un cuerpo de deformación, porque con ello, entre otras cosas, se evita el inconveniente de una aplicación de las bandas extensométricas sobre el eje del pedal y, por lo tanto, el problema de cómo se pone el contacto la unidad de lectura y de procesamiento más allá el lugar de enroscamiento. Puesto que el cuerpo de deformación está parado con relación al cuerpo del pedal, se pueden mantener cortar las líneas hacia la unidad de lectura y de procesamiento en el cuerpo del pedal, con lo que se evitan influencias de magnitudes de interferencia. En virtud de la simetría de rotación del cuerpo de deformación, la calidad de las mediciones de la

deformación y con respecto a los componentes de la fuerza transversal es naturalmente igualmente buena en todas las direcciones espaciales.

Otra ventaja se puede ver en que el sistema se puede accionar también con un solo pedal para la medición, de manera que los valores calculados de un pedal, supuestos simétricamente distribuidos, se transmiten a la unidad de evaluación, en particular el ordenador de la bicicleta.

La evaluación de las bandas extensométricas no se realiza por medio de un puente de Wheatstone (completo), sino por medio de un convertidor de tiempo-a-digital (TDC), que representan una forma de realización especialmente economizadora de espacio y eficiente de energía de la obtención de señales. Los circuitos TDC determinan la dilataciones individuales de las bandas extensométricas a través de la determinación de una relación de tiempo y no como puentes de Wheatstone, que calculan la fuerza deseada a partir de la relación de la tensión U/U_S (U tensión del puente, U_S tensión de alimentación) directamente a través del proceso de medición y la transmiten para la digitalización a un convertidor analógico-a-digital (ADC). En los circuitos-TDC, el enlace algebraico necesario para la fuerza de interés se deduce entonces a partir de un cálculo posterior, por ejemplo de un microcontrolador. No son necesarios otros circuitos. Los circuitos-TDC conectan banda extensométricas en un circuito oscilante (miembro-RC), cuya duración de la descarga es medida por el TDC y que es una medida para la resistencia eléctrica de la banda extensométrica en el miembro-RC. Cuando se realiza esto para dos bandas extensométricas, entonces se puede decir una relación de tiempo v , con lo que se reduce la medición de la resistencia a la medición de tiempo. La medición de tiempo es posible con extremada precisión (en la zona de pico-segundos) y significa, por otra parte, que para la preparación de la magnitud primaria "resistencia" no debe aplicarse ninguna energía. La eficiencia de espacio y de energía se puede incrementar a través de otra forma de realización de un módulo-TDC, que contiene al menos cuatro canales-TDC, así como un microcontrolador, que posibilita de la misma manera el procesamiento digital siguiente, cálculos y transmisión de señales.

Si está conectado a continuación del TDC o integrado, se puede realizar el cálculo de datos derivados ya en el pedal, lo que descarga la unidad de evaluación, por ejemplo el ordenador de la bicicleta con respecto al consumo de energía.

Otras ventajas de la utilización de un cuerpo de deformación para la aplicación de la banda extensométrica es que se suprime una transformación de coordenadas durante la evaluación, puesto que el cuerpo de deformación no gira en el sistema de coordenadas de un chasis de bicicleta.

A través de la utilización de TDC se suprime la necesidad de conectar las DMS en puentes Wheatstone (completos). De esta manera se simplifica el cableado.

En otra forma de realización ventajosa, todos los datos de medición se transmiten sin hilos al aparato de evaluación 17.

En el dibujo:

La figura 1 muestra un diagrama del sistema con un ordenador de bicicleta (FC) como aparato de evaluación 17 y con un pedal izquierdo y un pedal derecho, en el que a continuación de las bandas extensométricas está dispuesto un convertidor de tiempo-a-digital (TDC), que se designa allí todavía como convertidor de resistencia-a-digital (RDC) y en el que, sin embargo, se utilizan los conceptos RDC y TDC como sinónimos.

La figura 2 muestra una vista lateral de la manivela 20 con el pedal 16 bajo representación de las posiciones angulares en función de la superficie de la tierra y de la calzada.

La figura 3 muestra una transformación de las coordenadas con respecto a la disposición de las bandas extensométricas.

La figura 4 muestra una vista lateral de la manivela 20 con el pedal 16 bajo representación de las fuerzas activas de la manivela.

La figura 5 muestra una sección transversal a través del pedal 16, que está constituida por un cuerpo de pedal 11, un cuerpo de deformación 9, un elemento de disparo 14, un eje del pedal 10, dos cojinetes 13 y un transmisor del ángulo 12.

La figura 6 muestra una sección transversal (vista delantera) a través del cuerpo del pedal 11 bajo la representación de la configuración de las bandas extensométricas sobre el cuerpo de deformación 9.

La figura 7 muestra una sección transversal (vista lateral) a través del cuerpo del pedal 11 bajo representación de la configuración de las bandas extensométricas sobre el cuerpo de deformación 9.

La figura 8 muestra los signos de la distorsión de empuje tanto del lado asociado como también del lado alejado

como consecuencia de las cargas F_z y M_x en las direcciones positivas de las coordenadas.

La figura 9 muestra la disposición de V sencilla y la disposición de V doble de bandas extensométricas.

A continuación se describe en detalle con la ayuda de los dibujos un ejemplo de realización de la invención.

La figura 5 muestra un pedal 16 que está constituido por un cuerpo de pedal 11, un cuerpo de deformación 9, un elemento de disparo 14, un eje del pedal 10, dos cojinetes 13, un tornillo de fijación 19 y un transmisor del ángulo 12. El pedal izquierdo y el pedal derecho están constituidos idénticos. Por lo tanto, se describe solamente un pedal en cuanto a la técnica de medición y la estructura. El cuerpo de deformación 9 está alojado de forma giratoria sobre el eje del pedal 10 en dos lugares. Las bandas extensométricas 1-8 están aplicadas sobre la parte en voladizo, que conecta el cuerpo de deformación 9 con el cuerpo del pedal 11. El flujo de fuerza desde el cuerpo del pedal 11 a través del lugar de unión con el cuerpo de deformación 9 hasta la rosca de enroscamiento del eje del pedal 10 – es decir, todas las fuerzas y momentos que actúan sobre el cuerpo del pedal 11 – se realiza sin derivación y totalmente sobre las bandas extensométricas.

Se emplean 4 parejas de bandas extensométricas 1-8 asociadas bajo un ángulo de posición de $\pm 45^\circ$ con respecto al eje del pedal 10, dos parejas de las cuales están opuestas, respectivamente, en la periferia del cuerpo de deformación 9. Dos parejas opuestas sirven para la determinación de la componente de fuerza transversal perpendicularmente al plano, que conecta las parejas y puesto que las parejas de bandas extensométricas están aplicadas en dos planos perpendiculares entre sí, uno de los cuales es el plano de las planas de paso, de esta manera se pueden determinar las componentes vertical y horizontal sobre la placa de paso el cuerpo del pedal 11. La selección de un ángulo de posición de $\pm 45^\circ$ con respecto al eje del pedal da como resultado en este caso las señales de dilatación máxima, lo que debe pretenderse en el sentido de la máxima resolución. Esta disposición tiene la ventaja conocida de hacer desaparecer los momentos de flexión que actúan sobre el cuerpo de deformación 9, de cualquier procedencia, a través de la formación del valor medio de la tensión de tracción y de la tensión de presión resultante de ello dentro de la banda extensométrica.

Especialmente la disposición en forma de x de las parejas de bandas extensométricas opuestas 1-4, ver la figura 6, ofrece la posibilidad de poder separar con un enlace algebraico adecuado de las dilataciones medidas más allá de los componentes de fuerza transversal mencionados (vertical y horizontal) también la fuerza axial y el momento de pérdida en el eje del pedal 10. Para la determinación pura de la fuerza transversal son adecuadas, por ejemplo, también disposiciones en V sencilla o también disposiciones en V doble aplicadas en un lado. Esto se muestra y se representa en la figura 9.

El cálculo inverso de las distorsiones $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{xy}$ a partir de las dilataciones $\varepsilon_\xi, \varepsilon_\eta$ que han sido medidas bajo 45° con respecto al eje del pedal, resulta a partir de una transformación de las coordenadas de los sistemas de coordenadas girados mutuamente (ver la figura 2):

$$D^{\xi\eta} = T \cdot D^{xy} \cdot T^T$$

en la que es

$$D^{xy} = \begin{bmatrix} \varepsilon_x & \frac{1}{2}\gamma_{xy} \\ \frac{1}{2}\gamma_{xy} & \varepsilon_y \end{bmatrix} \quad D^{\xi\eta} = \begin{bmatrix} \varepsilon_\xi & \frac{1}{2}\gamma_{\xi\eta} \\ \frac{1}{2}\gamma_{\xi\eta} & \varepsilon_\eta \end{bmatrix} \quad T = \begin{bmatrix} \cos\varphi & \sin\varphi \\ -\sin\varphi & \cos\varphi \end{bmatrix}$$

D^{xy} : tensor de distorsión en el sistema de coordenadas-x,y

$D^{\xi\eta}$: tensor de distorsión en el sistema de coordenadas- ξ, η

T : matriz de giro (matriz de transformación)

T^T : matriz de giro transpuesta

Los componentes interesantes de la dilatación de $D^{\xi\eta}$ se expresan transcritos para $\varphi = 45^\circ$

$$\varepsilon_\xi = \frac{1}{2}(\varepsilon_x + \varepsilon_y) + \frac{1}{2}\gamma_{xy} \quad \varepsilon_\eta = \frac{1}{2}(\varepsilon_x + \varepsilon_y) - \frac{1}{2}\gamma_{xy}$$

y

Estas relaciones deben describirse para cada banda extensométrica aplicada 1-8 observando los signos de las distorsiones, es decir, qué dirección adoptan las distorsiones ε_x , ε_y , γ_{xy} a través de las cargas buscadas (fuerza transversal, fuerza axial, momento de pérdida). La distorsión de empuje γ_{xy} se compone, como consecuencia de la fuerza transversal y del momento de torsión de γ_{xy}^F y γ_{xy}^M .

- 5 La dilatación normal ε_x se compone de las porciones de la fuerza axial y de las porciones de momento de flexión ε_x^{Fx} y ε_x^{My} , la segunda de las cuales desaparece a través del promedio dentro de las bandas extensométricas 1-8. Además, se aplica todavía $\varepsilon_x + \varepsilon_y = \varepsilon_x - \nu \cdot \varepsilon_x$ para una carga puramente axial en dirección-x.

10 Si se transfieren sobre el sistema de coordenadas de las bandas extensométricas 1-8 de la figura 6, teniendo en cuenta los signos de las distorsiones como consecuencia de F_z y M_x de la figura 8 y F_x de la figura 6, por ejemplo, para la banda extensométrica 1 resulta:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon'_1 = \frac{1-\nu}{2} \varepsilon_x^{Fx} + \frac{1}{2}(\gamma_{xz}^{Fz} + \gamma_{xz}^{Mx})$$

ε_x^{Fx} : la dilatación como consecuencia de la fuerza axial F_x (dilatación a partir del momento de flexión M_y se promedia a cero)

γ_{xz}^{Fz} : cizallamiento como consecuencia de la fuerza transversal F_z ,

- 15 γ_{xz}^{Mx} : cizallamiento como consecuencia del momento de torsión M_x (momento de "pérdida")

ν : índice de contracción transversal

Una vez realizado esto para las bandas extensométricas 1-4 se pueden obtener las siguientes informaciones (de manera similar para las bandas extensométricas 5-8):

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - \varepsilon_4 &= 2 \gamma_{xz}^{Fz} && \Rightarrow \text{fuerza transversal } F_z \\ \varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_4 - \varepsilon_3 &= 2 \gamma_{xz}^{Mx} && \Rightarrow \text{momento de pérdida } M_x \\ \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4 &= 2(1-\nu) \varepsilon_x^{Fx} && \Rightarrow \text{fuerza axial } F_x \\ \varepsilon_5 - \varepsilon_6 + \varepsilon_7 - \varepsilon_8 &= 2 \gamma_{xy}^{Fy} && \Rightarrow \text{fuerza transversal } F_y \end{aligned}$$

25 Estas cuatro ecuaciones son la característica propiamente dicha de la invención para la evaluación de las bandas extensométricas, puesto que muestran que el enlace algebraico sencillo de las dilataciones normales individuales suministra todas las cuatro magnitudes buscadas. Mientras que un circuito de Wheatstone de acuerdo con el estado de la técnica con las bandas extensométricas 1-4 solamente se puede calcular la primera magnitud (F_x), con un solo circuito-TDC a partir de las bandas extensométricas 1-4 se pueden determinar las tres primeras magnitudes. Esto se ve como ventaja especial.

- 30 El cálculo de las actuaciones de la fuerza a partir de las distorsiones se realiza a través de la ley de la elasticidad:

$$F_x = E \cdot A \cdot \varepsilon_x \quad F_z = G \cdot A_S \cdot \gamma_{xz}^{Fz} \quad F_y = G \cdot A_S \cdot \gamma_{xy}^{Fy} \quad M_x = G \cdot W_x \cdot \gamma_{xz}^{Mx}$$

En este caso, A , A_S y W_x son las magnitudes de la sección transversal que definen la tensión.

35 El cuerpo de deformación 9, después de que se han aplicado las bandas extensométricas 1-8, se puede posicionar en el cuerpo del pedal 11 mecánicamente de una manera unívoca, por ejemplo a través de un pasador de índice 15, que es guiado a través de un taladro suficientemente exacto en el cuerpo del pedal 11 y en cuerpo de deformación 9. De esta manera se asegura que el plano-x,y cubierto por las bandas extensométricas 1-4 se coloquen exactamente paralelos al plano de las placas de paso (ver las figuras 6 y 7), por lo que no se necesitan otras calibraciones de la fuerza.

40 En un circuito, la disposición bajo un ángulo de $\pm 45^\circ$ produce las señales máximas.

El elemento de disparo 14 necesario para la detección del ángulo relativo entre el cuerpo del pedal 10 y la manivela 20 se realiza en la figura 5 como casquillo, que lleva sobre un anillo elevado dos puntos de disparo en forma de taladros practicados radialmente a la distancia de 180°. De esta manera, se realizan dos impulsos por cada revolución. El disparador de punto cero del elemento de disparo 14 se configura en este caso de una manera especial a través de un taladro de diámetros diferente. A través de la rotación relativa del eje del pedal 10, los puntos de disparo se desplazan por delante del sensor del ángulo relativo 12 y son detectados de esta manera, a cuyo fin se fija el sensor del ángulo relativo 12 a distancia adecuada del anillo de disparo en el cuerpo de deformación 9.

Para fijar el punto cero del elemento de disparo 14 con relación a la manivela 20, se puede alinear el elemento de disparo 14 mecánicamente con relación a una posición discrecional de la manivela 20, por ejemplo cuando ésta apunta verticalmente hacia arriba. La posición seleccionada está programada fijamente de la manera más favorable en el ordenador de la bicicleta 17. De esta manera – después de la instalación de la manivela 20 en esta posición y una vez realizado el ajuste del disparador del punto cero con relación a ello – no son necesarias otras entradas en el ordenador de la bicicleta 17.

Se realiza el ajuste mecánico al punto cero de la manivela, introduciendo en la primera etapa el pasador de índice 15 a través del cuerpo del pedal 11 y el cuerpo de deformación 9 hasta la fricción del anillo de disparo y a continuación se gira el eje del pedal 10 junto con el elemento de disparo 14 a la "posición de inserción". El pasador de índice 15 se puede insertar ahora totalmente, como se muestra en la figura 5, y se puede fijar. Se excluye la confusión con el taladro del disparador del punto cero 21 debido al diámetro diferente del taladro. La segunda etapa contiene el aflojamiento del elemento de disparo 14 por medio del tornillo de fijación 19 indicado. Si la manivela 20 está en la posición cero definida y los pedales están enroscados, se puede girar el plano de las placas de paso del cuerpo del pedal 11 en posición horizontal, de manera que se gira al mismo tiempo el elemento de disparo 14 liberado. A continuación se puede apretar de nuevo el tornillo de fijación 19, se puede retirar el pasador de índice 15 y se termina el ajuste. Este ajuste se mantiene hasta que la disposición necesita un desmontaje, es decir, que tampoco se modifica el ajuste en el caso de aflojamiento y apriete de los pedales.

El ángulo relativo cubierto $\Delta\varphi(t)$ entre la manivela 20 y el cuerpo del pedal 11, medido a partir del disparador del punto cero 21 se calcula a partir de la velocidad angular $\omega_{i-1} = \Delta\varphi_{i-1}/\Delta t_{i-3}$ de la sección de disparo precedente y a partir del tiempo de propagación $\Delta t = t - t_{i-1}$ desde el último punto de disparo, en el supuesto de que la velocidad angular en el segmento angular actual no se haya modificado con respecto al precedente:

$$\Delta\varphi(t) = (t - t_{i-1})^0 \cdot \Delta\varphi_{i-1} + \omega_{i-1} \cdot (t - t_{i-1})$$

en la que

$$(t - t_{i-1})^0 = \begin{cases} 0, & t \leq t_{i-1} \\ (t - t_{i-1})^0 = 1, & t > t_{i-1} \end{cases}$$

$\Delta\varphi_{i-1}$ 180° para el elemento de disparo 14 con dos puntos de disparo equidistantes
 Δt_{i-1} tiempo de propagación entre los disparadores precedentes

En cada transición del disparador del punto cero 21, la descripción del tiempo comienza de nuevo. Como otra información, el indicador del ángulo relativo 12 puede suministrar la frecuencia de paso n_{i-1} a partir de la velocidad angular $\omega_{i-1} = 2 \cdot \pi \cdot n_{i-1}$.

El ángulo relativo calculado $\Delta\varphi(t)$ entre el cuerpo del pedal 11 y la manivela 20 por sí solo no es suficiente para poder calcular las curvas de las fuerzas, del momento o de la potencia sobre el ángulo de la manivela α . Para que se pueda prescindir de indicadores externos del ángulo de la manivela debido a los componentes adicionales, la información del ángulo de la manivela se resulta a través del cálculo del ángulo relativo $\Delta\varphi(t)$, de la inclinación del pedal γ y del gradiente de la calzada σ_{FC} . En la presente configuración se integra a tal fin un sensor del ángulo de inclinación 18 en el pedal 16, que mide la inclinación del pedal γ frente a la superficie de la tierra. Pero puesto que esta señal contiene también el gradiente de la calzada σ_{FC} , se puede colocar fijo estacionario un sensor del ángulo de inclinación separado, del mismo tipo (por ejemplo, integrado en el ordenador de la bicicleta), con el que se mide por separado el gradiente actual y a partir de ello se corrige a través del microcontrolador, integrado por ejemplo en el ordenador de la bicicleta.

Las siguientes relaciones están relacionadas con la figura 2 (ángulo positivo con giro a la derecha):

En el cuerpo del pedal 11 se aplica $\alpha = \beta - \Delta\varphi$
 β = ángulo oscilante del cuerpo del pedal 11 medido con relación a la calzada
 $\beta = \gamma = \sigma$

resulta $\alpha = \gamma - \sigma_{FC} - \Delta\varphi$; $\sigma = \sigma_{PK} = \sigma_{PC}$ y $\Delta\varphi = \Delta\varphi(t)$

Debido al sentido de giro positivo, se aplica para α :

$\sigma = \sigma_{FC} < 0$ en el caso de gradiente positivo de la calzada y

5 $\Delta\varphi < 0$ el cuerpo del pedal gira relativamente hacia atrás en el caso de movimiento de la manivela hacia delante ($\alpha > 0$).

En este caso φ es el ángulo de la manivela, σ_{FC} es el gradiente de la calzada medido en el ordenador de la bicicleta 17, γ es la inclinación del pedal medida en el pedal 16. $\Delta\varphi = \beta - \alpha$ es el ángulo relativo medido en el pedal 16. Para poder utilizar σ_{FC} en el ordenador de la bicicleta 17 como magnitud de corrección, es necesaria una determinación de desviación de la posición de montaje del ordenador de la bicicleta 17.

El momento de accionamiento M_A relevante para el accionamiento se deduce a partir del equilibrio en la manivela 20 (ver la figura 4)

15 $M_A = F_T \cdot l - M_x$; M_x : momento de pérdida en el cojinete del pedal

y el equilibrio de fuerzas en el pedal 16 (ver la figura 4) conduce a:

$F_T = F_x \cdot \sin \Delta\varphi + F_y \cdot \cos \Delta\varphi$; F_T : fuerza tangencial en la manivela 20

20 $F_R = F_x \cdot \cos \Delta\varphi - F_y \cdot \sin \Delta\varphi$; F_R : fuerza radial en la manivela 20

El ángulo relativo $\Delta\varphi$ entre la manivela 20 y el pedal 16 se miden directamente. A través de los enlaces de los ángulos descritos anteriormente se obtienen también las curvas de la fuerza sobre el ángulo de la manivela α .

25 En caso necesario, se deducen la resultante F_{TR} y su ángulo activo φ_{TR} (figura 4).

$$F_{TR} = \sqrt{F_T^2 + F_R^2} \quad \text{y} \quad \tan \varphi_{TR} = F_T / F_R$$

La figura 1 muestra un diagrama del sistema de la configuración de la ganancia de la señal y de la propagación de la señal para ambos peales. El izquierdo y el derecho están configurados en este caso idénticos. En el ordenador de la bicicleta 17 puede ser accionado también sólo un pedal de medición, por ejemplo como variante de bajo coste. Se representa la medición de la dilatación por medio de dos TDC's, cuyas señales digitales son reunidas junto con las señales del sensor del ángulo relativo 12 y el sensor del ángulo de inclinación 18 (NW) en un microcontrolador (MC) separado, pre-procesadas y transmitidas a través del módulo-RF (RF) con un protocolo de transmisión digital muy economizador de energía al ordenador de la bicicleta (FC).

Las bandas extensométricas 1-8 no están conectadas externamente en circuito de puente, sino que pueden ser dimensionadas individualmente por el TDC, lo que posibilita – como se ha mostrado anteriormente con las cuatro ecuaciones – determinar a través de enlace algebraico sencillo de la información de dilatación en el microordenador (MC) todas las fuerzas transversales interesantes, la fuerza axial y el momento de pérdida en el eje del pedal 10. La medición de las fuerzas transversales de un plano (por ejemplo, vertical) se realiza, respectivamente, por un conjunto de bandas extensométricas (que está constituido por dos parejas de banda extensométricas), por ejemplo el conjunto 1-4, el conjunto de bandas extensométricas 5-8 mide la componente horizontal. Para la determinación de la información de la fuerza axial y de la información de los momentos solamente es necesario el enlace de uno de los conjuntos de bandas extensométricas. También es posible una forma de realización, en la que prescindiendo de la información de la fuerza axial y de la información del momento de pérdida, es suficiente un TDC individual.

El ordenador de la bicicleta 17 asume entonces la corrección del gradiente de la calzada a través del ángulo de inclinación (NW) propio, para posibilitar más tarde la representación de cursas relacionadas con el ángulo de la manivela, realiza todos los cálculos previstos, memoriza los datos calculados y los representa seleccionados en la pantalla, por ejemplo potencia total momentánea, balance de potencia y/o de fuerza a la izquierda / a la derecha, etc. Si están previstas otras evaluaciones en el PC, el RF transmite los datos a la interfaz del PC.

Lista de signos de referencia

- 1 Banda extensométrica N° 1
- 2 Banda extensométrica N° 2
- 3 Banda extensométrica N° 3

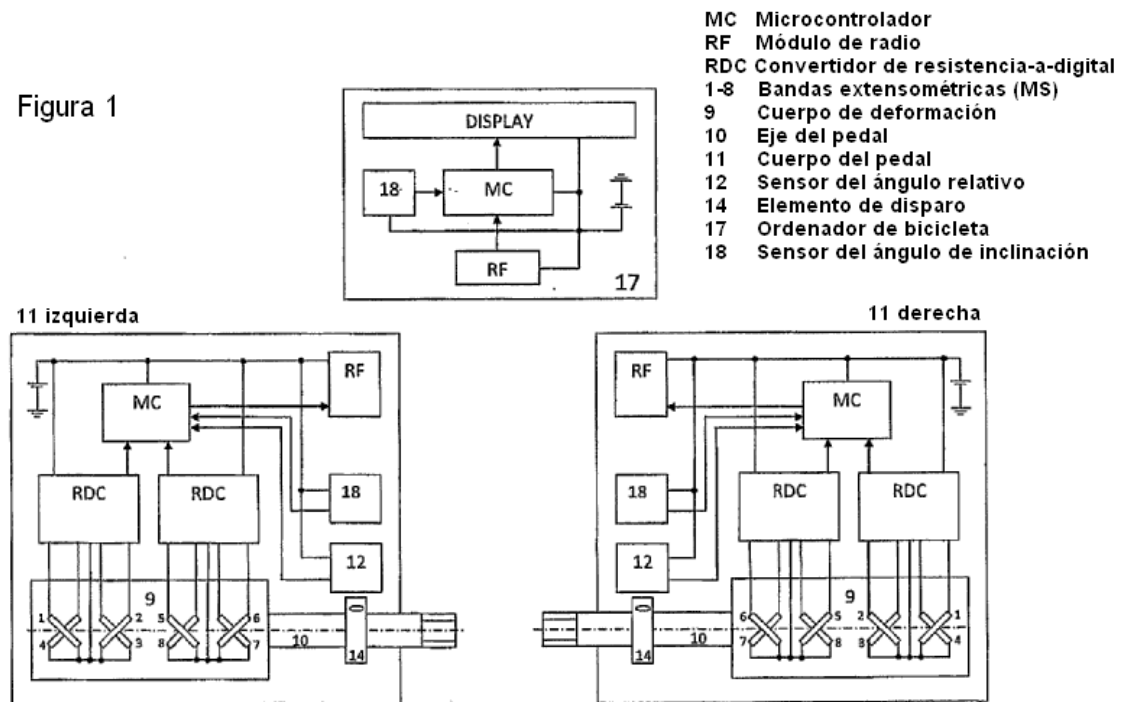
	4	Banda extensométrica N° 4
	5	Banda extensométrica N° 5
	6	Banda extensométrica N° 6
	7	Banda extensométrica N° 6
5	8	Banda extensométrica N° 8
	9	Cuerpo de deformación (VK)
	10	Eje del pedal (PA)
	11	Cuerpo el pedal (PK)
	12	Transmisor del pedal, sensor del ángulo relativo (RW)
10	13	Cojinete
	14	Elemento de disparo (TE)
	15	Pasador de índice (IS), ayuda de ajuste
	16	Pedal
	17	Aparato de evaluación, en particular un ordenador de bicicleta (FC)
15	18	Sensor del ángulo de inclinación
	19	Tornillo de fijación (FS)
	20	Manivela
	21	Disparador de punto cero
20		

REIVINDICACIONES

- 1.- Dispositivo para la medición y determinación de la fuerza, de los momentos y de la potencia en una manivela, en particular la de una bicicleta, que está constituido por un aparato de evaluación (17), en particular un ordenador de bicicleta (FC), y al menos un pedal (16), en el que las magnitudes de la fuerza y la velocidad angular son convertida en señales eléctricas y son alimentada a un aparato de evaluación (17), en particular un ordenador de bicicleta (FC), en el que el pedal (16) está constituido por un cuerpo de pedal (11), un cuerpo de deformación (9) y un eje de pedal (10), caracterizado por que el pedal está constituido, además, por un sensor del ángulo relativo (12), por que el cuerpo de deformación (9) está conectado fijamente con el cuerpo del pedal (11) y está dispuesto de forma giratoria sobre el eje del pedal (10), porque la magnitud de la fuerza se calcula a través de la medición de la deformación del cuerpo de deformación (9) con bandas extensométricas a través de la medición de las dilataciones normales individuales de las bandas extensométricas, en el que cuatro parejas de bandas extensométricas están dispuestas (1 y 2; 2 y 4, 5 y 6; 7 y 8) están dispuestas en diferentes ángulos, con preferencia de $\pm 45^\circ$, con relación al eje del pedal (10) y por que la conversión de la magnitud de la fuerza es convertida por las bandas extensométricas en señales eléctricas por medio del convertidor digital de tiempo (TDC).
- 2.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el pedal (16) así como el aparato de evaluación (17) presentan, respectivamente, un sensor del ángulo de inclinación (18).
- 3.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que la determinación de la curva de la fuerza del pedal (F_z , F_y , F_x), es decir, de las fuerzas del pedal en las tres direcciones espaciales (F_z , F_y , F_x), se realiza como función sobre el ángulo de la manivela (α).
- 4.- Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que todos los datos de medición se transmiten sin hilos al aparato de evaluación (17), en particular a un ordenador de la bicicleta (FC).
- 5.- Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que a través del pedal (16) se realiza la determinación de los momentos de torsión (M_x), por ejemplo de los momentos de pérdida como consecuencia de fricción, en el eje del pedal (10).
- 6.- Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que en el aparato de evaluación (17) con los datos de medición de los componentes de la fuerza en todas las direcciones espaciales (F_z , F_y , F_x) a partir del pedal (16) se pueden identificar estilo de la marcha, por ejemplo, marcha contoneándose, alta velocidad o bajada y se pueden comparar con estilos de la marcha registrados en el aparato de evaluación (17).
- 7.- Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que el aparato de evaluación (17) calcula la inclinación de la calzada (σ_{FC}) y de esta manera lleva a cabo una nueva calibración de los datos de medición.
- 8.- Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que el pedal (16) presenta una posición de punto cero angular ajustable mecánicamente.
- 9.- Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que una ayuda de ajuste (15) es también al mismo tiempo un seguro de transporte.
- 10.- Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que se realiza la detección de los datos de medición desde el pedal izquierdo y el pedal derecho (16) de una bicicleta.
- 11.- Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado por que en el aparato de evaluación (17) se realizan por separado la evaluación, comparación y representación de la medición de la potencia desde el pedal izquierdo y el pedal derecho (16).
- 12.- Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 2 a 11, caracterizado por que la determinación del ángulo de la manivela (α) y de la velocidad angular de la manivela ($d\alpha/dt$) se realiza a partir de un ángulo relativo ($\Delta\varphi$) medido con el sensor del ángulo relativo (12), y a partir de un ángulo de basculamiento (β), medido a través del sensor del ángulo de inclinación (18) y a partir de otro sensor del ángulo de inclinación fijo estacionario, por ejemplo integrado en el ordenador de la bicicleta (17), para el cálculo del gradiente de la calzada σ_{FC} como ángulo de corrección.
- 13.- Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado por que la determinación de las fuerzas del pedal en las tres direcciones espaciales (F_z , F_y , F_x) y del momento de torsión (M_x), en particular del momento de pérdida como consecuencia de la fricción, se realiza a través de un enlace de las dilataciones normales individuales medidas en el cuerpo de deformación (9).
- 14.- Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que la medición de las dilataciones normales se realiza por medio de parejas de bandas extensométricas aplicadas en un ángulo de 45° con relación al eje del pedal (10) en el cuerpo de deformación (9) en dos direcciones que está perpendiculares entre sí.

- 5 15.- Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado por que se determina un ángulo relativo ($\Delta\phi$) a partir de la señal de tiempo de propagación, que se mide a través de la transición del sensor del ángulo relativo (12) desde al menos un puro de disparo, por ejemplo el punto cero de disparo (21), sobre un elemento de disparo (14), de manera que se realiza una medición del ángulo relativo ($\Delta\phi$) entre el cuerpo del pedal (11) y el eje del pedal (10) sobre el tiempo de propagación (Δt) y la velocidad angular (ω_{i-1}) de la última media vuelta.
- 16.- Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado por que la determinación de las componentes radial y tangencial (F_R , F_T) de la fuerza de la manivela y la fuerza resultante (F_{TR}) con el ángulo activo (ϕ_{TR}) se realiza por medio de la curva de la fuerza del pedal (F_z , F_y , F_x).
- 10 17.- Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 16, caracterizado por que la medición de la fuerza axial (F_x) y del momento de torsión (M_x), en particular del momento de pérdida como consecuencia de la fricción, se realiza solamente con dos parejas de bandas extensométricas (1 y 1; 3 y 4) en el cuerpo de deformación (9).

Figura 1



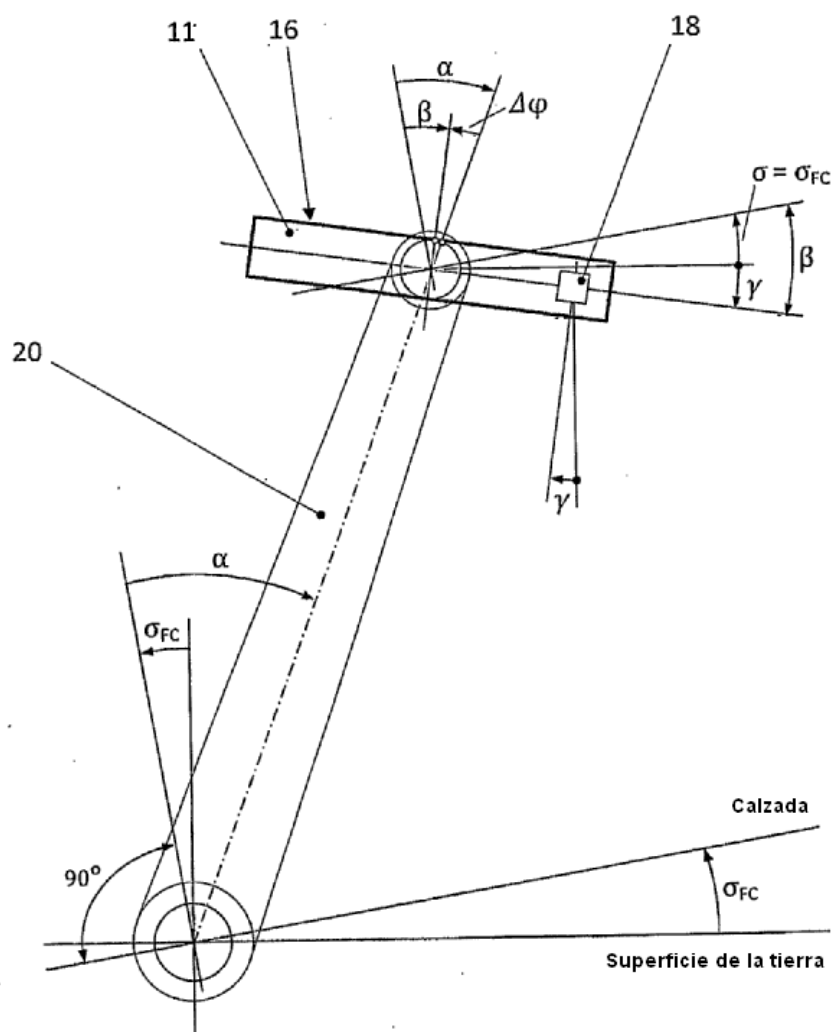


Figura 2

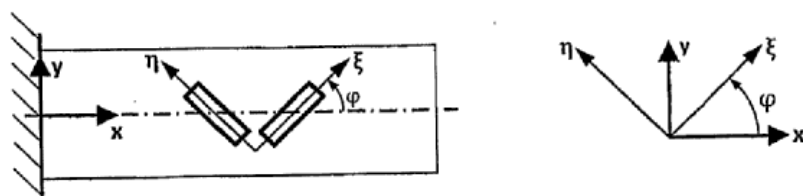


Figura 3

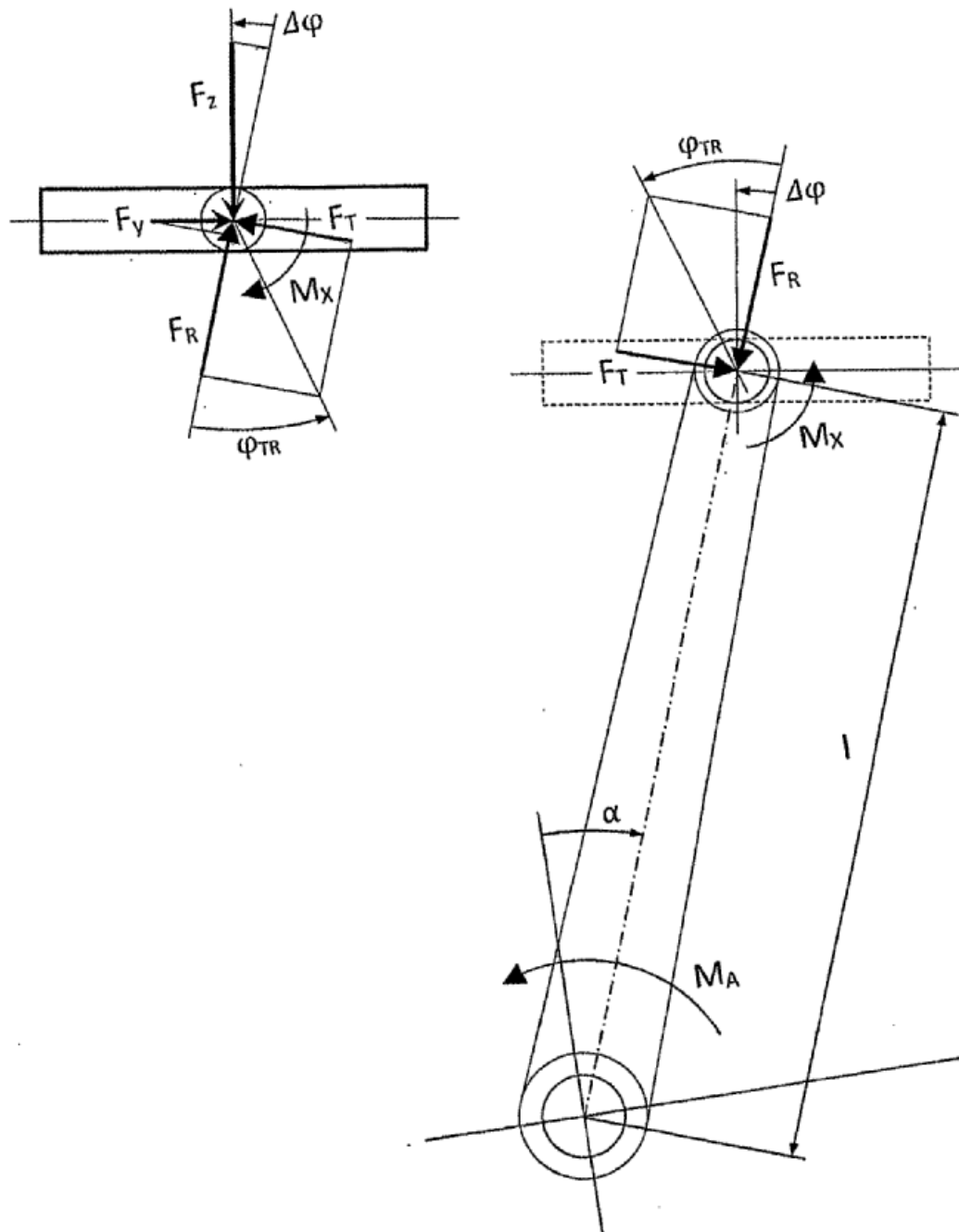


Figura 4

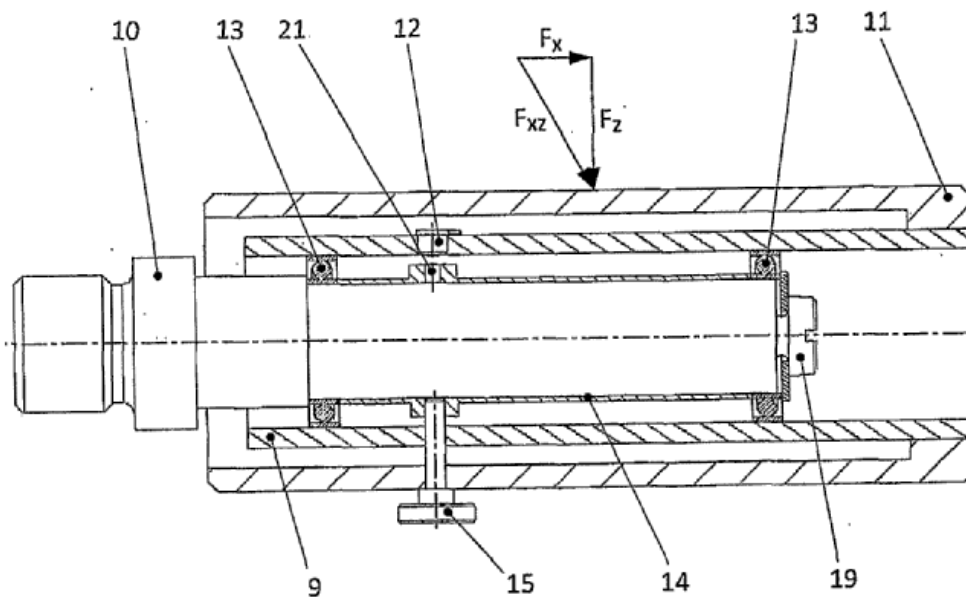


Figura 5

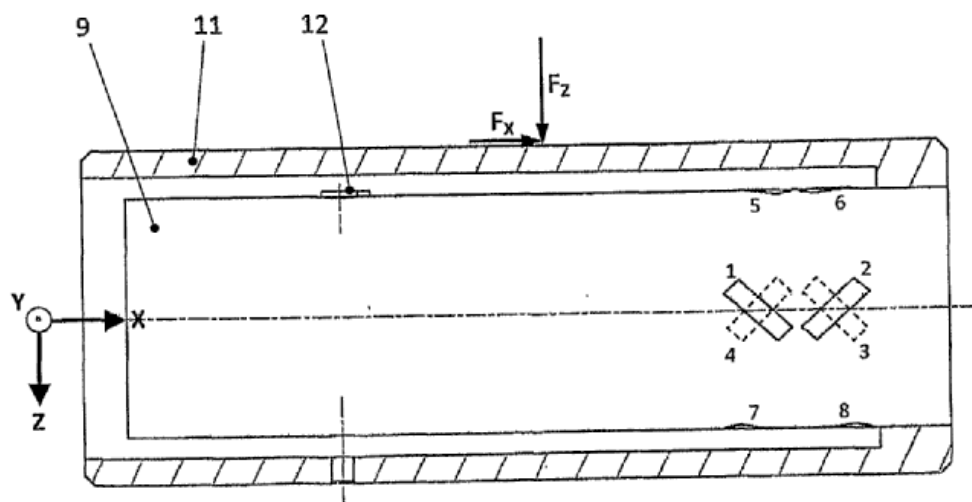


Figura 6

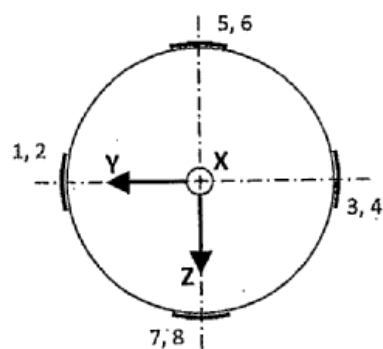


Figura 7

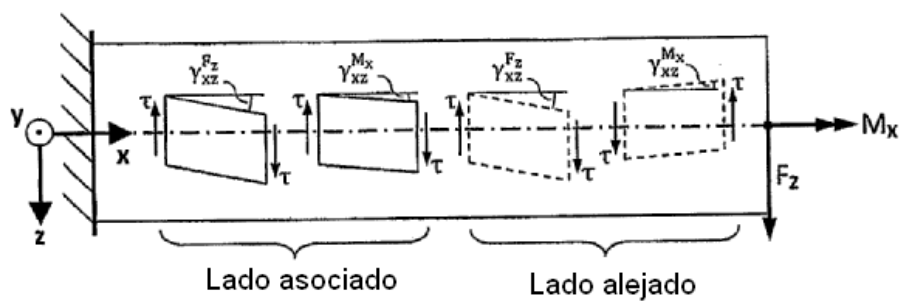


Figura 8

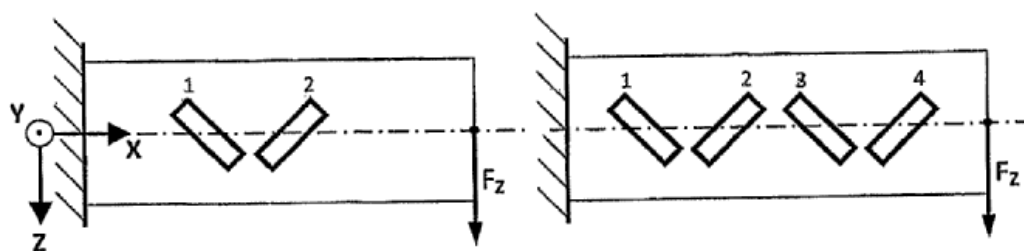


Figura 9