(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **1 077 409**

(21) Número de solicitud: 201200436

(51) Int. CI.:

G01N 19/02 (2006.01)

G01N 3/56 (2006.01)

(12) SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD U

(22) Fecha de presentación: **08.05.2012**

(43) Fecha de publicación de la solicitud: **17.07.2012**

(71) Solicitante/s:
MICROTEST, S.A.
Valle de Tobalina, 10, nave 3
28021 Madrid, ES

(72) Inventor/es:
LOPEZ ALMOROX, Miguel

(74) Agente/Representante:
JAUDENES SANCHEZ, Luis

(54) Título: **Tribómetro modular perfeccionado**

ES 1 077 409 U

TRIBOMETRO MODULAR PERFECCIONADO

D E S C R I P C I Ó N

OBJETO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere a un tribómetro, es decir a un dispositivo diseñado para llevar a cabo ensayos y medidas de fricción y desgaste entre piezas móviles en contacto pertenecientes a máquinas, en los que dos materiales deslizan uno sobre otro.

El objeto de la invención es proporcionar un tribómetro con carácter modular, de estructuración sencilla, y consecuentemente con un coste de fabricación menor, con una alta rigidez y durabilidad, en el que la medida de la fuerza de fricción se lleve a cabo de forma directa, no siendo necesario llevar a cabo cálculos diferenciales de compensación en la medida.

Es así pues objeto de la invención que el dispositivo permita una mejora sustancial en la adquisición de datos tribológicos, mediante la incorporación de un codificador óptico para medida de ángulo, la inclusión de una señal índice para sincronización de la señal de datos, la inclusión de un sistema de adquisición de alta velocidad así como de una cámara termográfica para medición directa de la temperatura de fricción en la zona de contacto, la incorporación de un módulo de control de humedad en método de ensayo, así como otras características que se detallarán a lo largo de la presente memoria.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Como es sabido, los tribómetros se utilizan para estudiar el desgaste que aparece cuando dos superficies sólidas deslizan una sobre la otra.

En la mayoría de los casos las superficies se encuentran lubricadas de alguna manera, produciéndose un desgaste húmedo, si bien en algunas aplicaciones de ingeniería, las superficies deslizan al aire sin lubricante alguno.

Para estos ensayos se emplea normalmente un pin o una bola encargada de presionar contra la superficie de un disco plano.

Los tribómetros de este estilo, tienen una amplia importancia en la investigación y simulación de procesos de desgaste bajo condiciones de deslizamiento, pudiendo funcionar en condiciones de fricción seca, es decir, sin lubricante, o en condiciones de fricción límite, con una capa de lubricante líquida o ensayos en baño con otros líquidos.

De esta manera permiten ejecutar ensayos tanto para caracterizar materiales como lubricantes.

Así pues, mediante una probeta estacionaria, se ejerce una fuerza normal conocida, que presiona a ésta contra la superficie del elemento a ensayar ubicada en un disco rotatorio.

El problema que presentan los tribómetros existentes, es que tienen una estructuración compleja, con una gran volumetría, y con unos

costes de adquisición elevados.

Esta complejidad estructural se traduce igualmente en una durabilidad o vida útil del dispositivo limitada, que sería deseable incrementar.

Asimismo, éste tipo de dispositivos no permite llevar a cabo una medida directa de la fuerza de fricción, siendo necesaria la aplicación de fórmulas matemáticas (cálculo diferencial), para llevar a cabo la compensación por ángulos.

Finalmente, la estructuración de éste tipo de dispositivos presenta una serie de limitaciones en la adquisición de datos tribológicos que sería deseable mejorar.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

El tribómetro modular perfeccionado que se preconiza ha sido concebido para resolver la problemática anteriormente expuesta, en todos y cada uno de los aspectos comentados.

Para ello, el tribómetro de la invención presenta la especial particularidad de que el transductor o sensor encargado de la fuerza de fricción se encuentra integrado en el brazo de carga, llevándose a cabo la medición de forma tangencial, en contra de cómo se realizaba hasta la fecha, todo ello con un carácter modular.

De forma más concreta, el dispositivo de la invención está constituido a partir de un bastidor o bancada sobre el que se dispone un

brazo porta-muestras, desplazable horizontalmente a través de una guía lineal asociada a un micrómetro o de manera motorizada, a través de la que dicho brazo puede acercarse/alejarse en sentido radial a un disco giratorio sobre el que se fija la probeta a ensayar, para definir el radio de giro durante el ensayo. El disco giratorio que es accionado a través de un motor eléctrico, controlado a su vez a través de un ordenador, para controlar la velocidad de giro, aceleración y deceleración, recorrido o número de vueltas.

Integrado en el brazo se encuentra el transductor de fuerza o célula de carga encargada de medir la fuerza de fricción, para lo cual la misma se remata por su extremidad libre en un soporte porta-pin o porta-bolas, perpendicular a la probeta, para recepción del pin o la bola comentados, asistido por los correspondientes pesos.

De esta forma, el pin o bola presiona contra la probeta de forma perpendicular a la misma, si bien, la célula de carga que se integra en el propio brazo portador al disponerse de forma paralela a la probeta, permite obtener mediciones perfectamente tangenciales, no siendo necesario aplicar el cálculo diferencial para la compensación de medidas.

El dispositivo se complementa con un sistema de control que mide y registra automáticamente mediante un ordenador y su correspondiente software de programación los parámetros analizados.

A partir de esta disposición se puede obtener una medida directa de la fuerza de fricción, con una estructuración mucho más sencilla, evitando la inclusión de elementos de transmisión en las medidas de fuerzas.

Esta estructuración sencilla y compacta redunda en una alta rigidez y durabilidad para el dispositivo.

De acuerdo con otra de las características de la invención, se ha previsto que el dispositivo presente un carácter modular, pudiendo incluir diferentes tipos de módulos opcionales asociados al transductor o sensor a partir de los cuales se permite obtener una mejora sustancial en la adquisición de datos tribológicos.

De forma más concreta, el sensor podrá incorporar un codificador óptico para medida de ángulo.

Otro elemento opcional consiste en un sistema de lubricación completa, que ofrece tres modos de lubricación, mediante un módulo de pulverización de baja presión, aire comprimido y filtrado, creando un aerosol uniforme que puede dirigirse a la zona de prueba adecuada, o bien de tipo gota a gota, con control de flujo, materializándose el tercer modo de lubricación en un ensayo con líquido en una copa especializada que rodea el portamuestras del disco giratorio y permite una inmersión total de la muestra en el líquido lubricante.

Otro elemento opcional consiste en la inclusión de un sensor de desplazamiento de desgaste (LVDT), que permite una medición directa de desviación del brazo que se corresponde con el desgaste de la bola y el desgaste de la superficie, con una gama de hasta al menos 2mm y resolución de 1 micra o menos.

Paralelamente, se ha previsto que el dispositivo pueda incorporar medios de medida de la resistencia eléctrica por contacto.

Igualmente, cabe destacar el hecho de que, el dispositivo de la invención podrá estar diseñado para operar a medias o altas temperaturas, del orden de 200°C u 800°C, de manera que en ambos casos incorporará un elemento de calefacción, en el primer caso por resistencias eléctricas tipo cartucho y en el segundo con un horno circular cubriendo la zona de ensayo del disco giratorio. Un termopar tipo K con aislamiento mineral en la zona de ensayo permite la medida y el control de la temperatura deseada.

De acuerdo con otra de las características de la invención, el dispositivo podrá incorporar un sistema de flujo de aire para refrigeración de la base, ideal para proteger partes del equipo cuando se trabaja con los elementos de calefacción anteriormente descritos.

En cuanto al control del radio a través del software, éste permite pruebas de espiral único con una distancia máxima de 40mm o más y velocidad de 0 a 20 mm/min o mayor. Esta técnica permite a la bola al pasar sobre una superficie no ensayada, sin interactuar con el surco ya creado o restos de material erosionado y desprendidos en pasadas anteriores.

Finalmente, cabe destacar el hecho, de que opcionalmente, el disco sobre el que se colocan las probetas puede ser sustituido por un mecanismo biela-manivela, de manera que de forma análoga al movimiento de los pistones de un motor de combustión, el movimiento de giro que se transmitía al disco, pasa a transformarse en un movimiento oscilatorio de vaivén lineal para una placa de sujeción de la muestra, que será desplazable a lo largo de respectivas guías. Esta técnica es muy útil para el estudio de la variación en el tiempo del coeficiente de fricción en ensayos lineales, pudiéndose complementar igualmente con medios de

calefacción para pruebas a una gran variedad de temperaturas.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que seguidamente se va a realizar y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1.- Muestra una vista en alzado lateral de un tribómetro modular perfeccionado realizado de acuerdo con el objeto de la presente invención.

La figura 2.- Muestra una vista en alzado opuesta a la vista de la figura anterior, y en la que el dispositivo aparece desprovisto de su mampara de seguridad.

La figura 3.- Muestra, una vista en perspectiva del conjunto de las figuras anteriores.

La figura 4.- Muestra un detalle ampliado y en alzado lateral del brazo que participa en el dispositivo de las figuras anteriores.

La figura 5.- Muestra un detalle en perspectiva del disco rotatorio y los medios de fijación de las probetas previstos para el mismo.

La figura 6.- Muestra un detalle en alzado del sistema de lubricación del dispositivo.

La figura 7.- Muestra, finalmente, un detalle en alzado lateral y parcialmente seccionado del sensor de desplazamientos de desgaste que participa en el dispositivo de la invención.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCIÓN

A la vista de las figuras reseñadas, puede observarse como el tribómetro de la invención está constituido a partir de un bastidor (1), construido con perfilería de aluminio estructural, bastidor que tiene la doble función de proteger toda la maquinaria eléctrica de la máquina, el motor, el amplificador, la transmisión, el eje y el circuito neumático, así como servir como ubicación de otras opciones del tribómetro tales como un set de calibración, soporte para el sistema de lubricación, alojamiento del termopar, etc, de las que se hablará más adelante, así como de soporte de la pantalla de seguridad (2).

Internamente, el bastidor alberga el sistema actuador electromecánico, el panel eléctrico con el tablero de interface y el sistema neumático de refrigeración.

El motor funciona a corriente continua, mientras que el encoder (codificador óptico) se encuentra situado en el extremo del eje del motor.

El regulador de motor es la unidad electrónica conectada entre el sistema de control y el motor para regular la corriente que llega al mismo de acuerdo con la velocidad deseada. El interior eléctrico del panel de circuitos lo constituye una fuente de corriente continua para el montaje del motor, la electrónica y las señales conectadas, el motor, el circuito de corte

del motor, el circuito de seguridad y otros.

Este bastidor (1) incorpora cuatro patas niveladoras (3) situadas en cada una de las esquinas de la parte de debajo de la base.

En el panel frontal del bastidor de ensayos, se sitúan el interruptor principal de potencia (4), la parada de emergencia (5) y el indicador luminoso de encendido (6), contando en su cara opuesta, la mostrada en la figura 2, con un enchufe rápido de entrada de aire (7), una válvula de regulación de flujo de aire (8), una toma (9) para el sistema de lubricación, un enchufe rápido (10) de salida de aire, una toma de potencia auxiliar (11), una conexión para el cable principal de potencia de entrada (12), así como diferentes conectores de control (13-14-15-16).

Sobre el citado bastidor se dispone un plato o placa base (17) soporte del tribómetro propiamente dicho, materializado en una placa hecha de un aluminio de alta rigidez. Esta base es una estructura muy estable en la cual se montan las partes mecánicas del equipo.

Un conjunto de agujeros roscados permite distintas ubicaciones del montaje de medida en función de las diferentes opciones a instalar que ofrece el dispositivo. De análoga manera, el plano base contiene un conjunto de agujeros de entrada y salida para señales (fuerza, temperatura, etc.) o para propósitos particulares del usuario (puertos de entrada y salida de gases, por ejemplo).

La motorización interna del sistema está unida a la placa base. Unida de esta manera se encuentra situada en el interior del cuadro base. El eje del tribómetro (18) atraviesa la placa base (17) mediante un orificio.

El eje del tribómetro (18) está emparejado a un disco rotatorio (19) y su giro está conducido por el sistema electromecánico de la máquina. Opcionalmente, los ejes pueden poseer varios agujeros que permite la salida de aire refrigerante. En este caso, todas las piezas sometidas a altas temperaturas están construidas con acero antioxidante refractario.

El disco rotatorio (19) se encarga de sujetar la probeta, mediante un sistema de embridado a conjunto de agujeros roscados (20) en la cara superior, tal como muestra la figura 5. Estos agujeros serán el alojamiento de los tornillos (21) que sujetarán las "cuñas" (22) o bridas que fijan la probeta al disco El disco rotatorio (19) podrá ser bien desmontado, o bien cambiado desatornillando una serie de tornillos que lo unen al eje (18).

El tribómetro viene aprovisionado con un conjunto de piezas de fijación fabricadas en acero inoxidable con sus correspondientes tornillos y un conjunto de llaves para el montaje. De la misma manera, el fijado de la probeta al plato giratorio debe llevarse a cabo con cuidado y teniendo en cuenta el camino que seguirá el pin (23) durante el ensayo. El usuario ha de evitar a toda consta que el pin, la bola o el sujeta bolas toque los elementos de fijación durante el ensayo.

El soporte (24) para el pin o porta-bolas permite el uso de diámetros diferentes para las bolas o pines del ensayo. Los pines a utilizar podrán tener diferentes geometrías: los más comunes serán los de cabeza semiesférica, pero también se podrán realizar ensayos con pines de cabeza plana, o bien pines de sección cuadrada o redonda. Para cambiar las bolas basta con desatornillar la tapa del porta-bolas. Para pines a medida, el usuario podrá utilizar porta- pines fabricados bajo pedido.

La fuerza normal (perpendicular al plato con la probeta

ensayar) se aplica en valores discretos desde 1 a 80 N, si bien pueden darse otros valores bajo pedido expreso, para lo cual dicho soporte (24) está asistido por una serie de pesos (25) que se facilitan con el equipamiento.

El citado soporte (24) se ubica en el extremo de un brazo instrumentado (26). Este brazo está asociado a una célula de carga (29) es decir a un transductor de fuerza, gracias a una serie de galgas extensométricas pegadas al cuerpo elástico del brazo. Este transductor mide la fuerza tangencial generada durante el ensayo debido a la fricción (fuerza de fricción). Con estos parámetros se determina el coeficiente de fricción, que puede ser obtenido simplemente dividiendo esta fuerza entre la fuerza normal.

El transductor de fuerza puede ser calibrado con la ayuda de un equipo de calibración suministrado con la máquina.

En los modelos destinados a trabajar a alta temperatura el brazo tiene una forma más alargada y además fabricada en una aleación de bajo coeficiente de dilatación, ya que estos modelos necesitan más espacio para el montaje de la carga debido al espacio ocupado por el horno.

En correspondencia con el extremo trasero del brazo se establece un par de contrapesos (27) para balancear el brazo al comienzo del ensayo. Consiste en un par de barras roscadas con un par de tuercas moleteadas que permiten equilibrar el brazo gracias al movimiento de estas tuercas a lo largo del eje. Estas tuercas presentan también unos prisioneros para fijar la posición de los contrapesos. El brazo se proporciona con un nivel de burbuja (28) utilizado para verificar una correcta nivelación antes del ensayo. El montaje de la carga se completa con las guías (30) de desplazamiento del brazo que se controla con un micrómetro (31).

El montaje permite desplazar la posición del pin o la bola sobre la muestra para obtener el radio de ensayo deseado. El rango de desplazamiento del micrómetro es al menos de 40 mm, mientras que la resolución es de 0,005 mm o menos.

No obstante, el brazo puede fijarse con un ángulo mayor por medio de unos prisioneros.

El conjunto de pesos (25) puede colocarse, cuando no se estén utilizando, en un soporte porta-pesas (32) ubicado en la perfilería de aluminio frontal del marco de la base.

El coeficiente de fricción se determinada mediante la medida de la señal de la fuerza de rozamiento por las galgas extensiométricos que hay en el brazo (deflexión del brazo que sujeta el pin o la bola). Los valores de estas medidas, como el camino, el ángulo total girado, el número de giros, tiempo del ensayo, etc., son medidos y correctamente almacenados a través del sistema de control del ordenador.

Tal y como se ha comentado anteriormente, el dispositivo de la invención podrá estar diseñado para trabajar a altas temperaturas, del orden de 800ºC, en cuyo caso incorporará un horno, que se dispone rodeando la zona de ensayos del disco giratorio (19), adecuado para su uso en el estudio de materiales cerámicos u otros.

Para trabajos a temperaturas no tan altas, de hasta 200ºC, los medios de calefacción pueden materializarse en un conjunto de cartuchos calefactores o lámparas de cuarzo. Para temperaturas más bajas, de hasta unos 80°C, se puede emplear un sistema con lámparas de radiación

infrarroja.

De acuerdo con otra de las opciones que permite el dispositivo de la invención, el dispositivo puede estar asistido por un sistema de lubricación completa, que ofrece tres modos de lubricación, mediante un módulo de pulverización de baja presión, aire comprimido y filtrado (33), como el mostrado en la figura 6, creando un aerosol uniforme que puede dirigirse a la zona de prueba adecuada, o bien de tipo gota a gota, con control de flujo, materializándose el tercer modo de lubricación en un ensayo con líquido en una copa especializada que rodea el portamuestras del disco giratorio y permite una inmersión total de la muestra en el líquido lubricante.

Un elemento opcional consiste en la inclusión de un sensor de desplazamiento de desgaste (34) tipo LVDT, como el mostrado en la figura 7, que permite una medición directa de desviación del brazo que se corresponde con el desgaste de la bola y el desgaste de la superficie, con una gama de hasta al menos 2mm y resolución de 1 micra o menos.

De forma análoga, el dispositivo podrá incorporar medios de medida de la resistencia eléctrica por contacto.

Otra opción que presenta el dispositivo es la inclusión de un sistema de flujo de aire para refrigeración de la base.

Por último, y de acuerdo con otra de las opciones que ofrece el dispositivo de la invención, el disco giratorio (19) sobre el que se colocan las probetas puede ser sustituido por un mecanismo biela-manivela, en orden a transformar el movimiento circular en un movimiento oscilante de vaivén lineal para la placa de sujeción de la

muestra, que será desplazable a lo largo de una pareja de guías, no representada en las figuras.

REIVINDICACIONES

1ª.- Tribómetro modular perfeccionado, caracterizado porque está constituido a partir un bastidor o bancada sobre el que se dispone un brazo, desplazable horizontalmente a través de una guía lineal asociada a un micrómetro, a través de la que dicho brazo puede acercarse/alejarse en sentido radial a un disco giratorio sobre el que se fija la probeta a ensayar, disco giratorio que es accionado a través de un motor eléctrico, controlado a su vez a través de un equipo informático, de manera que, integrado en el mismo brazo se establece una célula de carga encargada de medir la fuerza de fricción, para lo cual la misma se remata por su extremidad libre en un soporte porta-pines o porta-bolas, perpendicular a la probeta, para recepción del pin o la bola comentados, asistido por los correspondientes pesos, de manera que la medición de fuerza se lleva a cabo de forma tangencial al giro, habiéndose previsto que las medidas tomadas sean analizadas mediante el equipo informático asociado al sistema de control del dispositivo.

2ª.- Tribómetro modular perfeccionado, según reivindicación 1ª, caracterizado porque en correspondencia con el extremo trasero del brazo se establece un par de contrapesos para balancear el brazo al comienzo del ensayo, contando con un nivel de burbuja antes del ensayo.

3ª.- Tribómetro modular perfeccionado, según reivindicación 1ª, caracterizado porque el bastidor está asistido por una pantalla de seguridad.

4ª.- Tribómetro modular perfeccionado, según reivindicación 1ª, caracterizado porque en el seno del bastidor se establece un sistema actuador electromecánico, el panel eléctrico con el tablero de interface y el

sistema neumático de refrigeración.

5ª.- Tribómetro modular perfeccionado, según reivindicación 1ª, caracterizado porque el bastidor incorpora cuatro patas niveladoras situadas en cada una de las esquinas de la parte de debajo de la base.

6ª.- Tribómetro modular perfeccionado, según reivindicación 1ª, caracterizado porque sobre los paneles del bastidor, se sitúan el interruptor principal de potencia, la parada de emergencia, un indicador luminoso de encendido, un enchufe rápido de entrada de aire, una válvula de regulación de flujo de aire, una toma para el sistema de lubricación, un enchufe rápido de salida de aire, una toma de potencia auxiliar, una conexión para el cable principal de potencia de entrada, así como diferentes conectores de control.

7ª.- Tribómetro modular perfeccionado, según reivindicación 1ª, caracterizado porque sobre el bastidor se dispone un plato o placa base soporte del tribómetro propiamente dicho, dotada de orificios para fijación en distintas posiciones de los elementos de medida.

8ª.- Tribómetro modular perfeccionado, según reivindicación 1ª, caracterizado porque el eje de giro del disco rotatorio incluye orificios de salida de aire refrigerante.

9ª.- Tribómetro modular perfeccionado, según reivindicación 1ª, caracterizado porque el disco rotatorio incluye un conjunto de agujeros roscados en la cara superior, en los que son alojables tornillos que sujetan las "cuñas" de fijación de la probeta al disco.

10ª.- Tribómetro modular perfeccionado, según

reivindicación 1ª, caracterizado porque el bastidor incorpora un soporte porta-pesas ubicado en la perfilería de aluminio frontal de su marco.

11ª.- Tribómetro modular perfeccionado, según reivindicación 1ª, caracterizado porque incorpora un codificador óptico para medida de ángulo.

12ª.- Tribómetro modular perfeccionado, según reivindicación 1ª, caracterizado porque incorpora un sistema de lubricación mediante un módulo de pulverización de baja presión, aire comprimido y filtrado, dirigible sobre la zona de prueba adecuada.

13ª.- Tribómetro modular perfeccionado, según reivindicación 1ª, caracterizado porque incorpora un sistema de lubricación de tipo gota a gota, con control de flujo.

14ª.- Tribómetro modular perfeccionado, según reivindicación 1ª, caracterizado porque incorpora un sistema de lubricación en el que participa una copa especializada receptora del líquido lubricante, que rodea el portamuestras del disco giratorio.

15ª.- Tribómetro modular perfeccionado, según reivindicación 1ª, caracterizado porque incluye de un sensor de desplazamiento (LVDT), para medida de desgaste por medición directa del ángulo del brazo.

16ª.- Tribómetro modular perfeccionado, según reivindicación 1ª, caracterizado porque incorpora medios de medida de la resistencia eléctrica por contacto.

17ª.- Tribómetro modular perfeccionado, según reivindicación 1ª, caracterizado porque incorpora un sistema de flujo de aire para refrigeración de la base.

18ª.- Tribómetro modular perfeccionado, según reivindicación 1ª, caracterizado porque en sustitución del disco porta probetas, es susceptible de acoplarse un mecanismo biela-manivela, en orden a transformar el movimiento circular de su eje en un movimiento oscilante de vaivén lineal para la placa de sujeción de la muestra, desplazable a lo largo de una pareja de guías.

19ª.- Tribómetro modular perfeccionado, según reivindicación 1ª, caracterizado porque incorpora medios de calefacción dispuestos en la zona que rodea el disco giratorio o en el mismo disco giratorio.

20ª.- Tribómetro modular perfeccionado, según reivindicación 19ª, caracterizado porque cuando el dispositivo está destinado a trabajar a altas temperaturas, del orden de 800ºC, los medios de calefacción se materializan en un horno, que se dispone en torno a la zona de ensayo del disco giratorio.

21ª.- Tribómetro modular perfeccionado, según reivindicación 19ª, caracterizado porque cuando el dispositivo está destinado a trabajar a altas temperaturas, del orden de 200ºC, los medios de calefacción se materializan en un conjunto de cartuchos calefactores o bien lámparas de cuarzo, mientras que cuando trabaja a temperaturas más bajas, de hasta unos 80°C, los medios de calefacción se materializan en un sistema con lámparas de radiación infrarroja.

22ª.- Tribómetro modular perfeccionado, según reivindicación 19ª, caracterizado porque los medios de calefacción están asistidos por un termopar tipo k, con aislamiento mineral.

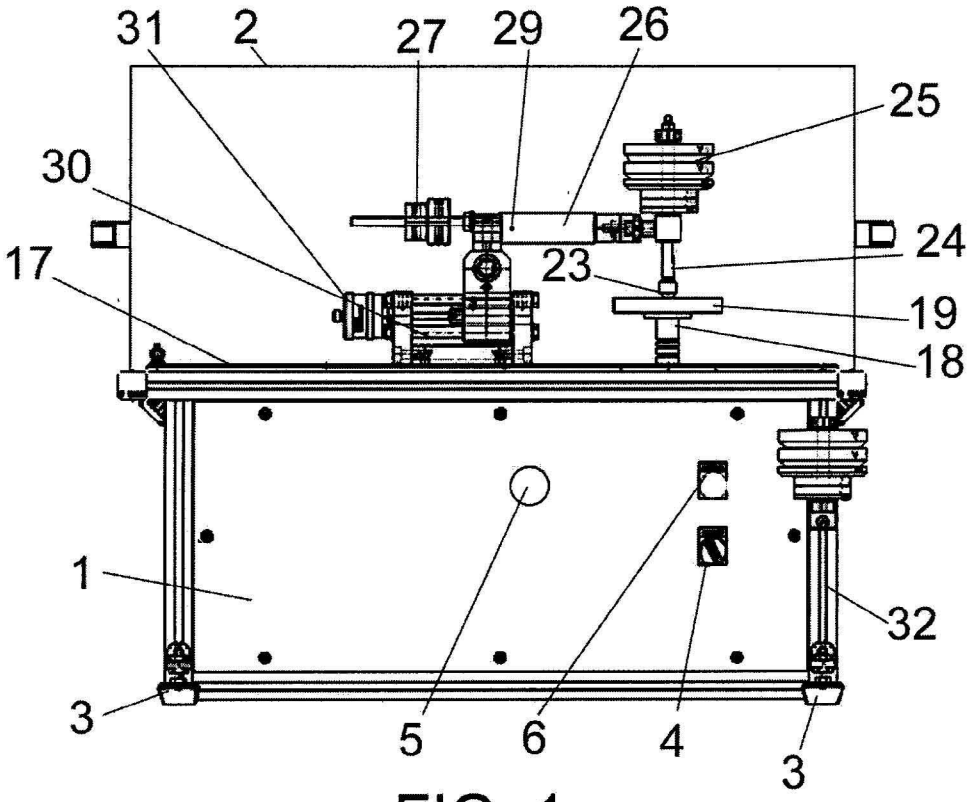
31
2
27
29
26
25
30
24
17
23
19
18
1
32
3
5
6
4
3

FIG. 1

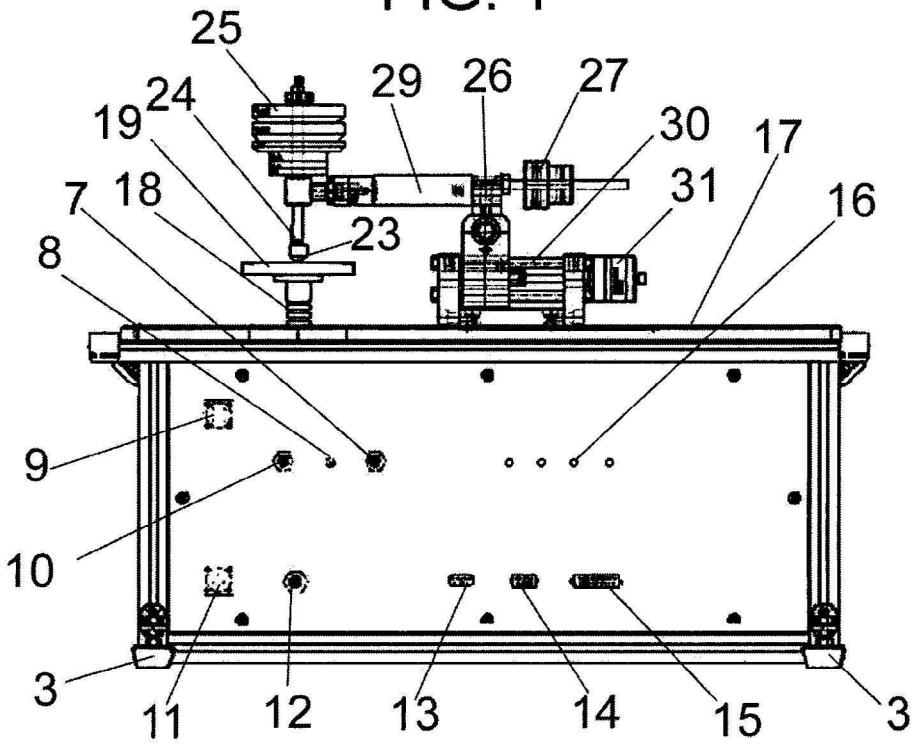
25
29
26
27
24
19
30
17
18
31
16
7
23
8
9
10
3
11
12
13
14
15
3

FIG. 2

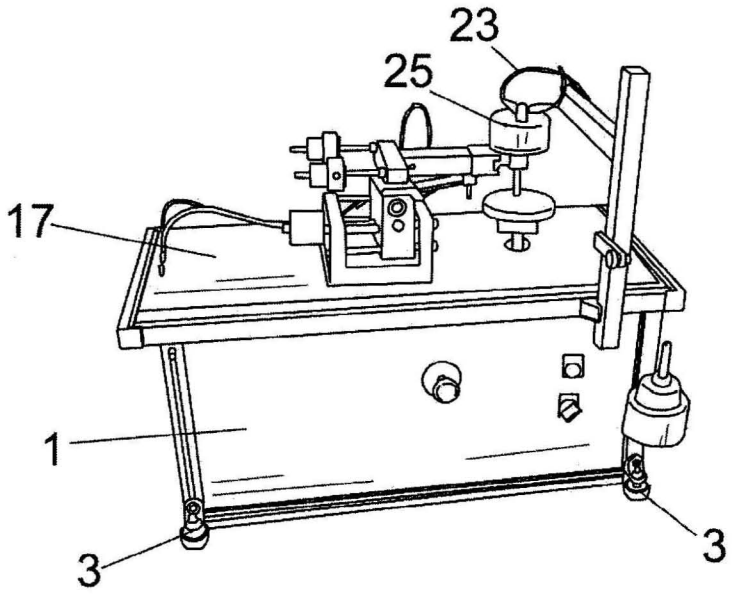

FIG. 3

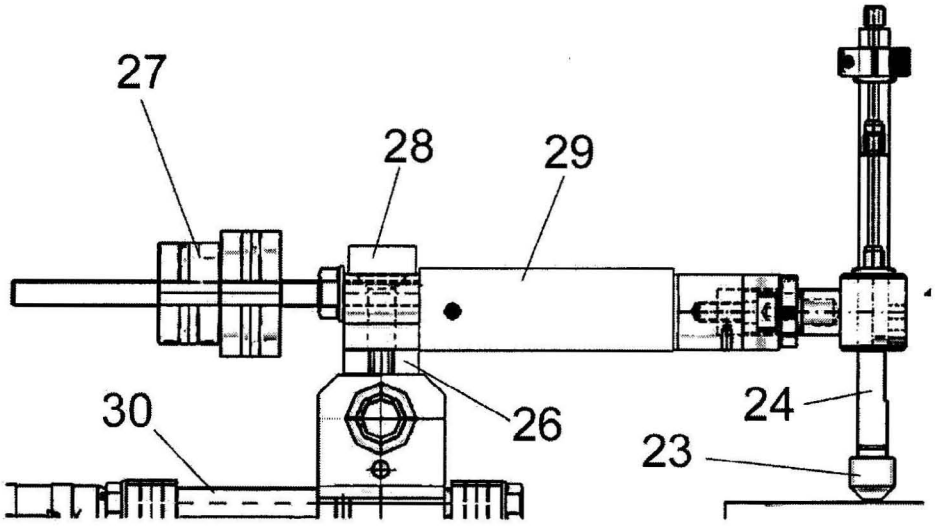

FIG. 4

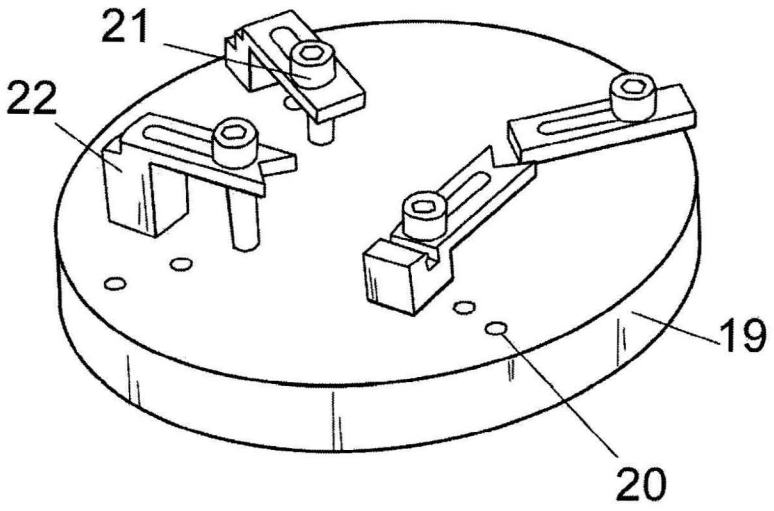

FIG. 5

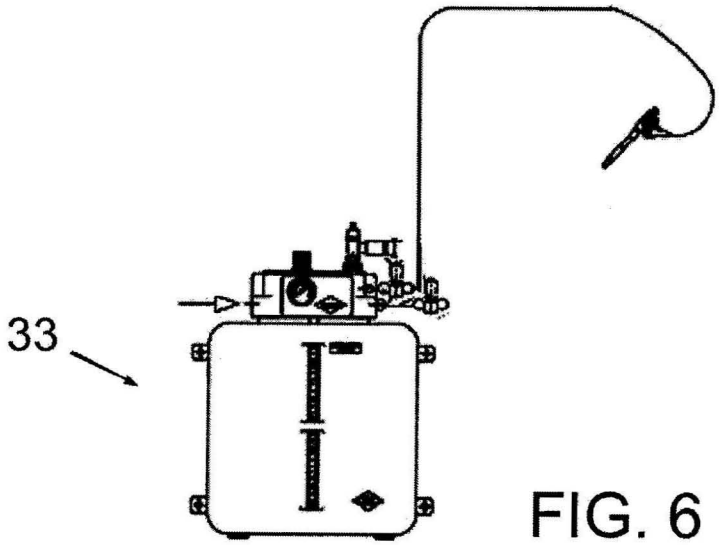

FIG. 6

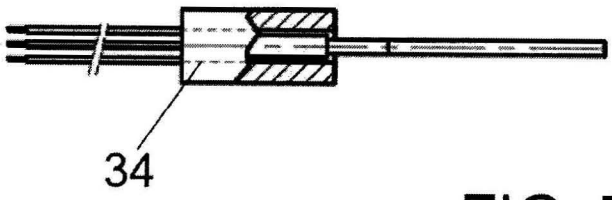

FIG. 7