

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 545 116**

51 Int. Cl.:

G01B 21/04 (2006.01)

G01B 5/016 (2006.01)

G01L 1/16 (2006.01)

G01B 7/012 (2006.01)

G01B 7/016 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.10.2011 E 11835655 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.07.2015 EP 2633266**

54 Título: **Sonda de contacto y método de verificación correspondiente con minimización del ruido térmico y eléctrico**

30 Prioridad:

29.10.2010 IT BO20100654

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

08.09.2015

73 Titular/es:

MARPOSS SOCIETA' PER AZIONI (100.0%)

Via Saliceto 13

40010 Bentivoglio (BO), IT

72 Inventor/es:

GAMBINI, ANTONIO y

DALL'AGLIO, CARLO

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 545 116 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).

DESCRIPCION

Sonda de contacto y método de verificación correspondiente con minimización del ruido térmico y eléctrico

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a una sonda de contacto para la verificación de la posición o dimensiones de una pieza en máquinas herramienta o máquinas de medición, la cual sonda incluye un marco soporte con una carcasa protectora y un área de apoyo y localización, un conjunto de brazo móvil que está parcialmente alojado en la carcasa protectora e incluye un brazo que lleva un palpador adaptado para contactar con la pieza que hay que verificar, un dispositivo de empuje dispuesto entre el marco soporte y el conjunto de brazo móvil para empujar el conjunto de brazo móvil contra el área de apoyo y localización, un sistema de restricción y posicionamiento entre el conjunto móvil de brazo y el marco soporte en el área de apoyo y localización, un dispositivo de detección con un transductor piezoeléctrico laminar conectado al marco soporte y adaptado para proporcionar una señal de fuerza como consecuencia de una fuerza aplicada al palpador, y unos medios de procesado conectados al dispositivo de detección y adaptados para procesar dicha señal de fuerza, para comparar esta última con un valor umbral, y proporcionar una señal de contacto indicativa del contacto que ha tenido lugar entre el palpador y la pieza que hay que verificar.

La presente invención se refiere también a un método para verificar la posición o dimensiones de una pieza de la máquina herramienta o máquinas de medición con una sonda de contacto que incluye un marco soporte con una carcasa protectora, un conjunto de brazo móvil el cual está parcialmente alojado en la carcasa de protección e incluye un brazo que lleva un palpador adaptado para contactar con la pieza que hay que verificar, un dispositivo de empuje dispuesto entre el marco soporte y el conjunto de brazo móvil, y un dispositivo de detección con un transductor laminar piezoeléctrico que está conectado con el marco soporte y adaptado para proporcionar una señal de fuerza como consecuencia de una fuerza aplicada al palpador, e incluyendo dicho método el paso de efectuar una comparación entre la señal de fuerza y un valor umbral y para proporcionar una señal de contacto indicativa del contacto que ha tenido lugar entre el palpador y la pieza que hay que verificar.

30 Antecedentes de la técnica

Las sondas de contacto con conjuntos de brazos móviles que llevan palpadores, se emplean en máquinas de medición de coordenadas y en máquinas-herramienta, en particular en centros de mecanizado y tornos, para la verificación de piezas que han sido o han de ser mecanizadas, herramientas, mesas de máquinas, etc.. En cada una de dichas sondas, el contacto entre el palpador y, por ejemplo, una pieza mecánica es señalado mediante dispositivos adecuados que detectan ciertos movimientos del conjunto de brazo móvil con respecto a la carcasa y controlan la lectura de los transductores asociados a los cursores de la máquina, proporcionando los transductores valores de la medición con respecto a la posición u origen de referencia.

Un dispositivo de detección y señalización de una sonda, como la sonda descrita en la patente nº US-A-5299360, puede incluir un circuito eléctrico y por lo menos un interruptor asociado accionado mecánicamente como consecuencia de los desplazamientos que tienen lugar entre el brazo móvil y la carcasa y que ocasiona el cierre, o con más frecuencia, la apertura del circuito.

Se conocen otras sondas con dispositivos de detección incluyendo circuitos eléctricos colocados en el soporte y sistemas de posicionamiento, como por ejemplo, a partir de la patente nº US-A-4153998.

Otros tipos de sondas de contacto pueden incluir dispositivos de detección de muy diferente tipo y disposición, entre ellos transductores de deformación o piezoeléctricos. Las publicaciones de las patentes nº US-A-3945124, US-A-4177568, GB-A-2049198, US-A- 4462162 y US-A-4972594, muestran sondas de este tipo.

Entre ellas, la patente nº US-A-4972594 muestra una sonda con un conjunto de brazo que incluye brazos y palpadores y está conectado a un marco fijo de una manera móvil. En particular, el conjunto de brazo está acoplado mediante un soporte intermedio a unos pilares mecánicos de referencia. La sonda incluye dos dispositivos de detección: un transductor piezoeléctrico de forma laminar que genera una señal después de que uno de los palpadores ha contactado con la pieza mecánica que hay que verificar, y un circuito eléctrico se cierra por contacto con los pilares mecánicos de referencia mencionados más arriba. Para evitar una falsa señalización del transductor piezoeléctrico, el cual es particularmente sensible a las vibraciones u otros ruidos y variaciones térmicas, la señal de dicho transductor piezoeléctrico se considera como indicativa del contacto que ha tenido lugar realmente entre el palpador y la pieza mecánica, solamente si dicho contacto se confirma con un cierto retraso mediante la apertura del circuito eléctrico causada por el movimiento del conjunto del brazo y la consecuente separación entre los pilares mecánicos. Este procedimiento para asegurar la inmunidad a los ruidos de diferentes tipos puede causar problemas debido al retraso necesario introducido en la detección del contacto. Dichos problemas incluso aumentan cuando no es posible controlar completamente la velocidad de cierre establecida por los ciclos de la máquina, entre la sonda y la pieza que hay que verificar.

El transductor piezoeléctrico es, como ya se ha mencionado, termosensible, es decir sensible a las variaciones térmicas, y cuando tienen lugar cambios de temperatura, pueden generarse señales eléctricas que pueden causar falsas señales de contacto.

5 Descripción de la invención

El objetivo de la presente invención es el de implementar sondas de contacto y un método en relación a las mismas, que sea particularmente de confianza y substancialmente inmune a errores debidos a los ruidos del medio ambiente y a las variaciones térmicas.

10 Este y otros objetivos y ventajas se logran mediante sondas de contacto de acuerdo con la presente invención como se ha definido en la reivindicación 1, y mediante un método de acuerdo con la reivindicación 4.

15 Una sonda de contacto de acuerdo con la presente invención incluye un marco soporte con una carcasa de protección y un área de apoyo y localización para un conjunto de brazo móvil con un brazo y un palpador. El conjunto de brazo móvil es empujado contra el marco soporte en una posición definida en el área de apoyo y localización mediante un sistema de restricción y posicionamiento con un sistema isostático de reposo, que incluye, por ejemplo, asientos en forma de V en tres áreas de soporte, y elementos radiales asociados en el conjunto de brazo móvil. Un dispositivo de detección incluye un transductor piezoeléctrico laminar, hecho de preferencia de fluoruro de polivinilideno, el cual está conectado al marco soporte en el área de apoyo y localización. Elementos electrónicos para acondicionamiento de la señal conectados al marco soporte y conectados eléctricamente al dispositivo de detección, incluyen unos medios de procesado para obtener una señal de fuerza y, después de una comparación con el valor umbral, proporcionar una señal de contacto indicativa del contacto ocurrido entre el palpador y la pieza que hay que verificar. Un sistema de procesado dinámico, varía el valor del umbral en función de la media de los valores más recientes de la señal de fuerza detectada. Los medios de procesado incluyen amplificadores del diferencial de carga conectados al dispositivo de detección, más específicamente a los terminales colocados en ambos lados del transductor piezoeléctrico laminar. De acuerdo con una precedente versión de la invención, el dispositivo de detección incluye tres sectores sensibles, cada uno de los cuales está eléctricamente conectado a un diferente amplificador de la carga.

30 Breve descripción de los dibujos

La invención se describe a continuación con referencia a las hojas anexas de los dibujos dados a título de ejemplo no limitativo, en donde:

- 35 - la figura 1 es una sección longitudinal simplificada de una sonda de contacto de acuerdo con la invención,
- la figura 2A es una vista en perspectiva de un componente de la sonda de contacto de la figura 1, mostrado a escala ampliada con respecto a la figura 1,
- 40 - las figuras 2B y 2C son vistas en perspectiva, con despiece del componente de la figura 2A desde dos ángulos diferentes,
- la figura 3 es un diagrama esquemático de un circuito de los medios de procesado con componentes de la sonda de contacto de la figura 1,
- 45 - la figura 4 es un diagrama esquemático de un circuito de un sistema de procesado de una señal en una sonda,
- la figura 5 es un diagrama esquemático de un circuito de un sistema de procesado diferente en una sonda, de acuerdo con la invención,
- la figura 6 es una representación gráfica de la separación de señales eléctricas relativas al sistema de procesado de la figura 5,
- la figura 7 es una sección longitudinal simplificada de una sonda de contacto con algunas partes mostradas en vista, de acuerdo con una diferente versión de la invención,
- 50 - la figura 8 es una sección longitudinal simplificada de una sonda de contacto con algunas partes mostradas en vista, de acuerdo con una tercera diferente versión de la invención,
- la figura 9 es una sección longitudinal en perspectiva simplificada, de una sonda de contacto de acuerdo con otra versión de la invención,
- 55 - la figura 10 es un diagrama esquemático de un circuito de un aspecto del procesado de la señal de una sonda de acuerdo con la invención, y
- la figura 11 es un diagrama esquemático de un circuito de una solución conocida concerniente al procesado de la señal de un transductor piezoeléctrico.

60 Mejor manera de llevar a cabo la invención

La sección de la figura 1 muestra, de una manera muy simplificada, una sonda de contacto 1 que incluye un marco soporte 2 con una carcasa de protección 3 - de una forma substancialmente cilíndrica, y compuesta por ejemplo, de diferentes partes ensambladas entre sí - la cual define un eje geométrico longitudinal y un conjunto de brazo móvil 5, parcialmente alojado en la carcasa de protección 3 y soportado adecuadamente. El marco soporte 2 incluye un componente 6 interno substancialmente cilíndrico, el cual está fijado a la carcasa de protección 3, mediante unos medios de una placa de cierre 8. Más específicamente, la placa de cierre 8 está roscada a la carcasa de protección

3 y empuja axialmente y mantiene al componente interno, en el lugar 6. El componente interno 6 tiene un área de apoyo y localización 7 para el conjunto de brazo móvil 5, y el último incluye un brazo 9 que lleva el palpador 11 adaptado para contactar con la pieza que ha de ser verificada, la cual se muestra de una manera simplificada en la figura 1 marcada con el número de referencia 13. Un dispositivo de empuje con un muelle de compresión 15 está dispuesto entre el marco soporte 2 y el conjunto de brazo móvil 5 y empuja este último contra el área de apoyo y localización 7. Un sistema de restricción y posicionamiento 17 entre el conjunto de brazo móvil 5 y el marco soporte 2 está colocado en el área de apoyo y localización 7, e incluye un sistema de reposo isostático con tres áreas de soporte, cada una de las cuales tiene un par de bolas - siendo visible justamente una bola en la figura, y marcada con el número de referencia 19 - fijadas al marco soporte 2, más específicamente al componente interno 6, y definiendo un asiento en forma de V - marcado en la figura con el mismo número de referencia 19 - y un elemento radial 21, por ejemplo de forma cilíndrica, definido en el conjunto de brazo móvil 5. En la condición no operativa de la sonda 1 mostrada en la figura 1, que es cuando no existe ningún contacto entre el palpador 11 y la pieza que hay que verificar 13, los tres elementos radiales 21 están dispuestos, gracias a la acción del muelle 15, en los asientos en forma de V definidos por las bolas 19, y así define la posición del conjunto de brazo móvil 5 con respecto al marco soporte 2, de una única manera.

De acuerdo con las soluciones alternativas, los asientos en forma de V y los elementos radiales pueden estar posicionados en el conjunto de brazo móvil 5 y el marco soporte 2, respectivamente, o el sistema de restricción y posicionamiento puede estar hecho de manera diferente, por ejemplo con un sistema diferente de reposo isostático como por ejemplo, el conocido como el acoplamiento Kelvin.

Un dispositivo de detección 23 incluye por lo menos un elemento piezoeléctrico laminar o transductor 25 que está dispuesto substancialmente en un plano perpendicular al eje geométrico longitudinal de la carcasa de protección 3, y conectado al marco soporte 2 en el área de apoyo y localización 7. En particular, de acuerdo con la versión preferida mostrada en las figuras números 2A, 2B y 2C, el dispositivo de detección 23 incluye dos placas de circuitos anulares 24 y 26, hechas de un material eléctricamente aislante, como por ejemplo fibra de vidrio, entre las cuales el transductor piezoeléctrico laminar está herméticamente retenido y posicionado. Un lado de cada una de las placas de circuito 24 y 26, más específicamente, el lado que contacta con el transductor piezoeléctrico laminar 25, tiene una superficie conductora (hecha por ejemplo de cobre u oro, de acuerdo con las técnicas conocidas) dividida en tres sectores angulares substancialmente distintos, 24', 24'', 24''' y 26', 26'', 26''', respectivamente. De esta manera existen tres sectores sensibles 23', 23'', 23''' del dispositivo de detección 23 que está fijado a un área del marco soporte 2 de tal manera que cada uno de los sectores sensibles 23', 23'', 23''' está substancialmente centrado con respecto a una de las tres áreas de soporte, es decir con respecto a uno de los pares de bolas 19 en el ejemplo de la figura 1.

La presente invención puede incluir los sectores sensibles 23', 23'', 23''' que son diferentes en número y/o tienen una diferente construcción de las placas de circuito 24, 26 y/o del transductor piezoeléctrico laminar 25. Por ejemplo, este último puede tener una forma diferente o puede obtenerse mediante procesos particulares de mecanizado, ya conocidos por sí mismos.

El dispositivo de detección 23 está bloqueado a presión entre el componente interno 6 y otra área del marco soporte 2, y por lo menos un elemento 28 hecho de material aislante térmico está colocado entre los mismos. En particular, el componente interno 6, empujado por la placa de cierre de 8, empuja a su vez el dispositivo de detección 23 sobre el lado de la placa de circuito 24 contra el elemento 28 hecho de un material de aislamiento térmico, y así bloquea el dispositivo de detección 23 al marco de soporte 2. El elemento 28, hecho por ejemplo de fibra de vidrio, implementa un sistema de aislamiento térmico entre la carcasa de protección 3 y el transductor piezoeléctrico laminar 25 al área de apoyo y localización 7. El elemento 28 puede tener forma anular o estar dividida en partes diferentes que están dispuestas en diferentes áreas de la placa de circuito 26.

De acuerdo con métodos alternativos para la conexión del dispositivo de detección 23 al marco soporte, la placa de circuito 24 está pegada con cola al componente interno 6 en el área de soporte y localización 7, y/o la placa de circuito 26 está pegada con cola al elemento 28 hecho de un material de aislamiento térmico. Los medios de procesado en los elementos electrónicos de condicionamiento de la señal 30 incluyen un microprocesador 37 (figura 3) y están dispuestos en la carcasa protectora 3 y conectados a las placas de circuito 24 y 26 del dispositivo de detección 23 mediante unos medios de conducción eléctrica que están esquemáticamente mostrados en la figura 3 con pares de cables 32 cada uno conectado a un terminal en la placa de circuito 24 y a un terminal en la placa de circuito 26, estando dispuestos ambos terminales en uno de los tres sectores sensibles 23', 23'', 23''' .

El transductor piezoeléctrico laminar 25 se obtiene mediante una hoja hecha de un material plástico piezoeléctrico, de preferencia hecha de un material polimérico como por ejemplo el fluoruro de polivinilideno ó PVDF. Las características de este material son tales que posee una muy alta sensibilidad para la generación de cargas eléctricas como consecuencia de los fenómenos de compresión o descompresión a los cuales el propio material está sujeto. Además, el PVDF es un material que cuenta con una compresibilidad substancialmente ilimitada, por lo cual no es necesaria ninguna restricción mecánica. Las placas de circuito 24 y 26 detectan y transmiten dichas cargas eléctricas a los elementos electrónicos de condicionamiento de la señal 30, en donde como muestra esquemáticamente la figura 3, las señales en la salida de los respectivos amplificadores de un diferencial de las

cargas 33, son convertidas en un número digital (como se muestra esquemáticamente en la figura 3 por medio de los bloques funcionales 31) y el valor relativamente absolutos se añaden en un sumador implementado por un módulo de software 35 para la obtención de una señal de fuerza simple M cuyo valor es indicativo de la variación total de fuerza aplicada al transductor piezoeléctrico laminar 25. El microprocesador 37 recibe como entrada la señal de fuerza M y, en función de la misma, emite una señal de contacto T indicativa del contacto que ha tenido lugar, la cual es transmitida de forma ya conocida, mediante cables eléctricos o sistemas sin contactos, a una unidad de interfaz externa, no mostrada en las figuras.

En la versión de acuerdo con la figura 1, el material empleado para la carcasa de protección 3 es una aleación de hierro-níquel que posee un coeficiente extremadamente bajo de expansión térmica, típicamente alrededor de 1 ppm/°C, como por ejemplo, el Invar® (marca comercial registrada en USA y otros países).

La sonda 1 opera como sigue.

Además de los movimientos mutuos entre la sonda 1 y la pieza que hay que verificar 13, por ejemplo, a lo largo de la dirección transversal marcada con la doble flecha X en la figura 1, el palpador 11 contacta con la pieza 13 con lo que se aplica una fuerza sobre el conjunto del brazo móvil 5, la cual se transmite al sistema de restricción y posicionamiento 17. En una o dos áreas fuera de las tres áreas de soporte, el elemento radial 21 aplica un empuje a la respectiva pareja de bolas 19 y, al mismo tiempo el empuje aplicado mediante el muelle 15 se libera en la(-s) otra(-s) área(-s) de soporte. La acción de empujar y la acción de liberar se transmiten al dispositivo de detección 23, más específicamente al transductor piezoeléctrico laminar 25, que genera una compresión o una descompresión en los sectores sensibles 23', 23'', 23''', y genera así unas cargas eléctricas que son detectadas por medio de los terminales colocados en las placas de circuito 24 y 26, como ya se ha descrito antes brevemente. La consiguiente señal de fuerza M, indicativa de la variación de fuerza aplicada al transductor piezoeléctrico laminar 25, se procesa en el microprocesador 37, y en particular se detecta cuando se sobrepasa un determinado valor umbral, e inmediatamente, o después de un cierto retraso, se emite la señal de contacto T. Efectos similares se ocasionan sobre el transductor piezoeléctrico laminar 25 por los mutuos contactos entre el palpador 11 y la pieza que hay que verificar 13 a lo largo de direcciones que difieren de X, por ejemplo un contacto que tiene lugar a lo largo de la dirección Z, a consecuencia de lo cual, por lo menos en teoría, el empuje se libera en las tres áreas de soporte, y el transductor piezoeléctrico laminar 25 genera de esta forma una descompresión en los sectores sensibles 23', 23'', 23'''.

La figura 4 muestra esquemáticamente, con fines comparativos, un posible esquema con los elementos electrónicos que condiciona la señal 30, para prevenir variaciones térmicas generadas por la sonda 1 afectando negativamente al rendimiento de la sonda 1, proporcionando de esta forma una señalización falsa. Ciertamente, el material del cual está hecho el transductor piezoeléctrico laminar 25 puede sufrir dichas variaciones térmicas y ocasionar la generación de unas consecuentes cargas eléctricas no deseadas. En la solución con un sistema de procesado 40 de acuerdo con el diagrama simple de la figura 4, se envía la señal St proporcionada por el transductor piezoeléctrico laminar, más específicamente generada en cada uno de los sectores sensibles 23', 23'', 23''', y digitalizada, a la entrada de un componente de filtrado, más específicamente un filtro de paso bajo

34, implementado en este caso como un módulo de software, ocasionando por ejemplo una frecuencia de corte de aproximadamente 1 Hz, y también a una unidad numérica de substracción 36, implementada también como un módulo de software. La unidad 36 produce una señal de salida Sd la cual representa la diferencia, en valor absoluto, entre dicha señal St y una señal filtrada Sf en la salida desde el filtro de paso bajo 34. De esta manera, cuando la señal St sufre graduales variaciones, como las causadas típicamente por cambios en la temperatura, la señal Sf sufre las mismas variaciones y no hay ninguna señalización debido a que la señal Sd en la salida desde la unidad 36 es substancialmente igual a cero. En cambio, cuando la variación de la señal St es súbita, como sucede a consecuencia del contacto entre el palpador 11 y la pieza que hay que verificar 13, una correspondiente variación no ocurre inmediatamente en la señal Sf que permanece inalterada y, como consecuencia, la señal Sd en la salida desde la unidad 36 sufre una súbita variación. Por lo tanto solamente en este caso una señal de fuerza M diferente de cero alcanzará el microprocesador 37, permitiendo una correcta señalización y la consiguiente generación de la señal de contacto T.

Debe hacerse notar que el sistema de aislamiento térmico con el elemento 28 hecho de un material aislante térmico, por ejemplo la fibra de vidrio, evita repentinas variaciones de temperatura del medio ambiente, como por ejemplo las causadas por chorros de refrigerante que afectan a la carcasa de protección 3, evitando ser transmitidas al transductor piezoeléctrico laminar 25 de una manera súbita. Esto asegura que la acción protectora del esquema de la figura 4 es exacta y de confianza.

Sin embargo, el empleo de un material caracterizado por un coeficiente de baja expansión térmica, como por ejemplo el Invar®, para la carcasa de protección 3, previene que las variaciones térmicas del medio ambiente causen cambios en las dimensiones de la carcasa protectora 3. Efectivamente, dichos cambios de las dimensiones podrían aplicar un voltaje al transductor piezoeléctrico laminar 25 y causar otra falsa señalización.

Como alternativa a la propuesta de la figura 4 (en la cual el diagrama de circuito muestra elementos funcionales que se implementan de preferencia vía software) existen otras posibles sistemas de protección contra los ruidos del medio ambiente, más específicamente, ruidos causados por variaciones térmicas.

5 Uno de dichos sistemas que puede ser incluido en los elementos electrónicos de condicionamiento de la señal 30 se muestra esquemáticamente en las figuras 5 y 6. Un sistema de procesado 55 para el procesado de la señal proporcionada por el transductor piezoeléctrico laminar 25 incluye dispositivos, de preferencia implementados vía software, que permiten cambiar gradualmente en el tiempo un valor umbral S, con el cual el valor de la señal de fuerza M es comparado en el microprocesador 37, cuando tienen lugar variaciones térmicas que dan un aumento innecesario de las cargas eléctricas en el transductor piezoeléctrico laminar 25. En el diagrama de la figura 5 un sumador de incrementos representado por los bloques 50 y 51 proporciona la suma de una pluralidad de valores detectados por la señal de fuerza M, en particular de los valores n más recientemente detectados, de acuerdo con una secuencia "FIFO" (First-IN First-OUT) (primero-dentro primero-fuera). Las unidades de procesado 52 y 54 proporcionan la media de estos valores n detectados, y el valor umbral S que es procesado y modificado, respectivamente en función de la media calculada. Un comparador 56 compara la señal de fuerza actual M con dicho valor umbral S. De acuerdo con el sistema de procesado 55, se lleva a cabo un promedio de los valores de la señal de fuerza M a medida que estos valores se van recogiendo, por ejemplo, se calcula la media de los últimos 8192 valores (es decir, $n=8192$, considerando una frecuencia de muestreo típica de 100 khz), y el valor del umbral S se varía dinámicamente en función de este promedio. Como consecuencia unas variaciones lentas, graduales de la señal de fuerza M, de manera similar a las causadas por los fenómenos de deriva térmica o efectos capacitativos no deseados, corresponden también a variaciones del valor del umbral S, los cuales evitan que las primeras (M) excedan a las segundas (S). Como ya se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 4 y a la señal St, a consecuencia del contacto entre el palpador 11 y la pieza que debe verificarse 13, hay una súbita variación de las señales a la salida a partir del transductor piezoeléctrico laminar 25, y de esta forma se produce una variación de la señal de fuerza M que es tan súbita como la de las señales de salida. En este caso, el valor del umbral S experimenta pequeñas y suaves variaciones en el tiempo y de esta forma es sobrepasado por la señal de fuerza M. Como consecuencia, el microprocesador 37 genera la señal de contacto T. Los diagramas de la figura 6 muestran esquemáticamente como el valor del umbral S varía dinámicamente en el tiempo debido a suaves y graduales variaciones de la señal de fuerza M causadas por un aumento de la temperatura. En el instante t_0 , además del contacto entre el palpador 11 y la pieza que hay que verificar 13, hay una súbita variación de la señal de fuerza M que sobrepasa el valor del umbral S y ocasiona la generación de la señal de contacto T.

Incluso la solución a la cual se refieren las figuras 5 y 6 funciona correctamente en caso de variaciones térmicas graduales y la substancial inmunidad a cambios súbitos de la temperatura está asegurada mediante el sistema de aislamiento térmico, incluyendo el elemento 28 (íntegramente o dividido en diferentes partes) hecho de un material de aislamiento térmico que está dispuesto en el área de apoyo y localización.

Una solución alternativa de una sonda 1' de acuerdo con la invención está mostrada en la figura 7. La sonda 1' de la figura 7 es substancialmente idéntica a la sonda 1 de la figura 1, de manera que la descripción de partes similares, marcadas con los mismos números de referencia, no se repite. La sola diferencia es de que allí existe un segundo dispositivo de detección el cual es ya conocido por sí mismo y similar al que ha sido descrito en la primera parte de la descripción con referencia a la patente nº US-A-4972594. En particular, un circuito eléctrico está posicionado en el sistema de restricción y posicionamiento 17, estando dicha circuito eléctrico cerrado cuando los tres elementos radiales 21 están alojados en los asientos en forma de V y contactan con los respectivos pares de bolas 19. El circuito eléctrico del segundo dispositivo de detección incluye conductores eléctricos que conectan el circuito eléctrico a los elementos electrónicos que condicionan la señal 30, estando dichos conductores mostrados de una manera simplificada en la figura 7 con un par de cables 60. La señal del segundo dispositivo de detección es manejada en el microprocesador 37 con el fin de confirmar, después de un intervalo de tiempo preestablecido (por ejemplo, una décima de milisegundo), de manera que la señal de fuerza M generada por el transductor piezoeléctrico laminar 25 corresponde en realidad al contacto que ha tenido lugar entre el palpador 11 y la pieza que debe verificarse 13. Además, como después de emitir una señal de impulso, ya no es posible recibir del transductor piezoeléctrico laminar 25 información acerca del estatus del sistema (en particular para conocer si el conjunto del brazo móvil 5 está desviado con respecto al marco soporte 2 ó no), dicha información puede obtenerse del segundo dispositivo de detección.

Por lo tanto, mientras en la sonda 1 de la figura 1 el sistema de restricción y posicionamiento 17 sirve solamente como el llamado "overstroke" ("sobreimpulso"), es decir, la posibilidad para el conjunto de brazo móvil 5, integrado con el palpador 11, de desplazarse con respecto al marco soporte para evitar situaciones de estrés y roturas excesivas como consecuencia del contacto entre la sonda 1 y la pieza que debe verificarse 13, en la sonda 1' de la figura 7 los desplazamientos del conjunto de brazo móvil 5 con respecto al marco soporte 2 están conectados también a la operación del segundo dispositivo de detección cuya señalización es empleada por el microprocesador 37 para la correcta emisión de la señal de contacto T.

La figura 8 muestra una sonda 1" de acuerdo con una versión diferente de la invención. La sonda 1" incluye muchos de los componentes de las sondas 1 y 1', de manera que la descripción de los componentes similares, marcados con los mismos números de referencia, no se repite. La figura 8 muestra también una tapa de protección 4, sin

seccionar, la cual está conectada con el marco soporte 2 e incluye, entre otras cosas, juntas de estanqueidad, estando dicha tapa omitida en las secciones simplificadas de las figuras 1 y 7. La principal diferencia de la sonda 1" con las sondas 1 y 1' es la presencia de otro componente del sistema de aislamiento térmico, es decir, un cuerpo hueco de aislamiento 64 que tiene un extremo 65 conectado con la carcasa de protección 3. El cuerpo hueco de aislamiento 64 incluye una cavidad substancialmente cilíndrica que aloja la carcasa de protección 3 de manera que define por lo menos en una longitud longitudinal, incluyendo la sección en la cual está el transductor piezoeléctrico laminar 25, un espacio hueco de aislamiento térmico 66 entre la carcasa de protección 3 y el cuerpo hueco de aislamiento 64. En el ejemplo de la figura 8, el espacio hueco de aislamiento térmico 66 se extiende incluso transversalmente hacia el extremo opuesto al extremo de bloqueo 65. Un colchón de aire que se forma en el espacio hueco de aislamiento térmico 66 (por ejemplo, con un grueso de unas pocas décimas de milímetro) permite el aislamiento térmico de la sonda en donde se coloca el dispositivo de detección 23 y evita repentinas variaciones térmicas del medio ambiente, como por ejemplo las causadas mediante chorros de refrigerante, de ser repentinamente transmitidas al transductor piezoeléctrico laminar 25. De esta manera, posibles variaciones térmicas alcanzan el transductor piezoeléctrico laminar 25 de una manera gradual, y los efectos negativos pueden ser fácilmente evitados gracias a los sistemas como, por ejemplo, los que se ilustran con referencia a la figura 4 y a las figuras 5 y 6.

El sistema de aislamiento térmico que incluye el cuerpo hueco de aislamiento 64 podría sustituir el elemento 28 hecho de fibra de vidrio, incluido en las versiones previamente descritas, pero generalmente, en la versión de la presente invención como se muestra en la figura 8, se incluyen ambos sistemas de aislamiento térmico.

El cuerpo hueco de aislamiento 64 puede estar hecho de varios materiales por ejemplo, de acero o una aleación de hierro-níquel caracterizada por un bajo coeficiente de expansión térmica como por ejemplo el Invar®.

Otra versión entre las posibles diferentes implementaciones de una sonda de contacto de acuerdo con la invención, se muestra en la figura 9. La sonda 1" tiene características que son muy similares a las de las sondas 1, 1' y 1" de las figuras 1, 7 y 8 y no se describen aquí en detalle. La sonda 1" incluye como la sonda 1' de la figura 7, un segundo dispositivo de detección implementado, en este caso, con un micro interruptor 74 que se muestra sin seleccionar en la figura 9, y está conectado a los elementos electrónicos de acondicionamiento de la señal 30, por medio de conductores dibujados y marcados con el número de referencia 75. El microinterruptor 74, de por sí ya conocido, incluye un eje de transmisión 76, axialmente movable, el cual está acoplado al conjunto de brazo móvil 5 para la transmisión de desplazamientos de este último y ocasionando que el microinterruptor 74 emita una consiguiente señal. Esta señal del segundo dispositivo de detección, consistente en este caso en el microinterruptor 74 es empleada por el microprocesador 37 como se ha descrito ya previamente con referencia a la sonda 1' de la figura 7, para emitir correctamente la señal de contacto T.

El microinterruptor 74 puede estar dispuesto en una sonda de contacto con características que difieren de las sondas mostradas en la figura 9. La sonda puede incluir, por ejemplo, un sistema de aislamiento térmico solamente con el elemento 28 hecho de un material de aislamiento térmico (como las sondas 1 y 1' de las figuras 1 y 7. La figura 10 se refiere a la particular y ventajosa implementación mostrada en la figura 3 en donde ambas placas de circuito 24, 26 están eléctricamente conectadas cada una de ellas a diferentes amplificadores diferenciales de carga 33. Más específicamente, cada uno de los terminales de las placas de circuito 24 y 26, marcados aquí con los números de referencia 24^N y 26^N, colocados en los extremos del elemento piezoeléctrico 25 en uno de los sectores sensibles de 23', 23" y 23"', se conecta a una unidad de amplificación de carga 84 y 86 la cual genera una señal de respuesta a la carga eléctrica Q (del orden de unos pocos picoculombios) proporcionada en los respectivos terminales 24^N y 26^N. El valor absoluto de la diferencia de las señales a la salida de las unidades de amplificación de carga 84 y 86, proporcionado por ejemplo por un amplificador diferencial 88, representa la señal generada por el elemento piezoeléctrico 25 en uno de los sectores sensibles 23', 23" y 23"', y está dirigido para ser digitalizado y añadido a las otras señales, de acuerdo con el diagrama de la figura 3, después de cualquier procesado más, como por ejemplo, el de la figura 4, el cual puede ser efectuado.

Con respecto a una versión conocida, como por ejemplo la esbozada en la figura 11, en donde uno de los terminales en los extremos del elemento piezoeléctrico está conectado a un tierra, la implementación del diferencial de la figura 10, de acuerdo con la invención es particularmente ventajosa puesto que permite espectacularmente reducir posibles ruidos eléctricos.

Efectivamente, en aplicaciones de la sonda de acuerdo con la invención - en una de las versiones 1, 1', 1", 1" aquí mostradas y en otras posibles versiones - sobre máquinas herramientas, la conexión a tierra es típicamente la propia carcasa de la máquina herramienta que habitualmente se caracteriza por mucho ruido eléctrico. Cuando se emplea una implementación ya conocida como por ejemplo la de la figura 11, los ruidos eléctricos generados a consecuencia de conectar a tierra pueden dar aumento a una aplicación crítica. Una implementación diferencial de acuerdo con la invención, como por ejemplo la mostrada esquemáticamente por la figura 10, es substancialmente inmune a este tipo de ruidos, puesto que la señal obtenida no depende de las características de la conexión a tierra empleada.

Otras versiones de una sonda de contacto de acuerdo con la presente invención pueden proporcionarse, con implementaciones alternativas de las partes conocidas que conciernen a la estructura mecánica y/o el procesado de las señales implicadas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Sonda de contacto (1; 1'; 1"; 1''') para verificar la posición o dimensiones de una pieza (13) en máquinas herramientas o máquinas de medición, incluyendo
- un marco soporte (2) con
 - una carcasa de protección (3) y
 - un área de apoyo y localización (7),
 - un conjunto de brazo móvil (5) que se aloja parcialmente en la carcasa de protección (3) e incluye un brazo (9) que
 - 10 lleva un palpador (11) adaptado para contactar la pieza (13) que hay que verificar,
 - un dispositivo de empuje (15) dispuesto entre el marco soporte (2) y el conjunto de brazo móvil (5) para empujar el conjunto de brazo móvil (5) contra el área de apoyo y localización (7),
 - un sistema de restricción y posicionamiento (17) entre el conjunto de brazo móvil (5) y el marco soporte (2) en el
 - 15 área de apoyo y localización (7),
 - un dispositivo de detección (23) con un transductor piezoeléctrico laminar (25) conectado al marco soporte (2) y adaptado para proporcionar una señal de fuerza (M) a consecuencia de una fuerza aplicada al palpador (11), y
 - unos medios de procesado (30) conectados al dispositivo de detección (23) y adaptados para procesar dicha señal de fuerza (M), para comparar esta última con un valor umbral (S), y para proporcionar una señal de contacto (T) indicativa del contacto que ha tenido lugar entre el palpador (11) y la pieza (13) que debe verificarse, caracterizados
 - 20 porque
- los medios de procesado (30) incluyen un sistema de procesado (55) adaptado para proporcionar un valor medio de una pluralidad de valores detectados de dicha señal de fuerza (M), estando dicho valor medio dinámicamente calculado a medida que los valores detectados se van recogiendo, y como consecuencia varía dinámicamente dicho
- 25 valor umbral (S).
2. Sonda de contacto (1; 1'; 1"; 1''') de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho sistema de procesado (55) incluye unas unidades de procesado (50, 51, 52) adaptadas para proporcionar dicho valor medio de una pluralidad de valores detectados de dicha señal de fuerza (M) como un valor promedio de los valores más recientes de dicha señal de fuerza (M) detectados, de acuerdo con una secuencia del tipo FIFO.
- 30
3. Sonda de contacto (1; 1'; 1"; 1''') de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, con unos elementos electrónicos de condicionamiento de la señal (30) conectados al marco soporte (2) e incluyendo dicho medio de procesado.
- 35
4. Método para verificar la posición o dimensiones de una pieza (13) en máquinas herramientas o máquinas de medición con una sonda de contacto (1; 1'; 1"; 1''') que incluye un marco soporte (2) con una carcasa de protección (3), un conjunto de brazo móvil (5) que está parcialmente alojado en la carcasa de protección (3) e incluye un brazo (9) que lleva un palpador (11) adaptado para conectar la pieza (13) que hay que verificar, un dispositivo de empuje (15) dispuesto entre el marco soporte (2) y el conjunto de brazo móvil (5) y un dispositivo de detección (23) con un transductor piezoeléctrico laminar (25) que está conectado al marco soporte (2) y adaptado para proporcionar una
- 40 señal de fuerza (M) a consecuencia de una fuerza aplicada al palpador (11), incluyendo dicho método el paso de efectuar una comparación entre la señal de fuerza (M) y un valor umbral (S) y proporcionar una señal de contacto (T) indicativa del contacto que ha tenido lugar entre el palpador (11) y la pieza (13) que debe verificarse, estando dicho
- 45 método caracterizado porque dicho valor umbral varía dinámicamente en función del valor medio de una pluralidad de valores detectados de dicha señal de fuerza (M), estando dicho valor medio dinámicamente calculado a medida que dichos valores detectados son recogidos.
5. Métodos de acuerdo con la reivindicación 4, en donde dicha pluralidad de valores detectados de dicha señal de fuerza (M) incluye una secuencia tipo FIFO de los valores más recientes de dicha señal de fuerza (M) detectados.
- 50

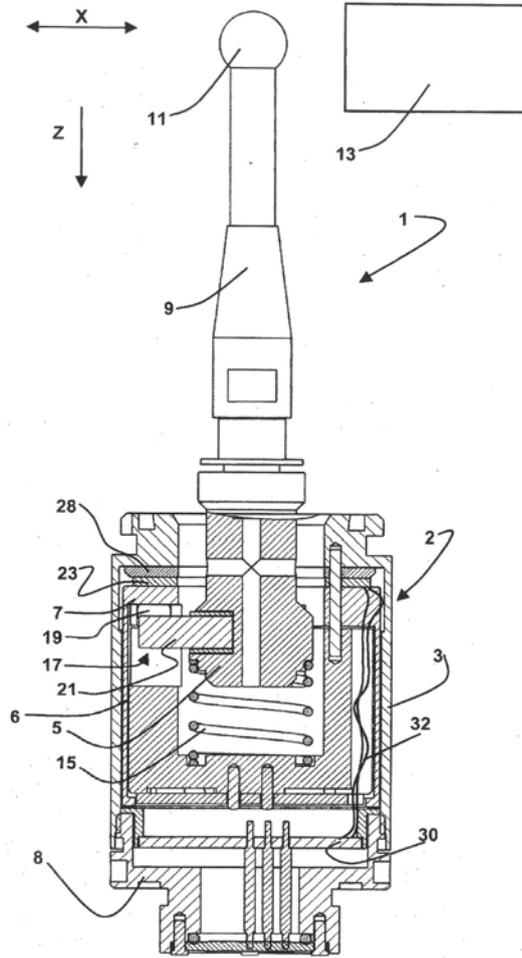


FIG. 1

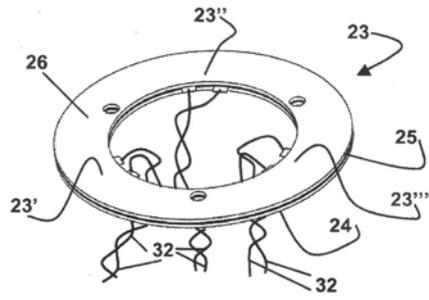


FIG. 2A

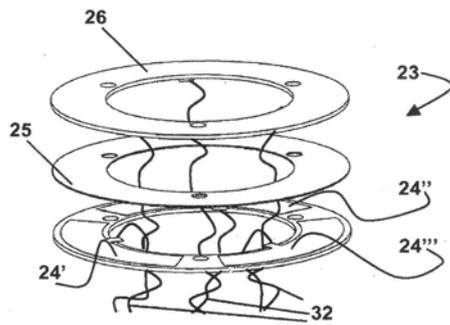


FIG. 2B

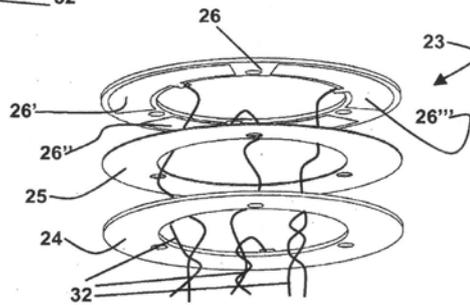


FIG. 2C

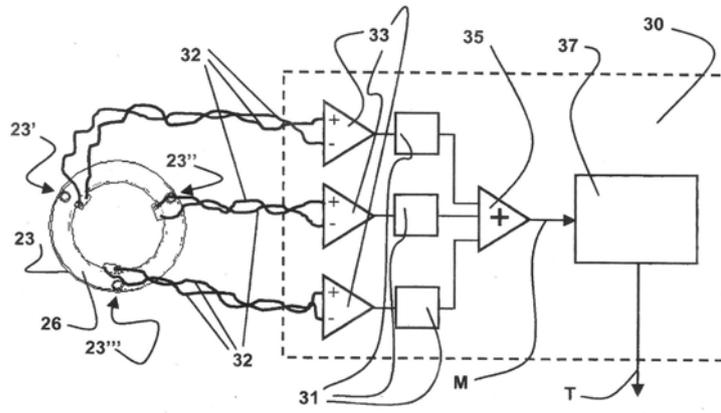


FIG. 3

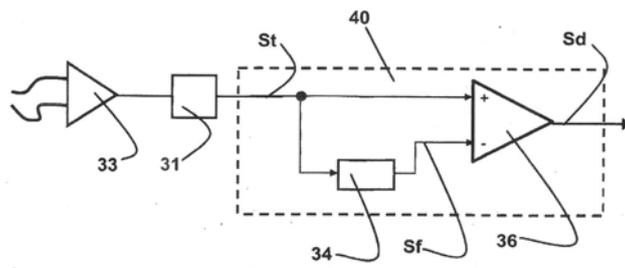


FIG. 4

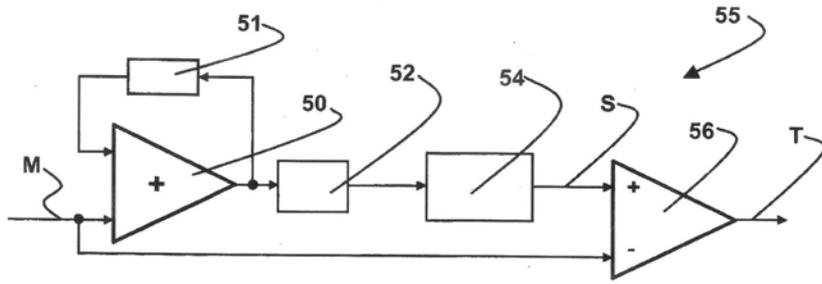


FIG. 5

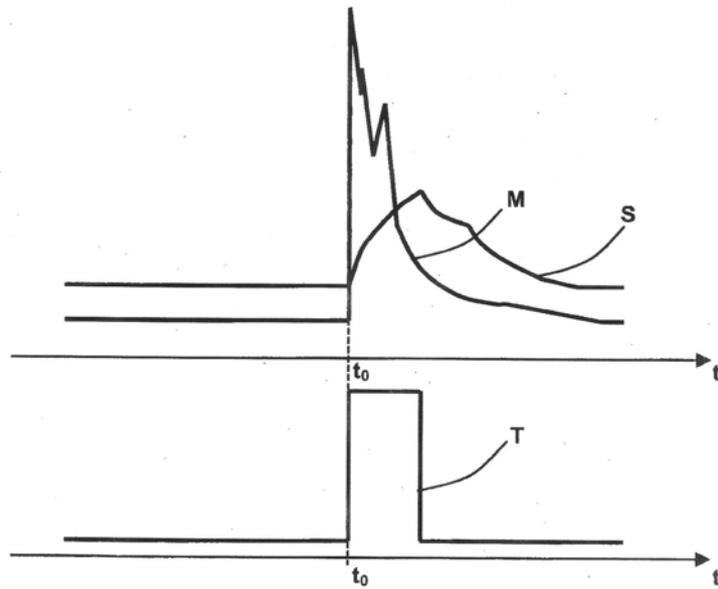


FIG. 6

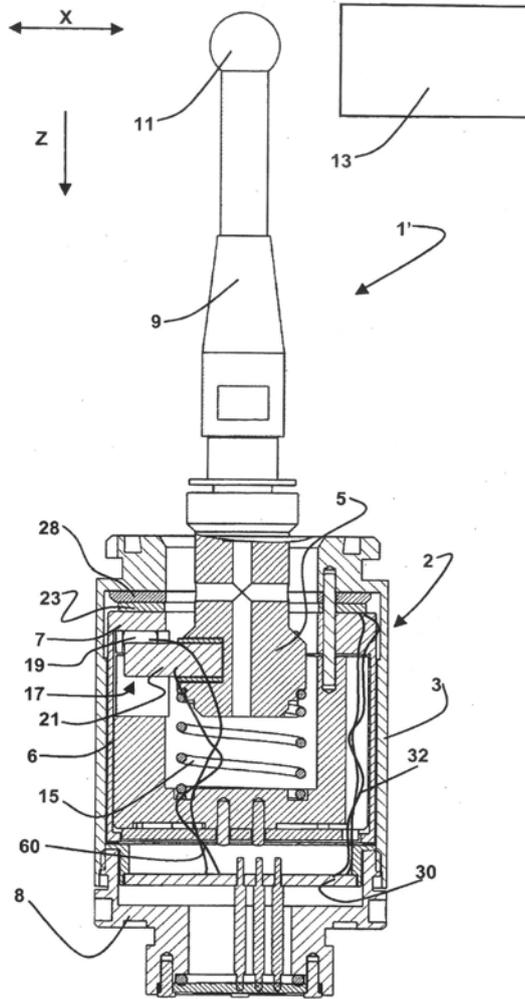


FIG. 7

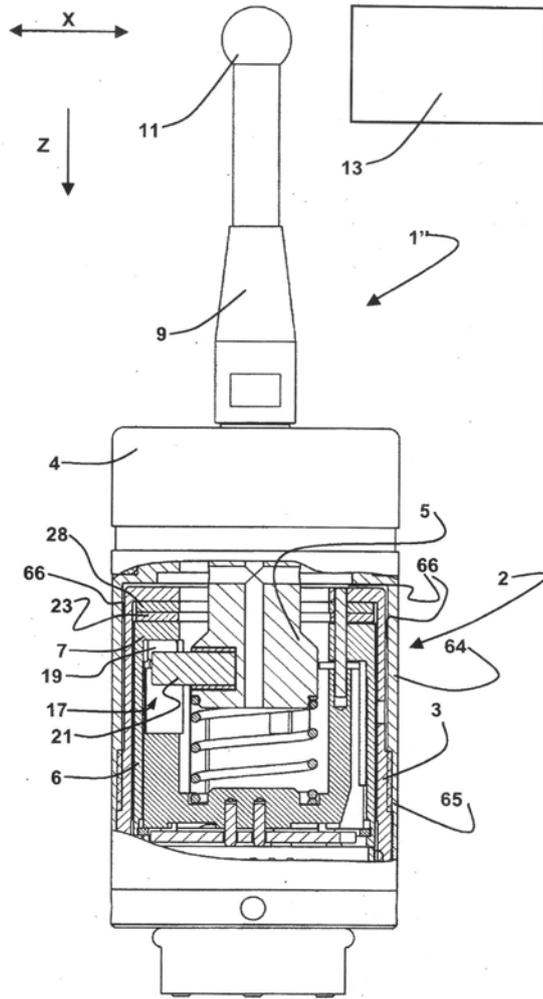


FIG. 8

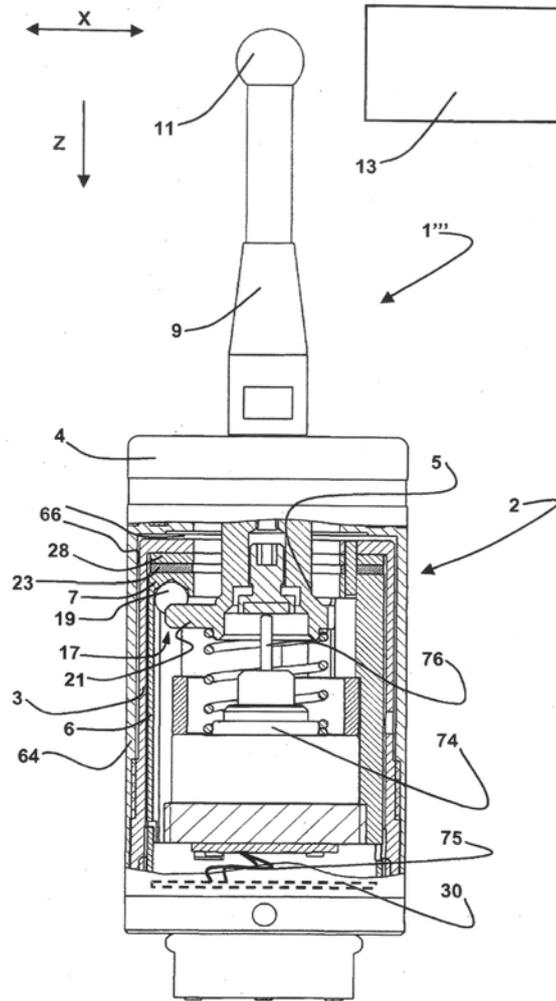


FIG. 9

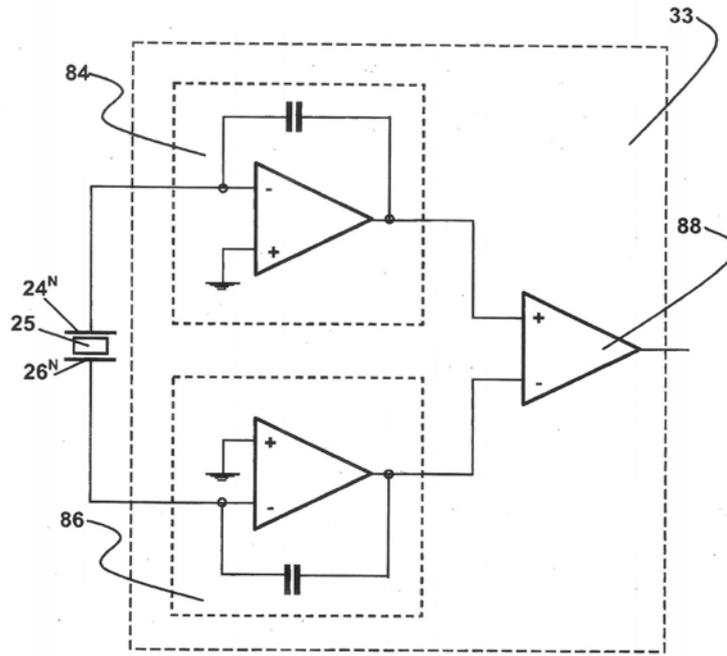


FIG. 10

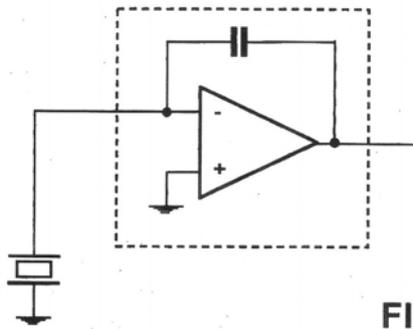


FIG. 11