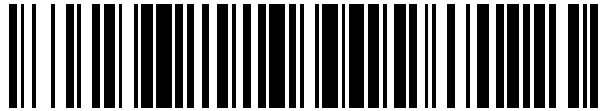


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 490 940**

21 Número de solicitud: 201300241

51 Int. Cl.:

**G01B 5/008** (2006.01)

**G01B 21/04** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**04.03.2013**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**04.09.2014**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE OVIEDO (90.0%)  
C/ San Francisco, 3  
33003 OVIEDO (Asturias) ES y  
UNIVERSIDAD DE LEÓN (10.0%)**

72 Inventor/es:

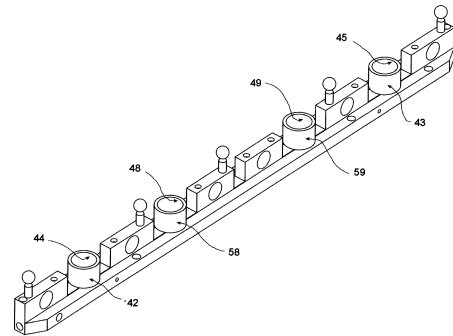
**CUESTA GONZÁLEZ, Eduardo;  
GONZÁLEZ MADRUGA, Daniel;  
SÁNCHEZ ÁLVAREZ, Miguel;  
ÁLVAREZ ÁLVAREZ, Braulio José;  
BARREIRO GARCÍA, Joaquín y  
PEREIRA NETO, Octavio Manuel**

54 Título: **Método y patrón de características geométricas para calibración y verificación de la medición con brazos articulados de medir por coordenadas**

57 Resumen:

Método y patrón de características geométricas para la verificación y calibración de la medición con brazos articulados de medir por coordenadas, que comprende esferas macizas, esferas virtuales, planos, cilindros interiores (44), (45) y exteriores (42), (43), (58), (59) y conos interiores (48), (49) o exteriores. La invención comprende una particular selección y disposición espacial de características geométricas que permite materializar numerosas tolerancias dimensionales y geométricas. La medición de las características geométricas y su comparación con valores de referencia en distintas posiciones del espacio, permite evaluar tanto el equipo como la técnica de medición, entrenando o acreditando a operarios en su utilización. La invención también comprende un método de calibración y verificación utilizando dicho patrón. De aplicación en sectores en los que se diseñen, produzcan y utilicen patrones de calibración, como en metrología dimensional industrial preferentemente con máquinas de medir por coordenadas de estructura portátil o de estructura fija.

FIG. 9



ES 2 490 940 A1

**DESCRIPCIÓN****MÉTODO Y PATRÓN DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS PARA CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDICIÓN CON BRAZOS ARTICULADOS DE MEDIR POR COORDENADAS**

5 La presente invención se refiere a un patrón dotado de características geométricas dirigido a la verificación y calibración de la medición con Brazos Articulados de Medición por Coordenadas (Articulate Arm Coordinate Measuring Machine, AACMM o, simplemente, Coordinate Measuring Arm, CMA). Su uso también puede extenderse a otros aparatos metrológicos de medición cartesiana (Coordinate  
10 Measuring Machines, CMM), así como a otros instrumentos manuales en metrología dimensional. La invención se basa en una particular selección y disposición espacial de características geométricas que se integran en el aparato de tal manera que permite materializar numerosas tolerancias dimensionales y geométricas específicamente orientadas a la verificación y calibración de equipos de medición tridimensional en  
15 todo, o en una parte, de su volumen de trabajo. La presente invención también se refiere a un método para calibrar y/o verificar los AACMM con dicho patrón.

La invención es de aplicación en los sectores en los que se diseñen, produzcan y utilicen patrones de calibración, como el de la metrología dimensional industrial aplicada a la verificación y fabricación de productos, el de metalurgia y fabricación de  
20 productos metálicos, o el de maquinaria y equipo mecánico. Centrando aún más este ámbito, el sector principal de la invención es aquel en el que se utilizan este tipo de máquinas de medir por coordenadas, de estructura fija (CMM) o portátiles (AACMM), usadas en los procesos de inspección y verificación dimensional en industrias metal-mecánicas, fabricantes de piezas y componentes de bienes de equipo.

**25 ESTADO DE LA TÉCNICA**

Los expertos en la materia son conocedores de la existencia de diferentes tipos de patrones dimensionales para comprobar el comportamiento y precisión de los aparatos metrológicos de medición por coordenadas. Dentro de los del tipo tridimensional, las  
máquinas de medir por coordenadas (CMM) son los aparatos de referencia en el  
30 campo de la metrología de inspección tridimensional de piezas. Los AACMM son una

alternativa al uso de las CMM. Estos instrumentos comparten la misma función que las CMM, la medición tridimensional de piezas con alta precisión, pero son de características constructivas y de control totalmente distintas que le otorgan una clasificación propia dentro de los instrumentos de medición por coordenadas. Su estructura está compuesta por segmentos unidos por articulaciones rotativas similares a un brazo, normalmente de 6 ó 7 grados de libertad. Otra característica propia es su control de naturaleza manual, es decir, es el propio operario el encargado de dirigir el movimiento del brazo decidiendo el valor de los parámetros de medición en cada contacto (dirección, presión, velocidad, etc.). Al contrario de lo que ocurre en las CMM donde en cada medición los parámetros son automatizados y controlados por la máquina.

Los AACMM pueden ser utilizados en medición por contacto o sin contacto. En la primera, en el extremo libre del brazo, se sitúa un palpador que permite la obtención de las coordenadas del punto de contacto. En la segunda, el palpador es sustituido por un sensor de triangulación láser (LTS) que recoge los puntos de la superficie gracias a la captura del reflejo de un haz láser sobre ella. Tanto en un caso como en otro, a partir de las coordenadas de los puntos obtenidos se realiza un procesado mediante software, que calcula los valores dimensionales y geométricos de las entidades construidas. En el caso de los sensores láser de triangulación, la densidad de puntos puede ser muy elevada, permitiendo en este caso reconstruir toda la geometría, lo que tiene aplicación en trabajos de ingeniería inversa y/o donde se requiera una comparativa contra un CAD nominal. Los patrones de calibración y verificación utilizados para ambos tipos son diferentes.

La capacidad de los AACMM de medir un punto con precisión, y con ello la aceptación de las medidas realizadas y del proceso de inspección, se consigue por medio de dos procesos: la calibración y la verificación. En el primero se obtiene un valor cuantitativo (incertidumbre y valores de corrección si procede) y en el segundo se obtiene un valor más bien de tipo cualitativo (error máximo aproximado, correcto o no correcto, grado de aproximación a unos límites, etc.). Después de una calibración, habitualmente se lleva a cabo una optimización o corrección de las medidas, de forma que las mismas se aproximen a las de un patrón de referencia. Con el paso del tiempo

y con el uso del equipo, la precisión alcanzada tras esa calibración se pierde progresivamente. La comprobación de la precisión que el brazo puede llegar a alcanzar, en intervalos periódicos, midiendo el alejamiento de los valores medidos con respecto a los de la última calibración es, en realidad, una verificación. Con objeto de abaratar costes sin pérdida de fiabilidad, es habitual realizar verificaciones periódicas entre calibraciones. A menudo el resultado de las verificaciones modifica, y establece, el periodo óptimo de calibración necesario.

Tanto la calibración como la verificación consisten en la comparación de las medidas obtenidas con las que tiene un artefacto patrón, del cual se conocen sus dimensiones con muy alta precisión. Los patrones y métodos utilizados en tareas de verificación suelen ser más simples y específicos que los utilizados en calibración (solo se requiere ver si mide dentro de especificaciones) aunque los de calibración sirven igualmente para verificación. El objetivo último de una calibración es conocer la incertidumbre asociada a las medidas del aparato y las correcciones necesarias para compensar las mediciones si fuese necesario.

En las CMM los errores en la medición vienen inducidos por defectos en los elementos físicos y mecánicos de la estructura cinemática (en las direcciones de los ejes coordinados) de la propia máquina y de sus sensores. Debido a que poseen una gran repetibilidad, y a que las condiciones de medición están automatizadas y son constantes, sus patrones no necesitan elementos complejos. De hecho, el patrón para CMM más utilizado en la industria está compuesto simplemente por varias esferas unidas por una barra. Para facilitar la tarea de calibración y verificación en todo el volumen de trabajo de las MMC, se han desarrollado patrones basados en barras que se acoplan adoptando formas tridimensionales con esferas en puntos singulares, que ahorran tiempo al evitar el multiposicionamiento del patrón lineal. Las formas tridimensionales incluyen tetraedros (Joao Bosco de Aquino Silva, M Burdekin, *A modular space frame for assessing the performance of co-ordinate measuring machines (CMMs)*, Precision Engineering, Volume 26, Issue 1, January 2002, Pages 37-48, ISSN 0141-6359, 10.1016/S0141-6359(01)00096-4), cubos, placas y otras.

Otras invenciones y aparatos incluidos en el estado del arte son variaciones de las barras con esferas, como por ejemplo los incluidos en el documento de patente

US5681981 (A) en la que se revela el uso de una estructura configurable formada por barras y esferas utilizadas para la verificación de las CMM. El documento de patente JP2003302202 (A) menciona el uso de esferas en una estructura en forma de “L” para calibrar las CMM, y en DE102010051921 (A1) también se incluye la utilización de esferas con el mismo objeto. Otros documentos de patente relacionados desarrollan aparatos utilizados para el posicionamiento de barras con esferas dentro del volumen de trabajo de las CMM, como por ejemplo US4763507 (A). Existen patrones en forma de placa (plano) en los que se distribuyen esferas con los que simulan varias posiciones de una barra lineal de esferas. Además, en algunos casos también se construyen patrones de tipo lineal por adición de bloques patrones longitudinales, como se muestra en US6493956 (B1), en US7036236 (B1) o en L, Takatsuji. T. (2001). *Uncertainty analysis of calibration of geometrical gauges. Precision Engineering*. 6, 1. 24-29. Otras invenciones incluyen aparatos adicionales como interferómetros para calcular los errores de los patrones (Osawa. S. (2001). *Development of a ball step-gauge and an interferometric stepper used for ball plate calibration. Precision Engineering*. 26, 2. 214-221).

La estructura cinemática de los AACMM aporta gran flexibilidad en la medición pero a su vez añade redundancia, ya que un punto puede ser leído de casi infinitas configuraciones posicionales (poses) del AACMM. Unido a esta característica, el control manual causa una gran falta de repetibilidad y reproducibilidad, pues el operario no medirá nunca el mismo punto con la misma pose del AACMM y por lo tanto, debido al modelo matemático, existirá un error diferente en ese mismo punto cada vez. Estos hechos provocan que los valores obtenidos en la calibración y verificación varíen de acuerdo al propio AACMM, al criterio del operario y a la estrategia o técnica de medición. Además, la falta de automatización en el control genera una distribución de puntos desigual en la medición de un mismo elemento entre sucesivas repeticiones, mientras que los puntos de contacto en las CMM son prácticamente siempre los mismos (precisiones por debajo del micrómetro), lo que acentúa la influencia del binomio “técnica de medición - operario” en la precisión de los AACMM. Por último, al no existir en su estructura ningún elemento físico que se ajuste a los ejes coordenados del sistema de medición, los errores del AACMM no pueden ser atribuidos a ningún elemento físico único (como en el caso de las CMM

donde se calcula el error del eje X al posicionar y medir el patrón en esta dirección). A pesar de su especificidad, los AACMM han heredado mayoritariamente los patrones y metodologías de calibración y verificación de las CMM. Esto es debido a que poseen el mismo objetivo funcional (medición por coordenadas), a la celeridad de su implantación y a la escasa normativa asociada. No obstante, son muy pocos los patrones específicamente diseñados para AACMM, y los que hay siguen estando basados en los de las CMM.

Del estado del arte se deduce que los patrones utilizados para verificar los AACMM son básicamente patrones con esferas montadas sobre pequeños vástagos metálicos y repartidas espacialmente sobre barras lineales (perfiles de sección cuadrada, redonda, en H, etc.), o sobre placas similares a las empleadas en las CMM. En todo caso, se utilizan patrones con un número variante de esferas (Hamana. H. (2010) *Calibration of articulated arm coordinate Measuring machine considering Measuring posture*. International journal of automation technology. 5, 2. 109-114; Santolaria, J (2007). *Kinematic parameter estimation technique for calibration and repeatability improvement of articulated arm coordinate measuring machines*. Precision Engineering. 32, 4. 251-268) o incluso esferas virtuales formadas por puntos definidos por asientos cinemáticos cónicos (Piratelli-Filho, A. (2009). *Virtual spheres gauge for coordinate Measuring arms performance test*. Measurement. 43, 2. 236-244). Además, también se utilizan estructuras tridimensionales formadas por la unión de barras y esferas (Han, J. (2010). *Quick verification technology of coordinate Measuring arm*. Advanced Materials Research. 156, 157. 56-59). Como en las CMM, también algunos autores utilizan placas bidimensionales con esferas distribuidas por su superficie (Shimajima, K. (2002). *The estimation method of uncertainty of articulated coordinate measuring machine*. International conference on industrial technology, 2002. IEEE ICIT) y/o esferas virtuales definidas también por 4 puntos en el espacio (Piratelli-Filho, A. (2011). *Application of virtual spheres plate for AACMMs evaluation*. Precision Engineering. 36, 2. 349-355). Debido a la facilidad de los AACMM de adaptarse a los asientos cinemáticos cónicos, también han sido incluidos en algunos trabajos como en Gatti, G. (2006). *Validation of a calibration technique for 6-DOF instrumented spatial linkages*. Journal of biomechanics. 40, 7. 1455-1466.; Gao, G. (2009). *Structural Parameter Identification for articulated arm coordinate measuring*

*machines*. International conference on measuring technology and mechatronics automation, o Gao, G. (2009) *Kinematic calibration for articulated arm coordinate measuring machines base on particle swarm optimization*. Second international conference on intelligent computation technology and automation. 1. 189-192.

- 5 Por otra parte, las dos normas existentes actualmente más importantes y aceptadas internacionalmente (ASME B89.4.22-2004.(2004): *Methods for performance evaluation of Articulated Arm Coordinate Measuring Machines* y VDI/VDE 2617 Part 9.(2009): *Acceptance and reverification test for Articulated Arm Coordinate Measuring Machines*) también utilizan el concepto de barras o perfiles lineales  
10 dotados únicamente de esferas y asientos cinemáticos cónicos. Sus procedimientos se basan en la medición reiterativa de varias distancias entre centros de esferas y la distancia entre ellos.

Por lo mencionado anteriormente puede decirse que el estado de la técnica actual no presenta patrones de calibración y/o verificación adaptados a las características  
15 únicas de los AACMM: estructura cinemática no cartesiana, control y técnica de medición manual, y que además se adapten a las piezas reales de medición en lugar de elementos escasamente medidos en la industria (como ocurre con las esferas), siendo los patrones de CMM claramente insuficientes para la calibración y verificación de los brazos articulados de medición por coordenadas y para la evaluación de la forma de  
20 medir del operario. Tampoco se conocen en el estado de la técnica patrones de AACMM que verifiquen conjuntamente los factores que influyen en la fiabilidad y precisión de sus medidas utilizando a la vez tolerancias dimensionales y, sobretodo, tolerancias geométricas.

## 25 **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a un patrón dimensional dotado de características geométricas concebido para la calibración y verificación de la medición con AACMM. Otro aspecto de la presente invención es un método para utilizar el patrón en tareas de calibración y/o verificación de los AACMM. La invención se refiere  
30 preferiblemente a AACMM, aunque podría también aplicarse de forma más genérica a

otro tipo de instrumentos de metrología dimensional por coordenadas (como las CMM) y/o instrumentos convencionales.

A los efectos de esta invención y su descripción, los términos patrón dimensional, patrón, patrón de características, calibrador o verificador, se refieren al dispositivo de la invención destinado a la verificación y calibración de aparatos metrológicos de medición tridimensional por coordenadas.

Un objeto de esta invención es un patrón para la calibración y verificación de la medición con máquinas de medir por coordenadas, especialmente para brazos articulados de medir por coordenadas, que comprende las siguientes características geométricas:

- Al menos dos esferas de calibración macizas.
- Al menos dos esferas virtuales.
- Al menos ocho planos.
- Al menos cuatro cilindros.
- Al menos dos conos (o troncos de cono).

El patrón de la invención además comprende una estructura portante con una dimensión preferente longitudinal sobre la que se sitúan las características geométricas.

En una realización preferida, la dimensión preferente longitudinal sobre la que se sitúan todas las características geométricas, tiene una longitud de al menos un 55 % del rango de medida del equipo a calibrar o verificar.

Tanto las características a medir como la estructura portante deben ser de materiales estables térmica y mecánicamente, y dotados de una estructura de alta rigidez.



En otra realización preferida, el material para materializar las características geométricas y la estructura portante es el mismo, siendo este material la misma aleación metálica o el mismo compuesto de fibra o el mismo material cerámico.

En otra realización preferida, las características geométricas son insertos o casquillos en la estructura portante, siendo ambos de materiales diferentes, siendo estos materiales preferidamente los siguientes:

- Las características geométricas son de una aleación metálica y la estructura portante es de un compuesto de fibra o;
- las características geométricas son de material cerámico y la estructura portante es de un compuesto de fibra o;
- las características geométricas son de material cerámico y la estructura portante es de aleación metálica.

En una realización más preferida, la aleación metálica es acero. En otra realización más preferida, la aleación de metal es INVAR. En otra realización más preferida, la aleación de metal es de aluminio. En una realización todavía más preferida, la superficie de las características geométricas de aleación de aluminio está endurecida superficialmente, por ejemplo mediante un tratamiento térmico y/o por aportación de recubrimiento. En una realización más específica, el compuesto de fibra es de fibra de carbono. Desde el punto de vista constructivo, el material para fabricar el patrón debe tener buenas propiedades metrológicas, como estabilidad estructural y resistencia a la corrosión y oxidación entre otras, pudiendo utilizarse por ejemplo INVAR (aleación con base Fe64%-Ni36%), material de excelentes propiedades ante cambios térmicos (bajo coeficiente de dilatación) pero, con objeto de aligerar su peso, también pueden utilizarse otras opciones como fibra de carbono, materiales cerámicos (ZrO<sub>2</sub>, u otros), aleaciones de aluminio endurecidas y/o con recubrimiento, etc. El patrón también puede estar fabricado de dos materiales, uno para la barra o estructura portante y otro distinto para materializar las características geométricas a medir. De esta forma puede usarse una estructura portante ligera y rígida (fibra de carbono, por ejemplo) y unas características materializadas económicamente con buenas propiedades de acabado superficial y muy bajos errores de forma (pocos micrómetros en todo caso). Las

características pueden ser fabricadas de materiales cerámicos o sobre aleaciones metálicas, como INVAR, aleaciones de acero o aleaciones de aluminio con recubrimiento, metal duro (carburo metálico), etc. En caso de usar materiales con alto coeficiente de dilatación, será muy importante controlar la temperatura en el procedimiento de calibración o verificación correspondiente, con objeto de compensar las dilataciones (o contracciones) en las mediciones alejadas de la temperatura de referencia de 20° C.

En una realización específica, las esferas macizas se palpan o se digitalizan (en el caso de sensores sin contacto como por ejemplo sensores láser), por contacto o digitalizado exterior, respectivamente.

En otra realización específica, las esferas virtuales están definidas por cuatro puntos situados sobre su superficie. En una realización más específica, cada uno de los cuatro puntos que definen las esferas virtuales, se construyen con un palpador esférico apoyado de forma estable en un asiento o agujero cónico, de forma que el contacto entre esfera del palpador y agujero cónico es siempre según el mismo círculo para cada uno de los cuatro puntos, siendo el punto a considerar el centro de dicho círculo.

En otra realización específica, el patrón además comprende un círculo virtual, definido a partir de tres de los cuatro puntos que definen cualesquiera de las esferas virtuales, situados sobre su contorno.

En otra realización específica, las esferas más alejadas, bien las esferas macizas o las esferas virtuales, están separadas por una distancia igual o mayor al 80% de la dimensión mayor del patrón.

En otra realización específica, dos planos son paralelos separados una distancia igual o mayor al 90% de la dimensión mayor del patrón; otros dos planos son paralelos separados una distancia menor de 30 mm o menor al 10 % de la longitud del patrón; dos planos son perpendiculares con eje común; y al menos dos planos forman un ángulo agudo mayor o igual que 20° y menor o igual que 70°.

En otra realización específica, dos cilindros son para palpado externo y dos para palpado interno, siendo dos de los cilindros paralelos y otros dos perpendiculares.

En otra realización específica, dos conos son de ejes paralelos y más preferidamente, los conos son ambos exteriores o ambos interiores lo que permite que ambos sirvan para palpado externo o ambos para palpado interno.

En una realización preferida, el patrón se acopla rígidamente a un sistema de posicionamiento espacial para desplazarlo o pivotarlo a lo largo de tres ejes ortogonales X, Y, Z, (donde el eje X es longitudinal horizontal, el eje Y es transversal horizontal, y el eje Z es vertical), permitiendo la medida de las características del patrón en distintas posiciones espaciales dentro del volumen de trabajo del equipo.

En otra realización preferida, las características geométricas poseen un error de forma menor al 10% de la precisión o valor de incertidumbre del brazo articulado de medición objeto de la calibración o verificación. Cada una de las geometrías citadas del patrón estará fabricada con unas tolerancias y acabados superficiales adecuados a las precisiones o errores mínimos dados por los fabricantes de los brazos de medición, tomándose como referencia la exigencia de errores geométricos (errores de forma), en todas las características consideradas, inferiores a 1/10 de dicho valor. En el caso de uso del AACMM sin contacto, por medio de sensores de triangulación láser, las superficies deben tener propiedades ópticas adecuadas al sensor (p. ej. esferas o planos con acabado mate, de cerámica blanca, etc.).

El patrón dimensional permite materializar tolerancias dimensionales de diámetros, ángulos y distancias entre características (bien punto central o eje de los elementos).

Igualmente, el patrón dimensional permite materializar tolerancias geométricas dadas por los errores de forma de las distintas características individuales y tolerancias de elementos relacionados del tipo paralelismo, perpendicularidad, inclinación, coaxialidad y posición. Se exceptúa en este caso la tolerancia geométrica de las esferas virtuales (esfericidad) pues aquí no se puede calcular error de forma dado que el número de puntos, cuatro, coincide con el mínimo necesario para su definición.

El uso de estas características geométricas o, lo que es lo mismo, la medición de sus tolerancias (tanto individuales como asociadas) añade mucha más información que la mera medición de distancias entre centros de esferas como hacen los procedimientos (y los patrones) actuales de verificación y calibración de AACMM.

Por lo que el método de calibración o verificación con este nuevo patrón permite realizar dichos procedimientos con muchas menos posiciones espaciales alrededor del AACMM.

El patrón de la invención posee unas características geométricas mínimas, una longitud total y una capacidad de multiposición espacial tal que permite evaluar el volumen de trabajo de los AACMM, y opcionalmente de cualquier Máquina de Medir por Coordenadas (CMM). El patrón de características posibilita la incorporación de las características geométricas ajustándose a las mediciones y tipos de tolerancias a comprobar habituales en inspección y verificación de piezas reales en la industria. Asimismo, está especialmente indicando para cuantificar la influencia de la técnica de la medición del operario, responsable en gran medida de la precisión alcanzada en el caso de los AACMM. La técnica de medición con este patrón aglutina numerosos factores que en otras máquinas, como las CMM, se encuentran automatizados y controlados como son la posición del brazo durante el contacto, la orientación del palpador o sensor óptico con respecto a la pieza, la distribución de puntos, la estrategia de medición (medición continua o punto a punto), la fuerza de contacto, la velocidad de acercamiento o de aproximación, así como la variación de estos parámetros durante el proceso.

El procedimiento de calibración o verificación utilizando un patrón como el que aquí se presenta se fundamenta en algo que no es evidente: la necesidad de comprobar las mediciones efectuadas con estos equipos no sólo en tolerancias dimensionales (como hacen los patrones tradicionales) sino también, y sobre todo, en la medición de una gama de tolerancias geométricas. Esto permite evaluar la precisión real (o cuantificar la incertidumbre si hablamos de calibración) de los AACMM en la medición de todas sus características. Para ello, la invención incorpora una serie de características de fabricación (*manufacturing features*), como:

- a) Esferas macizas.
- b) Esferas virtuales.
- c) Planos.
- d) Cilindros (exteriores e interiores).
- e) Conos (exteriores o interiores).

Los primeros, las esferas, atañen al palpado exterior de esferas reales macizas, frente a los segundos, que suponen la construcción de una “esfera virtual”. Esta esfera virtual es obtenida del palpado de 4 puntos, donde cada punto viene dado por las coordenadas del centro del palpador esférico, al apoyarlo en una superficie cónica interior (“asiento cónico” o “asiento de agujero cónico”). En cuanto a los dos últimos elementos, los cilindros y los conos, no sólo se palpan por el exterior, sino que incluyen también su variante de palpado por el interior: agujeros cilíndricos y cónicos respectivamente.

El nuevo patrón combina este tipo de características para posibilitar la medición manual de múltiples tolerancias dimensionales y geométricas, tanto individuales como relacionadas:

- a) Con esferas macizas: esfericidad (error de forma), distancias entre centros de esferas y sus diámetros.
- b) Con esferas (virtuales): distancia entre ellas y diámetro de los mismos. Escogiendo 3 puntos cualesquiera de cada una de las esferas se pueden construir dos “círculos virtuales”, posibilitando la medición de diámetro y distancia entre ellos.
- c) Con cilindros exteriores e interiores: diámetro, cilíndricidad (error de forma), ángulo entre los ejes (paralelismo, coaxialidad y perpendicularidades entre ejes), distancias entre ejes paralelos y entre ejes perpendiculares.
- d) Con planos: planitud (error de forma), distancias entre planos y ángulos entre ellos. Otros errores de forma evaluables serán el paralelismo, la perpendicularidad y la inclinación (ángulo entre recta y plano).
- e) Con conos exteriores e interiores: conicidad (error de forma) y distancias entre ejes paralelos de conos, ángulos entre ejes de conos.
- f) Tolerancias dimensionales y geométricas entre superficies básicas de distinta naturaleza (combinadas): tolerancias de posición de ejes, como la distancia entre plano y eje de cilindro, distancia y paralelismo entre plano y cilindro (cuyos ejes sean perpendiculares), distancia y paralelismo entre plano y cono o distancia de centro de esfera a plano.

Cada característica del patrón tiene una superficie de palpado lo suficientemente grande como para permitir su medición manual en distintos puntos de su superficie (entre 2 y 50 cm<sup>2</sup>), siendo el error de forma de cada característica geométrica igual o inferior a una décima parte de la precisión del AACMM, a excepción de los círculos y esferas virtuales en los que no se considera su error de forma pues su construcción utiliza los puntos mínimos que los definen matemáticamente (error de forma nulo).

Otro aspecto de la presente invención es un método para la realización de calibración y verificación de máquinas de medir por coordenadas, especialmente brazos articulados de medir por coordenadas, y que, utilizando el patrón de la invención, comprende las siguientes etapas:

- a) Definir las posiciones que adoptará el patrón dentro del volumen de trabajo del instrumento a calibrar o verificar.
- b) Posicionar y fijar el patrón en una posición espacial estable del aparato de multiposición que defina la primera posición u orientación.
- c) Medir todas las características geométricas de patrón.
- d) Posicionar el patrón en la siguiente posición y repetir el paso (c) hasta medir en todas las posiciones definidas en (a).
- e) Determinar, por comparación con valores de referencia, si el instrumento de medición mide dentro del rango de tolerancia aceptable de acuerdo a cada característica geométrica y a sus relaciones entre ellas.

En una realización preferida, el método además comprende la etapa:

- f) Si el instrumento de medición está fuera de rango de tolerancia proceder a su corrección.

Todos los elementos constituyentes del patrón obligan a una variación de la posición espacial del mismo, con combinación de desplazamiento de distintos ejes del AACMM durante su medición, revelando así la importancia de la técnica de medición o destreza del operario. Cada elemento puede ser medido de diferente forma, ya sea en

medición por contacto o sin contacto. Por ejemplo: una esfera maciza puede ser medida punto a punto (puntos discretos) o con contacto continuo (manteniendo el palpador en contacto con la esfera en todo momento), lo que influye en la deflexión del palpador y en la deformación de la propia estructura del AACMM. Una misma característica geométrica también puede ser medida con puntos tomados en perpendicular o paralelo a la superficie, a distintas velocidades y con fuerza de contacto mayor o menor dependiendo de las habilidades del operario, etc. Y lo mismo en mediciones con sensor láser de triangulación donde la distancia del sensor con la pieza, la intensidad, la orientación del sensor y la rapidez de barrido son muy importantes en la calidad y fiabilidad de las mediciones.

Por otra parte, las características geométricas del patrón y sus combinaciones materializan tolerancias dimensionales y geométricas que habitualmente se encuentran en las piezas reales de la industria, de esta forma se garantiza la calidad y fiabilidad de las mediciones de AACMM ya que la calibración se ha ejercido teniendo en cuenta la estructura de los AACMM y el control manual. La medición de los elementos tradicionales en las Máquinas de Medir por Coordenadas (CMM), sólo con esferas y/o asientos cinemáticos cónicos, es claramente insuficiente.

Esta configuración básica, que la diferencia de los demás patrones existentes, se complementa con una serie de características y/o accesorios que hacen que el patrón se pueda utilizar además para los procedimientos de calibración actuales: bajos errores de forma, portabilidad, multiorientación, material de bajo coeficiente de dilatación (INVAR, fibra carbono, materiales cerámicos como el óxido de Zirconio, el Zerodur, etc.) o, en su defecto y de forma adicional, incorporación de termopar para medición de temperatura que posibilite una corrección estructural de los errores geométricos en entornos industriales de temperatura no controlada. El patrón también permite ser biapoyado en los dos puntos que definen una flecha mínima en el centro, o en los puntos que mantienen las caras extremas de medidas paralelas (puntos de Airy), o los del mínima variación de longitud de la fibra neutra durante el pando (puntos de Bessel). En todo caso se tendrán en cuenta las deformaciones que sufre una pieza estructural como la aquí presentada debido a su proceso de fabricación (para este tipo

de patrón, habitualmente será mecanizado por arranque de viruta), que deberá ser apoyado por los puntos que definan la máxima planitud y rectitud longitudinalmente.

Todas estas aportaciones permiten que pueda ser usado también como elemento de referencia para calibraciones según los procedimientos de calibración estándar  
5 actuales de CMM y de AACMM, modificando las partes necesarias para adaptarse a los elementos del patrón. Aunque el uso preferible del patrón es para AACMM, también es posible su utilización en CMM, ya que la técnica de medición también influye en su medición aunque en mucha menor medida.

La invención aporta, frente a los patrones que actualmente se conocen, una ventaja  
10 fundamental que radica en la posibilidad de aceptar y garantizar las mediciones con AACMM realizadas “in situ” por un determinado operario, o de corregirlas en caso contrario, realizando calibración posterior. En concreto, la principal ventaja consiste en el desarrollo de los medios necesarios para calibrar y/o verificar los AACMM completamente, incluyendo todos los factores que influyen en su precisión: su  
15 estructura, su control manual y especialmente su técnica de medición por parte de un operario, además de adecuarse a las piezas reales de la industria. De esta ventaja se desprende que todos los AACMM del mercado podrán ser comparados entre ellos de manera fiable. Además también se desprende que es posible la evaluación de las capacidades y habilidades de un operario en la medición con AACMM, realizando  
20 funciones de entrenamiento y certificación o habilitación de operarios. Por último, estos procedimientos pueden ser realizados “in situ” allí donde el AACMM trabaje sin perder sus características de portabilidad y flexibilidad.

La presente invención resulta de aplicación en los sectores en los que se diseñen, produzcan y utilicen patrones de calibración y verificación, como el de la metrología  
25 dimensional industrial aplicada a la verificación y fabricación de productos, el de metalurgia y fabricación de productos metálicos, o el de maquinaria y equipo mecánico



## DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

En la **Fig. 1** se muestra un esquema conceptual de la invención en su versión más básica, con los tipos básicos mínimos de características geométricas y su disposición alineada para constituirse en un patrón de características. En esta figura se muestra un punto central de giro (0) sobre el que pivota el patrón para hacer multiposición espacial, y que se corresponde con el origen de coordenadas de los ejes X, Y, Z.

En su concepción completa más básica, el patrón incorpora un mínimo de:

- Dos esferas macizas, esferas (2) y (17).
- Dos esferas virtuales, esferas (1) y (18).
- 10 - Ocho planos, cuatro de ellos (6), (7), (8) y (9) a un lado del punto central de giro (0) u origen del sistema de coordenadas y cuatro planos (10), (11), (12) y (13) al otro lado, de forma que dos de los planos del mismo lado forman un ángulo agudo entre ellos; plano (6) con (7), a un lado del patrón y plano (12) con (13) al otro lado, mientras que otros planos son perpendiculares con arista común, plano (8) con (9) y plano (10) con (11). Los planos paralelos pueden establecerse considerando combinaciones de los planos anteriores, como por ejemplo el plano (9) con (11) o el plano (8) con (10). En cuanto a los valores de los ángulos agudos, y con objeto de separarse claramente de los casos límites de paralelismo y perpendicularidad, están comprendidos entre 20° y
- 15 70°.
- Cuatro cilindros, (3), (4), (15) y (16). Dos de ellos, cilindro (3) y (4) o cilindro (15) y (16), son perpendiculares entre sí, y dos de ellos serán de ejes paralelos, cilindros (3) y (16) o cilindros (4) y (15), particularizando dos de ellos para el caso de coaxiales. Al menos dos de ellos se palpan por el exterior, como por ejemplo cilindros (4) y (15), y otros dos se palpan por el interior, como los cilindros (3) y (16).
- 20
- Dos conos, (5) y (14), con ejes paralelos y que son palpados de la misma manera, es decir, ambos por el interior o ambos por el exterior.
- 25

La **Fig. 2** presenta una vista isométrica de una materialización preferente del patrón con características geométricas, donde éstas se disponen sobre un eje que además

contiene un punto central de giro para la multiposición. El patrón de la figura comprende al menos los cinco tipos distintos de características a medir, con duplicidad de medida de cilindros y conos para hacer medidas interiores y exteriores.

El patrón comprende:

- 5 a) Cinco esferas macizas (19), (20), (21), (22), (23).
- b) Dos esferas virtuales (56) y (57), construidas a partir de cuatro puntos palpados cada uno sobre agujeros cónicos accesibles desde distintas orientaciones y representadas mediante líneas punteadas.
- c) Doce planos paralelos (24), (25), (26), (27), (28), (29), (30), (31), (32), (33),  
10 (34) y (35).
- d) Al menos dos planos perpendiculares con arista común (40) y (41).
- e) Dos planos en ángulo agudo, el (36) y el (37), (oculto en la vista isométrica derecha), y otros dos planos en ángulo agudo (38) y (39), (oculto en la vista isométrica derecha), en el otro extremo.
- 15 f) Dos cilindros interiores de ejes paralelos (44) y (45).
- g) Dos cilindros exteriores de ejes paralelos (42) y (43). Estos son coaxiales con los cilindros interiores, el (42) es coaxial al (44) y el (43) al (45) respectivamente.
- h) Seis cilindros interiores de ejes paralelos entre ellos y perpendiculares a los  
20 anteriores (50), (51), (52), (53), (54) y (55).
- i) Dos conos interiores (48) y (49) de ejes paralelos entre sí.
- j) Dos conos exteriores (46) y (47) de ejes paralelos entre sí. Esos son coaxiales a los conos interiores anteriores, el (46) es coaxial con el (48) y el (47) con el (49).

25 En la **Fig. 3** se puede ver una vista de perfil de una materialización preferente del mismo patrón con características de la Fig.2, en la que se han omitido las esferas virtuales.

En la **Fig. 4** se puede ver una vista en planta de la misma materialización preferente del patrón con características de las Fig. 2, en la también que se han omitido las  
30 esferas virtuales.

En la **Fig. 5** se observa un detalle, en vista isométrica derecha, de la esfera virtual (56) situada a la izquierda del patrón y representada mediante unas líneas punteadas, que se construye palpando los puntos (A), (B), (C) y (D). El punto (B) se toma apoyando el palpador de punta esférica del AACMM, horizontalmente, y sobre un cono mecanizado perpendicular en el plano (24). El punto (A) y el punto (C) se toman igualmente apoyando el palpador verticalmente sobre los conos mecanizados en las superficies horizontales del patrón. El punto (D), oculto en esta vista, se toma apoyando la punta esférica del palpador horizontalmente. Preferiblemente, todos los conos de apoyo cinemático son conos de 90° mecanizados con broca de centrar o puntear.

En la **Fig. 6** se observa un detalle, en vista isométrica izquierda, de la misma esfera virtual (56) situada a la izquierda del patrón, que se construye palpando los mismos puntos (A), (B), (C) y (D) que en la Fig. 5. Ahora el punto (A) es el que permanece oculto a la vista y se toma apoyando la punta esférica del palpador verticalmente.

En la **Fig. 7** se muestra la vista en planta del mismo detalle señalado en las Figs. 5 y 6. La esfera virtual (56) se muestra como un círculo virtual proyectado en la vista. Nótese que los puntos (B) y (C) están a distinta altura y que perteneciendo a la esfera virtual no están sobre el círculo que representa el diámetro de la esfera virtual.

En la **Fig. 8** se muestra la vista de perfil del mismo detalle señalado en las Figs. 5 y 6. La esfera virtual (56) se muestra como un círculo virtual proyectado en la vista. Nótese que los puntos (A) y (D) están a distinta altura y que perteneciendo a la esfera virtual no están exactamente sobre el círculo que representa el diámetro de la esfera virtual.

En la **Fig. 9** se observa, en vista isométrica, una nueva variante de la materialización preferente del patrón, en la que se han eliminado los conos exteriores de la zona central para potenciar (por análisis de repetibilidad) la medida con más cilindros exteriores. En este caso el patrón está dotado de 4 cilindros exteriores de ejes paralelos (42), (43), (58) y (59). Dos de ellos, los cilindros (42) y (43) son iguales a los señalados en la Fig. 1. Los otros dos nuevos cilindros (58) y (59), contienen en su interior los respectivos troncos de conos interiores (48) y (49), que no varían respecto

a los señalados en la Fig. 1. Por lo que en esta variante se han eliminado los conos exteriores (46) y (47) del patrón preferente mostrado en las figuras anteriores (Figs. 1, 2 y 3), por tratarse los conos exteriores de entidades de mucho menos interés en aplicaciones metrológicas de precisión.

5

### **EXPLICACIÓN DE UN EJEMPLO DE REALIZACIÓN PREFERENTE**

Para una mejor comprensión de la presente invención, se exponen los siguientes ejemplos de realización preferente, descritos en detalle, que deben entenderse sin carácter limitativo del alcance de la invención.

#### 10 EJEMPLO 1

En un diseño preferente del patrón como el mostrado en la Figs. 2, 3 y 4 se utilizaron todos los tipos de elementos geométricos básicos mencionados anteriormente, e incluso con repeticiones en algunos de ellos. El patrón se usó para calibrar y/o verificar un brazo de medición AACMM, de 1800 mm diametrales de rango. La longitud del patrón era de 1000 mm. La sección transversal del patrón tenía la forma de T invertida de 20 mm de ancho aproximadamente, e inscrita en un rectángulo de aproximadamente 50x50 mm. A lo largo de esta barra soporte, o perfil lineal en T invertida, que define su longitud, se mecanizaron seis almenas, dotando además al patrón de las siguientes características geométricas:

- 15
- Cinco esferas macizas (19), (20), (21), (22) y (23) unidas con vástagos al perfil central, de diámetro nominal 25 mm, y que iban montadas en la superficies elevadas de las almenas.
  - Dos esferas virtuales (56) y (57) de diámetro aproximado de 50 mm.
  - Doce planos paralelos (24), (25), (26), (27), (28), (29), (30), (31), (32), (33), (34) y (35), que formaban las laterales de las seis almenas del patrón.
  - 25 - Cuatro planos, los planos (36) y (37) a la izquierda, y los planos (38) y (39) a la derecha, formando dos ángulos agudos en cada lado del patrón, ambos de 60°.
  - Dos planos perpendiculares (40) y (41).

- 5       - Dos cilindros exteriores (42) y (43) con ejes verticales en la dirección del eje Z, conformados cada uno por un casquillo y situados uno a cada lado del patrón. Estos cilindros fueron mecanizados independientemente (mecanizado de los casquillos en torno) y montados con apriete o ajuste fijo sobre el perfil en forma de T invertida que constituye la barra soporte.
- Dos cilindros interiores (44) y (45) con ejes verticales en la dirección del eje Z, coaxiales con los cilindros verticales exteriores anteriores (42) y (43) respectivamente y que se encontraban dentro de los mismos casquillos, también uno a cada lado del patrón.
- 10       - Seis cilindros interiores (50), (51), (52), (53), (54) y (55), situados con eje horizontal, y por lo tanto de ejes perpendiculares a los anteriores. Entre ellos mantenían los ejes paralelos y los seis fueron mecanizados (fresados) en sus respectivas almenas.
- Dos conos exteriores (46) y (47) situados verticalmente en una dirección del eje Z, de ejes paralelos y conformados por casquillos cónicos montados con apriete sobre el perfil uno a cada lado del centro del patrón.
- 15       - Dos conos interiores (48) y (49) también verticales en la dirección del eje Z, de ejes paralelos entre sí y en este caso coaxiales con los conos verticales exteriores anteriores (46) y (47) respectivamente, fabricados por torneado cónico interior dentro de los mismos casquillos cónicos.
- 20

El material elegido para todo el patrón fue INVAR y algunos elementos fueron materializados sobre la propia barra soporte, como se hizo con todos los planos de medida (24) a (35) y los seis cilindros horizontales mecanizados en las almenas (50), (51), (52), (53), (54) y (55), todos ellos cilindros de 28 mm de diámetro aproximadamente. Los elementos cilindros exteriores (42) y (43), de 45 mm aproximadamente de diámetro, y los interiores (44) y (45), de 40 mm aproximadamente de diámetro, fueron mecanizados externamente (torneado, mandrinado y escariado en los interiores) y montados con apriete o ajuste fijo sobre un alojamiento cilíndrico fresado en la propia barra soporte. Lo mismo se puede decir de los conos exteriores (46) y (47) y los agujeros cónicos (48) y (49), dados también por casquillos torneados y montados con apriete. La barra soporte se fabricó por fresado con forma de T invertida, en cuya alma vertical se mecanizaron las 6 almenas de caras

planas paralelas separadas aproximadamente 100 mm, distancia entre planos (24) y (25), planos (26) y (27) y así sucesivamente hasta el plano (34) y (35). Entre las dos almenas centrales, planos (29) y (30), había una separación de 28 mm aproximadamente. Estos planos paralelos que definían las almenas, correlativamente desde el (24) a (35), definían además distancias entre planos a lo largo de la longitud del patrón. La superficie de palpado para estos planos era del orden de 20x15 mm, algo mayor que el área de medida de los bloques patrón longitudinales estándar. Además, los extremos del patrón fueron mecanizados conformando planos con un ángulo de 60° entre ellos, planos (36) con (37) y (38) con (39). La propia forma en T invertida de la barra portante central definía dos planos perpendiculares (40) y (41) entre el alma y las alas del patrón.

En las zonas extremas del patrón se mecanizaron cuatro agujeros cónicos, empleando brocas de puntear o de centrar. Los agujeros cónicos tenían una profundidad aproximada de 5 mm, diámetro de la huella en la superficie de 10 mm y ángulo del cono de 90°, procurando realizarlos en caras del patrón con orientaciones distintas y espaciarlos lo suficiente para permitir construir esferas virtuales (56) y (57) de diámetros significativamente grandes, del orden de 50 mm.

Entre las almenas se incorporaron los cuatro casquillos de los cilindros y de los conos (42), (46), (47) y (43), que se montaron por apriete a la estructura base portante. Además, se mecanizaron cilindros perpendiculares a estos en las almenas anteriormente realizadas con el fin de incluir relaciones geométricas perpendiculares y aligerar la estructura. Las cinco esferas (19), (20), (21), (22) y (23) eran de diámetro aproximado de 20 mm, y se añadieron mediante unión de las mismas a un vástago del mismo material que la barra portante que las sujeta y éste vástago se une a su vez a la barra soporte por unión roscada (M8).

El patrón además mantenía sus características en varias posiciones espaciales y se diseñó para que se adaptara a un sistema de posicionamiento. Los puntos por los que se sujetaba el patrón a dicho sistema de posicionamiento eran puntos del patrón separados tal distancia que la deformación (flecha) sufrida por su propio peso en la zona central se minimizaba, puntos que no estaban lejos de los puntos que mantenían las caras finales paralelas (puntos de Airy), que para el patrón de 1000 mm de longitud

eran puntos separados 570 mm aproximadamente. Esta distancia se ajustó analizando la rectitud del patrón una vez mecanizado, tomando como apoyos o zonas de sujeción aquellos que minimizaban el error de rectitud de toda la barra.

El diseño del patrón hacía posible extender su aplicación al cumplimiento de la normativa ASME y VDI, para verificación de AACMM, o incluso utilizar la norma ISO 10360 (orientada a CMM en general) variando la metodología para introducir los nuevos elementos y extendiendo la longitud total del patrón para que cubra el 60 % del rango del AACMM.

Los elementos incorporados posibilitaban materializar multitud de tolerancias:

- 10 a) Diámetros, distancias entre esferas y esféricidad. Esto se hacía con las cinco esferas macizas (19), (20), (21), (22) y (23) del patrón. Por razones de recubrimiento del rango de trabajo y para adecuarse a la normativa actual, dos de las esferas, (19) y (23), estaban separadas entre ellas como mínimo entre el 50 y el 55 % de la longitud total del patrón o entre el 100 % y 110 % del radio de alcance del AACMM.
- 15 b) Diámetros y distancias entre esferas virtuales. Se usaban para ellos las dos esferas virtuales (56) y (57) del patrón.
- c) Diámetros y distancias entre círculos virtuales. Se usaban para ellos tres puntos cualesquiera de los utilizados para construir cada una de las esferas virtuales (56) y (57), lo que constituye un “círculo virtual” contenido en cada una de las esferas.
- 20 d) Distancia entre planos, planitud y paralelismo. Se usaban para ello los doce planos paralelos (24), (25), (26), (27), (28), (29), (30), (31), (32), (33), (34) y (35), que permitían medir al menos siete distancias correlativas entre el primero y el último; dos de ellos, planos (29) y (30), estaban situados a menos de 30 mm (o menos del 10 % de la longitud del patrón), y otros dos de ellos, planos (24) y (35), definiendo el “alcance” del patrón; esto es, separados al menos el 55% del alcance diametral o rango de medida del AACMM.
- 25 e) Medida de ángulo y angularidad. Esto se conseguía con los dos planos que formaban ángulo entre ellos menor de 90°, preferiblemente con valores entre 20° y 70° (planos (36) y (37) y planos (38) y (39)).
- 30

- f) Perpendicularidad. Mediante cualesquiera pareja de planos perpendiculares con arista común, como los planos (40) y (41).
- g) Diámetros de cilindros, distancia entre ejes paralelos de cilindros. Cilindricidad, coaxialidad, paralelismos y perpendicularidad de ejes cilíndricos. Esto se consiguió con los cuatro cilindros con eje verticales (42), (43), (44) y (45) y seis cilindros con ejes horizontales (cilindros (50), (51), (52), (53), (54) y (55)). Dos de los verticales eran exteriores con ejes paralelos (42) y (43) y los interiores y exteriores se situaban de forma concéntrica (42) y (44) o (43) y (45) para materializar la tolerancia de coaxialidad.
- h) Distancia entre ejes de conos y conicidad. Para ello se usaron los dos conos interiores (48) y (49) y/o los dos conos exteriores (46), (47). Dos de ellos coaxiales y dos con ejes paralelos. El uso de esta característica en calibración o verificación de AACMM, a diferencia del resto, puede ser prescindible para aplicaciones que no requieran calibrar o verificar el comportamiento del equipo (o su operario) en la medida de conos. La ausencia de esta característica se justificaría además por la dificultad en ajustar una superficie cónica por puntos palpados en su superficie con alta precisión.
- i) Otras tolerancias dimensionales combinadas. Como las tolerancias de posición dadas por la distancias de cilindros, conos o esferas a planos. Así, por ejemplo, se consideraron como tolerancias válidas para calibración las distancias de cualquier cilindro como el (42), (43), (44), (45), (50), (51), (52), (53), (54), (55), o de cualquier eje de cono (46), (47), (48), (49), o centro de esfera maciza (19), (20), (21), (22), (23) o virtual (56), (57) a un plano del tipo (24) o (35) por ejemplo. Estas tolerancias se materializaron combinando las características citadas, por ejemplo, plano (24) con esfera (19), plano (26) con cilindro exterior (42), plano (26) con cilindro interior (44), plano (28) con cono (46), etc. También se analizó la perpendicularidad de eje de cilindro con un plano perpendicular al mismo, por ejemplo perpendicularidad entre cilindro exterior (42) y plano (40), o entre el cilindro interior de almena (53) y el plano (41).



EJEMPLO 2

El procedimiento de calibración con el patrón de características consistió en la medición de todos los elementos que lo conforman, en distintas posiciones del espacio de trabajo de tal forma que se incluía una parte importante del volumen de trabajo del AACMM. Como parte del proceso de calibración, el operario que controla manualmente el movimiento el AACMM aportó su técnica de medición.

La aplicación del método sobre el patrón de la invención se llevó a cabo mediante las siguientes etapas:

- 10 a) Se definieron las posiciones que adoptaría el patrón dentro del volumen de trabajo del instrumento a calibrar o verificar.
- b) Se posicionó y fijó el patrón en una posición espacial estable del aparato de multiposición que definía la primera posición u orientación.
- c) Se midieron todas las características geométricas de patrón.
- 15 d) Se posicionó el patrón en la siguiente posición y se repitió el paso (c) hasta medir en todas las posiciones definidas en (a);
- e) Se determinó, por comparación con valores de referencia, si el instrumento de medición medía dentro del rango de tolerancia aceptable de acuerdo a cada característica geométrica y a sus relaciones entre ellas.

20 El cálculo de la incertidumbre de medida obtenida en la calibración se obtuvo de un proceso de cálculo matemático en el que se evaluaron las diferencias entre los valores reales (nominales) del patrón y los valores medidos por el AACMM. Con el patrón de características presentado se utilizaron los errores de medida de las características geométricas y dimensionales consideradas, aproximándose el procedimiento de calibración a la medición de piezas reales en la industria.

25 Para la utilización del patrón en un procedimiento de verificación se realizó la medición periódica de las características del patrón, con objeto de comprobar que los valores obtenidos se encontraban en concordancia con los obtenidos en la calibración,

esto es, dentro de los límites de aceptación impuestos al proceso de inspección. De esta manera se garantizaba que las mediciones realizadas con el AACMM tenían la fiabilidad suficiente para ser aceptadas.

Por extensión, el patrón también tenía la función de formación de operarios ya que muestra la medición correcta y permite la corrección de la técnica de medición.

### EJEMPLO 3

En los procesos donde, por motivos de especificidad de la tarea de inspección, no se requerían todos los elementos del patrón, se realizó una construcción parcial del patrón y no se incluyeron todos los elementos en el proceso de medición en la calibración o verificación. Por ejemplo, en un proceso donde se verificaron cilindros y únicamente cilindros (por ejemplo piezas cilíndricas como ejes de transmisión, etc.) se redujeron los elementos del patrón a los cilindros, adaptando el procedimiento de calibración o verificación a este tipo de elementos preferentemente.

El procedimiento de calibración fue tal como el descrito en el ejemplo anterior, aunque sobre un patrón con las características descritas en este ejemplo.

Esta metodología hace posible la realización de calibraciones personalizadas (en función de la aplicación del AACMM) de acuerdo al elemento medido, y aunque el patrón contenga todos los elementos geométricos del ejemplo 1, se podrán utilizar solo aquellos relacionados con la aplicación.

### EJEMPLO 4

En la aplicación de medidas tridimensionales (tanto AACMM como también CMM) con incorporación de sensores ópticos sin contacto (como por ejemplo de sensores de triangulación láser), los diseños del patrón no variaron salvo los acabados superficiales. Para esta aplicación, las superficies de las características consideradas se fabricaron con calidades ópticas adecuadas (en acabado mate o satinado o de cerámica blanca) para maximizar la cantidad de puntos superficiales leídos por el sensor, procediendo después a aplicar el método tal como se describe el en ejemplo 2.

## REIVINDICACIONES

1. Patrón para la calibración y verificación de la medición con máquinas de medir por coordenadas, especialmente para brazos articulados de medir por coordenadas, que comprende las siguientes características geométricas:
  - 5           - al menos dos esferas de calibración macizas (2) y (17);
  - al menos dos esferas virtuales (1) y (18);
  - al menos ocho planos (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12) y (13);
  - al menos cuatro cilindros (3), (4), (15) y (16);
  - al menos dos conos (o troncos de cono) (5) y (14);
- 10           y además comprende una estructura portante con una dimensión preferente longitudinal sobre la que se sitúan las características geométricas.
2. Patrón según la reivindicación 1, caracterizado por que la dimensión preferente longitudinal sobre la que se sitúan las características geométricas, tiene una longitud de al menos un 55 % del rango máximo de medida del equipo a calibrar o verificar.
- 15           3. Patrón según la reivindicación 1, caracterizado por que el material de las características geométricas y la estructura portante es:
  - la misma aleación metálica o;
  - el mismo compuesto de fibra o;
  - 20           - el mismo material cerámico.
4. Patrón según la reivindicación 1, caracterizado por que las características geométricas son insertos o casquillos en la estructura portante, de los siguientes materiales:

- las características geométricas son de una aleación metálica y la estructura portante es de un compuesto de fibra o;
  - las características geométricas son de material cerámico y la estructura portante es de un compuesto de fibra o;
  - 5       – las características geométricas son de material cerámico y la estructura portante es de aleación metálica.
5. Patrón según la reivindicación 3 ó 4 caracterizado por que la aleación metálica es acero.
  6. Patrón según la reivindicación 3 ó 4 caracterizado por que la aleación metálica es INVAR.
  - 10       7. Patrón según la reivindicación 3 ó 4 caracterizado por que la aleación metálica es una aleación de aluminio.
  8. Patrón según la reivindicación 7 caracterizado por que la superficie de las características geométricas de aleación de aluminio está endurecida superficialmente.
  - 15       9. Patrón según la reivindicación 3 ó 4 caracterizado por que el compuesto de fibra es fibra de carbono.
  10. Patrón según la reivindicación 1 caracterizado por que cualquiera de las esferas virtuales (1) o (18) están definidas por cuatro puntos (A), (B), (C) y (D) situados sobre su superficie.
  - 20       11. Patrón según la reivindicación 1 caracterizado por que las esferas más alejadas, bien las esferas macizas (2) y (17), o las esferas virtuales (1) y (18), están separadas por una distancia igual o mayor al 80% de la dimensión mayor del patrón.
  - 25       12. Patrón según la reivindicación 1, caracterizado por que dos planos (5) y (13) son paralelos, separados una distancia igual o mayor al 90% de la dimensión mayor del patrón, otros dos planos (9) y (11) son paralelos separados una distancia

menor de 30 mm o menor al 10 % de la longitud del patrón, dos planos (8) y (9) son perpendiculares con eje común, y al menos dos planos (6) y (7) forman un ángulo agudo mayor o igual que 20° y menor o igual que 70°.

- 5
13. Patrón según la reivindicación 1, caracterizado por que dos cilindros son para palpado externo y dos para palpado interno, siendo dos de los cilindros (3) y (16) ó (4) y (15) paralelos y otros dos, (3) y (15) ó (4) y (16) perpendiculares.
14. Patrón según la reivindicación 1, caracterizado por que dos conos son de ejes paralelos (5) y (14).
15. Patrón según la reivindicación 14, caracterizado por que los conos (5) y (14) son  
10 ambos exteriores o ambos interiores.
16. Patrón según la reivindicación 1, caracterizado por que las características geométricas poseen un error de forma menor al 10% de la precisión o valor de incertidumbre del brazo articulado de medición objeto de la calibración o verificación.
- 15 17. Método para la realización de calibración y verificación de máquinas de medir por coordenadas, especialmente brazos articulados de medir por coordenadas, y que, utilizando el patrón de la reivindicación 1, comprende las siguientes etapas:
- 20
- a) definir las posiciones que adoptará el patrón dentro del volumen de trabajo del instrumento a calibrar o verificar;
- b) posicionar y fijar rígidamente el patrón en una posición espacial estable del aparato de multiposición que defina la primera posición u orientación;
- c) medir todas las características geométricas de patrón;
- 25
- d) posicionar el patrón en la siguiente posición y repetir el paso (c) hasta medir en todas las posiciones definidas en (a);

- e) determinar, por comparación con valores de referencia, si el instrumento de medición mide dentro del rango de tolerancia aceptable de acuerdo a cada característica geométrica y a sus relaciones entre ellas.

18. Método según la reivindicación 17 que además comprende la etapa:

- 5 f) si el instrumento de medición está fuera de rango de tolerancia proceder a su corrección.

FIG. 1

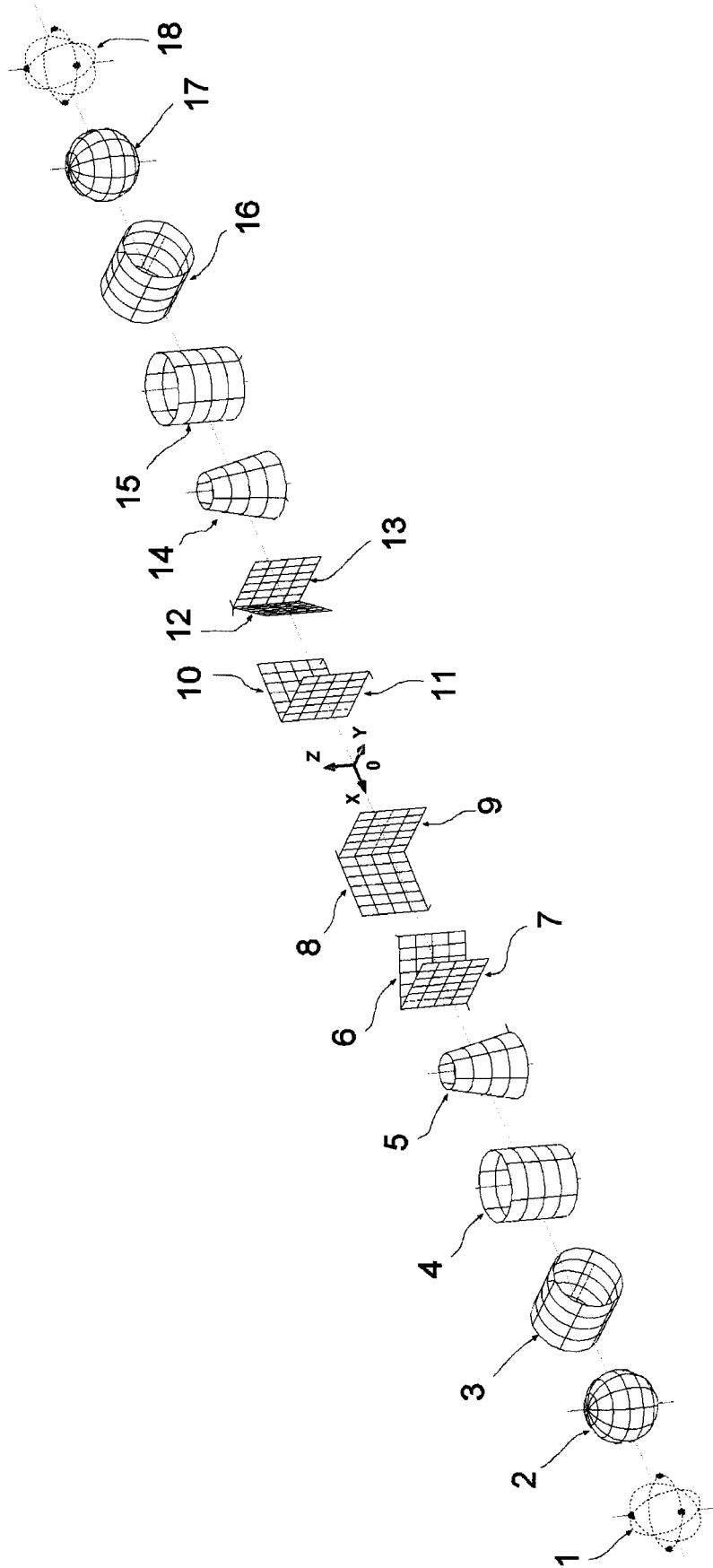


FIG. 2

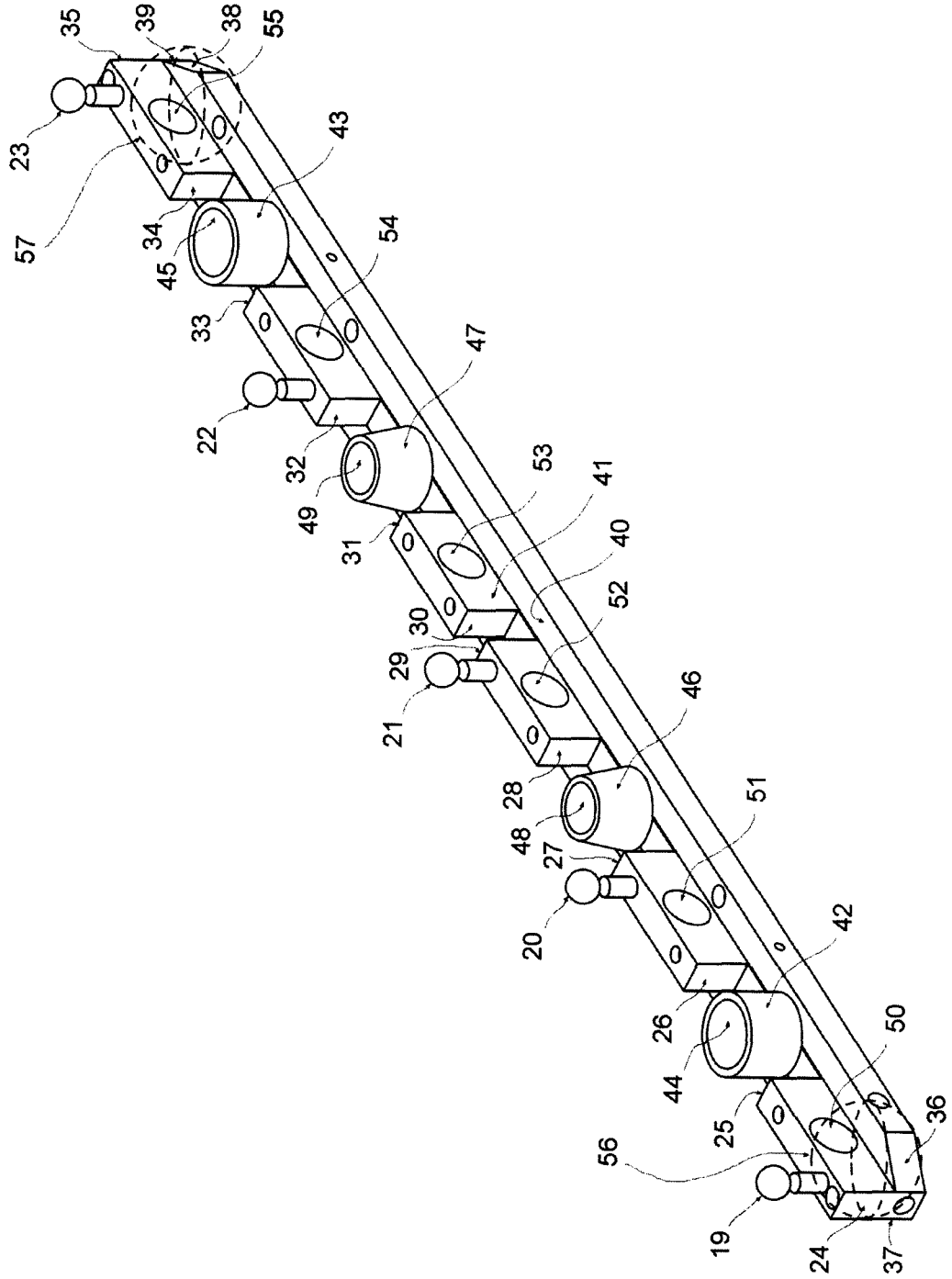




FIG. 3

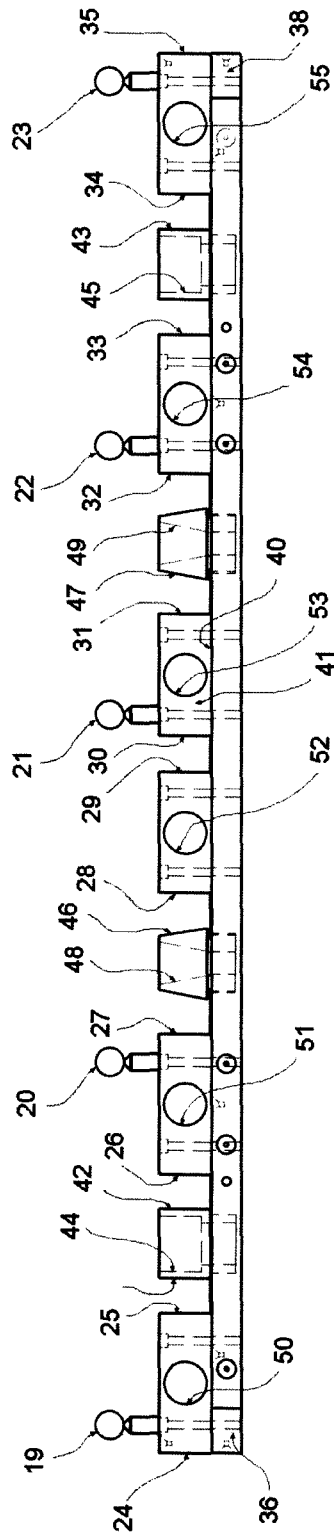


FIG. 4

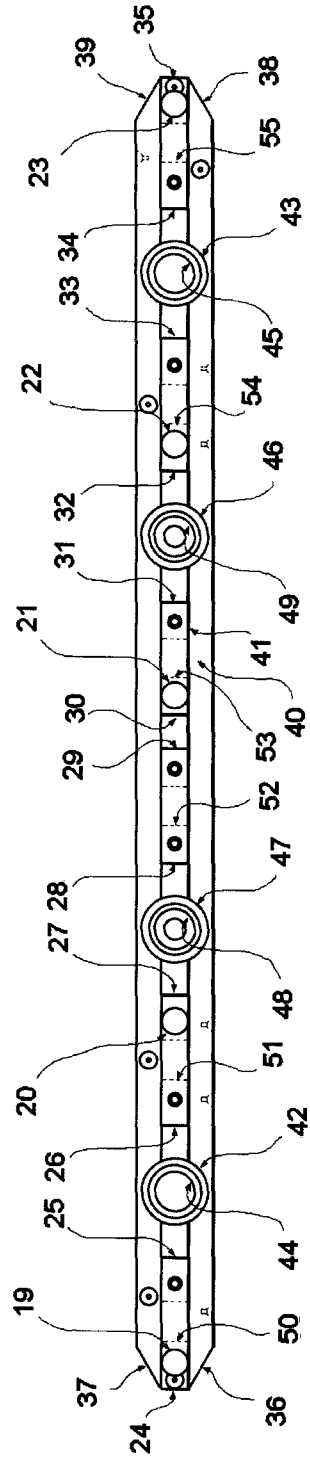


FIG. 5

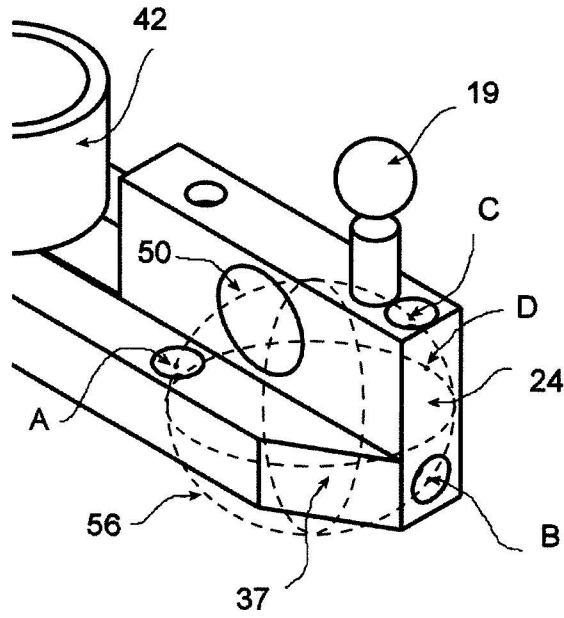


FIG. 6

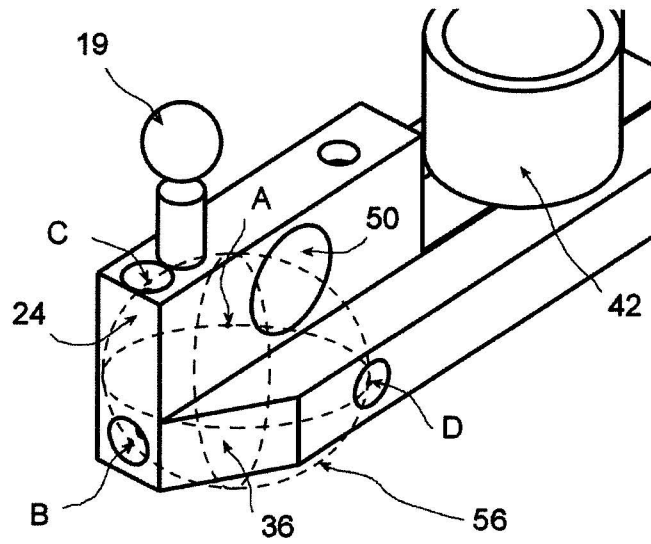


FIG. 7

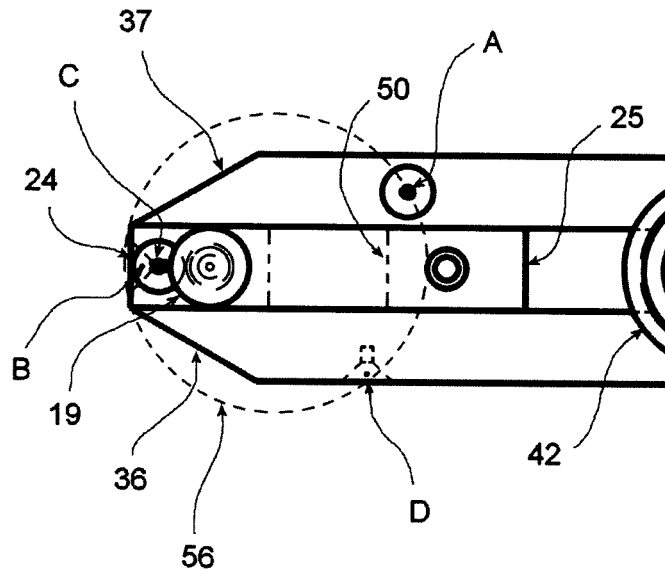


FIG. 8

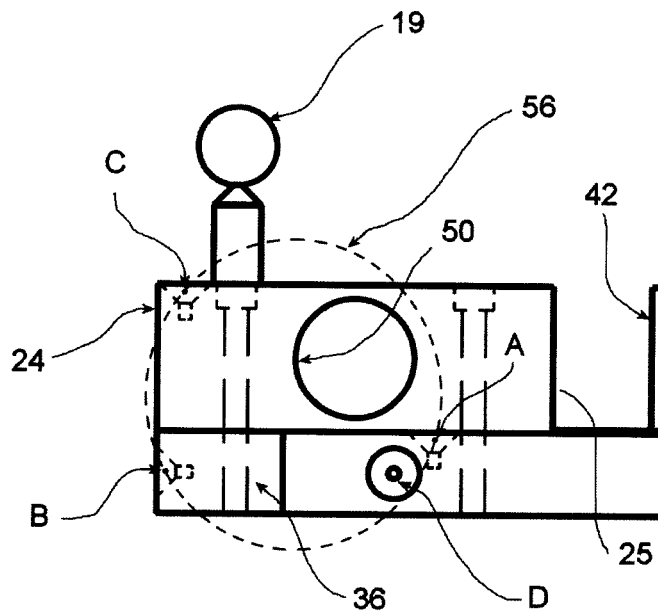
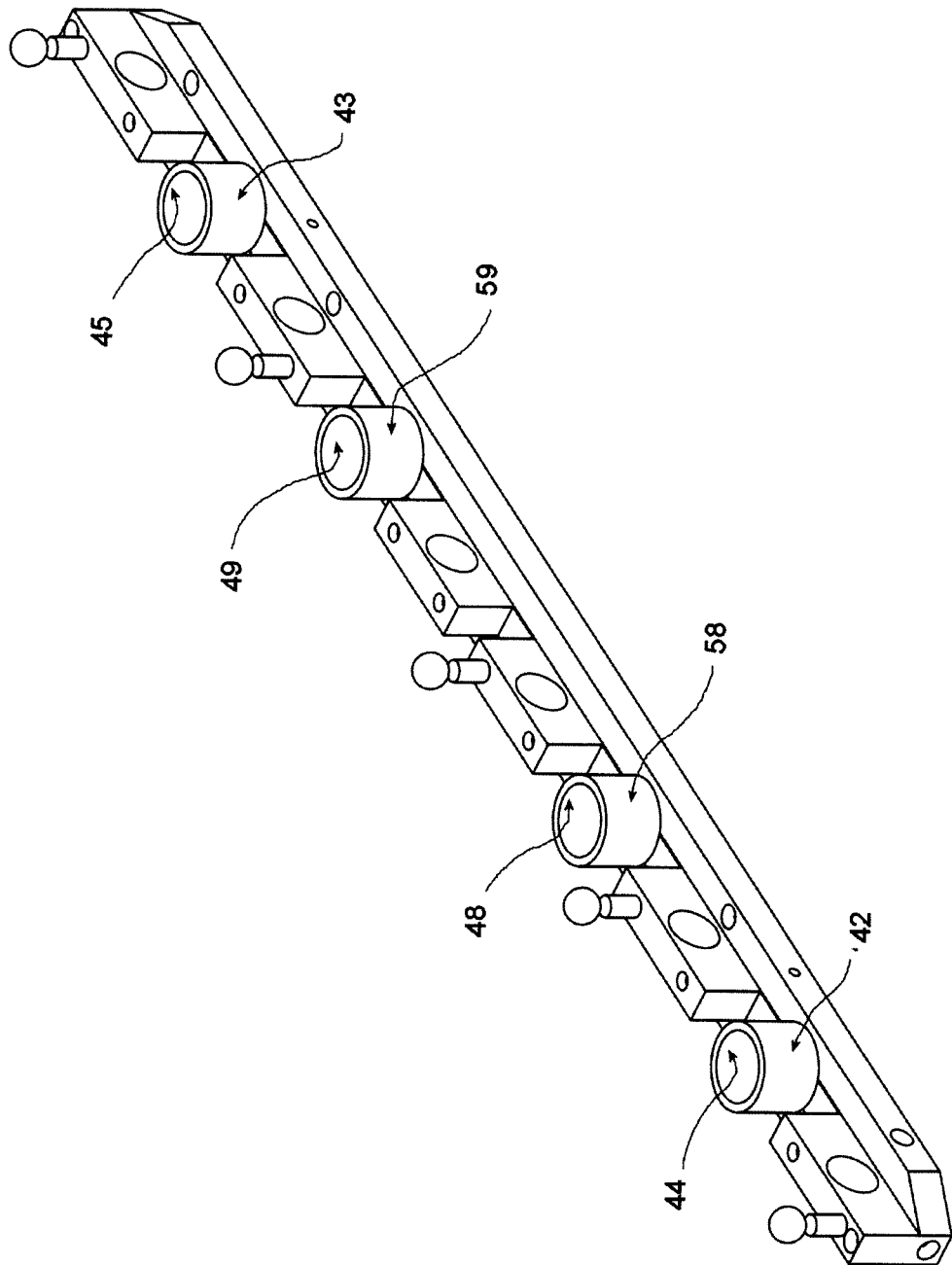


FIG. 9





- ②① N.º solicitud: 201300241  
 ②② Fecha de presentación de la solicitud: 04.03.2013  
 ③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G01B5/008** (2006.01)  
**G01B21/04** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	PIRATELLI-FILHO A et al. Virtual spheres gauge for coordinate measuring arms performance test. MEASUREMENT, 20100201 INSTITUTE OF MEASUREMENT AND CONTROL. LONDON, GB 01.02.2010 VOL: 43 No: 2 Págs: 236-244 ISSN 0263-2241.	1-18
A	US 5681981 A (MCMURTRY DAVID R) 28.10.1997, columna 1, línea 5 – columna 9, línea 27; figuras 1-14.	1-18
A	US 5671541 A (DAI YUZHONG et al.) 30.09.1997, columna 1, línea 5 – columna 11, línea 47; figuras 2-7.	1-18
A	US 2009094847 A1 (CLIFFORD HARRY J) 16.04.2009, párrafos [0005]-[0087]; figuras 2-9.	1-18
A	US 6493957 B1 (TAKATSUJI TOSHIYUKI et al.) 17.12.2002, columna 1, línea 5 – columna 8, línea 2; figura 1.	1-18
A	US 5313410 A (WATTS WILLIAM A) 17.05.1994, columna 1, línea 5 – columna 6, línea 14; figuras 4-6.	1-18

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia  
 Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría  
 A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita  
 P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud  
 E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
27.03.2014

Examinador  
B. Tejedor Miralles

Página  
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, bases de datos de texto completo, bases de datos de literatura no patente

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 27.03.2014

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-18	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-18	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.



**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	PIRATELLI-FILHO A et al.	01.02.2010
D02	US 5681981 A (MCMURTRY DAVID R)	28.10.1997
D03	US 5671541 A (DAI YUZHONG et al.)	30.09.1997
D04	US 2009094847 A1 (CLIFFORD HARRY J)	16.04.2009
D05	US 6493957 B1 (TAKATSUJI TOSHIYUKI et al.)	17.12.2002
D06	US 5313410 A (WATTS WILLIAM A)	17.05.1994

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

## Reivindicación 1:

Se considera como estado de la técnica más próximo al objeto de la invención el documento D01. Este documento divulga un patrón para la calibración y verificación de la medición con máquinas de medir por coordenadas, que comprende las siguientes características geométricas: esferas virtuales y esferas de calibración macizas (D01: figura 1); y además comprende una estructura portante en una dimensión longitudinal sobre la que se sitúan las características geométricas. Se diferencia en que no posee todas las características geométricas reivindicadas. El efecto técnico que se consigue es poder disponer de distintas características geométricas en un mismo bloque patrón que se aproximen a los contornos de piezas reales de medición. El problema técnico a resolver es como realizar una calibración más próxima a las características de las máquinas de medición por coordenadas. No se ha encontrado en el estado de la técnica un patrón que contenga todas las características geométricas reivindicadas. Por lo tanto, dicha reivindicación presenta novedad y actividad inventiva según los artículos 6.1 y 8.1 de la ley de patentes 11/1986.

El documento D02 divulga un patrón para la calibración y verificación de la medición con máquinas de medir por coordenadas, que consiste en una estructura configurable formada por barras y esferas.

El documento D03 divulga un patrón para la calibración y verificación de la medición con máquinas de medir por coordenadas, que tiene la forma de una estructura portante en una dimensión longitudinal sobre la que se sitúan las características geométricas. Posee una parte plana y otra no plana. La parte no plana puede estar realizada con distintas características curvas (D03: figuras 2A - 7). Se diferencia fundamentalmente en que no todas las características geométricas se encuentran a la vez sobre una misma estructura portante.

El documento D04 divulga un patrón para la calibración y verificación de la medición con máquinas de medir por coordenadas, que tiene la forma de una estructura portante sobre la que se sitúan las características geométricas. Una esfera de calibración, varias esferas virtuales y varios planos. Se diferencia en que no posee ni cilindros ni conos.

El documento D05 divulga un patrón para la calibración y verificación de la medición con máquinas de medir por coordenadas, que tiene la forma de una estructura portante en una dimensión longitudinal sobre la que se sitúan las características geométricas en forma de agujeros en los que se insertan una serie de bolas.

El documento D06 divulga un patrón para la calibración y verificación de la medición con máquinas de medir por coordenadas, que tiene la forma de una estructura portante de forma triangular sobre la que se sitúan las características geométricas en forma de agujeros o aperturas.

## Reivindicaciones dependientes:

En ninguno de los documentos citados, que reflejan el estado de la técnica anterior más próximo al objeto de la solicitud, se han encontrado presentes todas las características técnicas que se definen en las reivindicaciones 1 y 17 de la solicitud. Asimismo, se considera que las características diferenciales no parecen derivarse de una manera evidente de ninguno de los documentos citados, ni de manera individual ni mediante una combinación evidente entre ellos. Por todo lo anterior, se concluye que la reivindicación 1 y las reivindicaciones 2-16 y 18 satisfarían los requisitos de novedad y actividad inventiva según los artículos 6.1 y 8.1 de la ley de patentes 11/1986.