



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 266 709**

51 Int. Cl.:
G01B 21/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **03027779 .2**

86 Fecha de presentación : **03.12.2003**

87 Número de publicación de la solicitud: **1538420**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **08.06.2005**

54 Título: **Un cuerpo de ensayo variable y un dispositivo de fijación para estos cuerpos de ensayo variable.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.03.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.03.2007

73 Titular/es: **metronom AG.**
Hauptstrasse 17-19
55120 Mainz, DE

72 Inventor/es: **Heimer, Dietmar**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 266 709 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Un cuerpo de ensayo variable y un dispositivo de fijación para estos cuerpos de ensayo variable.

5 **Ámbito de la invención**

La invención se refiere a un cuerpo de ensayo variable que comprende al menos dos *targets* y un elemento de unión, y a un dispositivo de fijación para estos cuerpos de ensayo variables.

10 **Estado actual de la técnica**

Para la supervisión de aparatos de medida por coordenadas y aparatos de fabricación se requieren mediciones efectuadas en cuerpos de ensayo que registren las desviaciones más importantes del aparato de medida o del aparato de fabricación. Los cuerpos de ensayo de este tipo como patrones de referencia mecánicos son una alternativa económica frente a los patrones de referencia de medición, como por ejemplo los interferómetros. Aunque las mediciones con interferómetros proporcionan informaciones fiables acerca de la precisión de los aparatos examinados, en la práctica un procedimiento de este tipo exige un gasto de tiempo considerable, de modo que los intervalos de supervisión se suelen elegir muy largos, por ejemplo anuales. Las máquinas herramienta actuales y los autómatas industriales trabajan con unos rangos de tolerancias estrechos y presentan en parte un comportamiento de deriva, por lo que se requieren supervisiones más frecuentes. Los cuerpos de ensayo mecánicos permiten ensayos adicionales en intervalos de tiempo más cortos, también desde el punto de vista de la economía.

En función del ámbito de uso los cuerpos de ensayo responden a requisitos diferentes. En particular deberán garantizar unos resultados de medición fiables en el marco de las condiciones de medición estándar, esto es, a una temperatura entre - 20°C y + 70°C y una humedad del aire de entre el 0% y el 100%, para que se puedan utilizar en condiciones del entorno diferentes. Por otra parte las dimensiones que se pretende medir son en parte muy variables. Pueden abarcar, en la medición de aparatos grandes, desde unos pocos metros hasta más de 10 metros. Otro punto de vista es la flexibilidad y la movilidad del cuerpo de ensayo, por lo que se preferirá que un cuerpo de ensayo grande se pueda desmontar para su transporte y que tenga un peso lo más reducido posible, garantizando no obstante la exactitud de las mediciones efectuadas en el cuerpo de ensayo.

Un cuerpo de ensayo mecánico se describe en la patente DE 199 15 012 A1. Está formado por cuatro elementos formales de palpación y seis elementos de unión que se montan en forma de tetraedro, de modo que los elementos formales de palpación se ubican en las esquinas del tetraedro. Cada elemento de unión se encuentra entre dos elementos formales de palpación. Los materiales de este cuerpo de ensayo se eligen de modo que se obtenga un coeficiente de dilatación lineal, de un punto de palpación a otro punto de palpación, básicamente igual a cero. Para ello los elementos de unión tienen por su construcción una longitud igual, para ofrecer, debido a la forma especial del tetraedro, una estructura autoportante que mantenga los elementos formales de palpación en posiciones bien definidas. Un cuerpo de ensayo de este tipo se puede desmontar, los elementos formales de palpación están fabricados en acero o en vitrocerámica y los elementos de unión de un material ligero, en concreto de plástico reforzado con fibra de carbono (CFK), con lo que se garantiza una buena transportabilidad. En una forma de realización las uniones separables de los elementos formales de palpación con los elementos de unión se basan en fuerzas magnéticas.

Las piezas del tetraedro pueden estar también montadas de una forma tal que se puede disponer una serie de elementos de unión, uno detrás de otro, con un elemento formal de palpación entre cada uno de ellos y otro en cada uno de los dos extremos de la disposición lineal, con lo cual se forma una barra de bolas. Aquí se utilizan, dado el caso, hasta tres elementos formales de palpación adicionales. Los elementos formales de palpación pueden tener diseños diferentes dependiendo del ámbito de aplicación, por ejemplo en forma de una bola o de otra forma. Se pueden disponer puntos de palpación a distancias de un múltiplo entero de la distancia existente entre dos elementos formales de palpación contiguos, donde la distancia mínima está determinada por la longitud de uno solo de los elementos de unión de longitud idéntica, y la longitud máxima se sitúa en el séxtuplo de la distancia mínima.

Para colocar una barra de bolas así construida en el volumen de medición se necesita, por motivos de estabilidad y de ajuste, un dispositivo de fijación. Dicho dispositivo está formado, según el estado actual de la técnica en este caso, por alojamientos individuales sobre los que se colocan los elementos formales de palpación, aunque es necesario conseguir una orientación suficientemente lineal de la barra de bolas, con un error de alineación escaso.

La palpación en los elementos formales de palpación tiene lugar de forma táctil, esto es, se palpan mediante contacto directo, por ejemplo, con espigas de medición. No obstante, en el estado actual de la técnica se conocen también elementos que se miden mediante la luz. En general, un elemento de un cuerpo de ensayo que se puede medir se denomina aquí *target*. Para mediciones con sistemas táctiles se utilizan, por ejemplo, bolas de cromo o de acero inoxidable, y la determinación del punto medio de la bola tiene lugar mediante una medición de la bola. También los llamados *targets* de reajuste se pueden medir con sistemas táctiles, si bien aquí el punto medio de la bola se incorpora mediante un cono en el que se inserta una bola más pequeña con un diámetro definido, de modo que el punto medio del *target* se puede palpar directamente mediante una medición sencilla en un punto. Si la palpación tiene lugar con luz, para mediciones con sistemas fotogramétricos, se utilizan, por ejemplo, los llamados *retro-targets* o *targets* de teodolito. Finalmente, se pueden utilizar también prismas para mediciones con un seguidor de láser como *target*.

En el estado actual de la técnica se conocen también otras barras de bolas, donde los elementos formales de palpación son bolas construidas en cerámica y sujetas sobre un soporte, a distancias regulares, mediante elementos de muelle laminado unidos firmemente al soporte. La distancia exacta de las bolas está indicada aquí por tubos distanciadores de acero que se aprietan entre las bolas.

En el estado actual de la técnica se conoce un dispositivo de fijación para barras de bolas lineales con sujeciones fijas de las bolas y a distancias constantes entre las bolas, así como la utilización de alojamientos individuales independientes.

Otros cuerpos de ensayo conocidos, que registran dos o tres dimensiones del espacio, están equipados en forma de una placa de bolas o de un cuadrado de bolas, donde las distancias de las bolas entre sí están establecidas de modo fijo.

Los cuerpos de ensayo conocidos en el estado actual de la técnica tienen la desventaja de ser inflexibles, como consecuencia de las distancias establecidas entre las bolas, o bien resulta imposible utilizarlos como consecuencia de que el dispositivo de fijación es inapropiado para muchos fines.

En el dispositivo de fijación con sujeciones fijas de las bolas supone una desventaja el hecho de que las distancias entre las bolas están establecidas y son constantes, como consecuencia de la posición, fijada en el soporte, de los dispositivos de fijación de las bolas. Así pues, es imposible adaptar las distancias entre las bolas a los requisitos de medición en cada caso.

Si las bolas y las barras están sujetas por aprisionamiento se producen tensiones que pueden falsear el resultado de la medición, lo que supone una desventaja. También supone una desventaja la menor neutralidad frente a la temperatura si se utiliza el acero como material para los tubos distanciadores.

Si se coloca una barra de bolas en alojamientos individuales se deberá procurar una orientación suficientemente lineal de la barra de bolas, para obtener un error de alineación escaso, lo que se consigue de forma difícil y limitada si los alojamientos se tienen que ajustar de forma independiente unos de otros, y ello supone también una desventaja.

En el estado actual de la técnica, tal como se ha descrito anteriormente, sólo se conocen cuerpos de ensayo que presentan distancias fijas entre los *targets*. Aquí las distancias se establecen ya durante el proceso de construcción. En el caso de las barras de bolas con longitudes variables de los elementos de unión una construcción de este tipo es inestable y, por lo tanto no manejable, o bien es difícil de alinear y sólo se puede posicionar en el volumen de medición, en correspondencia con los requisitos, con un gran esfuerzo de ajuste.

Los cuerpos de ensayo variables que registran una o varias dimensiones, y un dispositivo de fijación consecuentemente estable para estos cuerpos de ensayo de configuración flexible, no se conocen en el estado actual de la técnica. En el estado actual de la técnica se conoce únicamente un dispositivo de fijación para barras de bolas lineales con sujeciones fijas de las bolas a distancias constantes entre las bolas, y la utilización de alojamientos individuales independientes.

La patente US 2003/0209051 A1 da a conocer un dispositivo de calibrado con un zócalo fijo y otro móvil. La patente US-A-6.023.850 da a conocer un cuerpo de ensayo con dos bolas y una barra.

Descripción de la invención

A la vista de las desventajas del estado actual de la técnica la invención está basada en el problema que supone ofrecer un cuerpo de ensayo variable y un dispositivo de fijación consecuente para un cuerpo de ensayo variable, que se ajustan uno al otro de modo que un cuerpo de ensayo variable de este tipo se pueda sujetar en el dispositivo de fijación.

Por una parte se deberá ofrecer un cuerpo de ensayo variable que sea flexible en su configuración, de modo que en el marco de un juego dado de *targets* y elementos de unión que permitan distancias entre los *targets* diferentes, al menos parcialmente (en otras palabras, que no den como resultado necesario distancias iguales entre todos los *targets*), se puedan componer diferentes cuerpos de prueba y que registre hasta tres dimensiones.

Por otra parte se deberá ofrecer un dispositivo de fijación para cuerpos de ensayo variables que sujete al menos un cuerpo de ensayo de este tipo, lo que deberá permitir el posicionamiento estable de los cuerpos de ensayo en el volumen de medición, con distancias entre los *targets* configurables de forma variable. Además un dispositivo de fijación de este tipo deberá garantizar posibilidades de acceso suficientes a los *targets* del cuerpo de ensayo para las mediciones, sean éstas táctiles o efectuadas por medio de luz.

El problema anteriormente mencionado se resuelve mediante un cuerpo de ensayo según la reivindicación 12.

Por otra parte la invención incluye un dispositivo de fijación para cuerpos de ensayo según la reivindicación 1.

Un cuerpo de ensayo según la invención se caracteriza por ser apropiado para su uso en el dispositivo de fijación conforme a la invención, y por permitir distancias variables entre los *targets*, permitiendo la adaptación del dispositivo de fijación, conforme a la invención, a cada cuerpo de ensayo y al mismo tiempo una posición estable y un manejo flexible del cuerpo de ensayo.

Un cuerpo de ensayo de este tipo, conforme a la invención, puede crear, en función de los requisitos, distancias diferentes entre los *targets*, adaptarse a las dimensiones del volumen de medición y registrar varias dimensiones. Por otra parte, en el ámbito de las tolerancias de fabricación, no tiene dilatación lineal térmica en condiciones estandarizadas, por lo que garantiza las distancias seleccionadas de los *targets*. La utilización, al menos parcial, del material de CFK para los elementos de unión tiene también la ventaja de ofrecer un cuerpo de ensayo ligero y, por tanto, fácil de manejar y de transportar y provisto de una sujeción segura en el dispositivo de fijación conforme a la invención.

Un dispositivo de fijación conforme a la invención se caracteriza porque puede sujetar un cuerpo de ensayo conforme a la invención. Tiene la ventaja de que al menos dos alojamientos se pueden desplazar a lo largo de al menos una guía, permitiendo que la posición de los alojamientos desplazables, dos al menos, se adapte a la posición de cada *target* del cuerpo de ensayo, con lo cual al menos un cuerpo de ensayo conforme a la invención se sujeta de forma segura. De este modo se facilita una colocación sencilla del cuerpo de ensayo en el volumen de medición, conservando la estabilidad del cuerpo de ensayo y las distancias entre los *targets*.

Por otra parte, el dispositivo de fijación conforme a la invención se caracteriza porque el soporte está fabricado en un material cuyo coeficiente de dilatación lineal $\alpha = \Delta L/L$ se sitúa en el ámbito de $\alpha = 0 \pm 20 \mu\text{m} / ^\circ\text{Cm}$, preferiblemente de $\alpha = 0 \pm 10 \mu\text{m} / ^\circ\text{Cm}$, y con especial preferencia de $\alpha = 0 \pm 1 \mu\text{m} / ^\circ\text{Cm}$. Aquí ΔL es la modificación de longitud en μm por cada $^\circ\text{C}$ de modificación de temperatura por la longitud L en m.

En función de los requisitos se puede utilizar más de un soporte. Por ejemplo, esto puede resultar necesario en caso de una ramificación de una barra de bolas, mencionada más adelante. Por otra parte, puede ser necesario sujetar más de un cuerpo de ensayo mediante un dispositivo de fijación. Por motivos de estabilidad puede resultar ventajoso que los alojamientos se dispongan con posibilidad de desplazamiento por más de una guía. Si los *targets* no se orientan sólo a lo largo de una recta, como ocurre por ejemplo con una barra de bolas, resulta ventajoso que se disponga sobre el soporte, y/o en éste, al menos otra guía, que permita un posicionamiento variable de los alojamientos en dos o más direcciones paralelas y/o diferentes.

En el caso de la barra de bolas formada por los componentes de un tetraedro se pueden utilizar, según la invención, longitudes diferentes, al menos parcialmente, de los elementos de unión, con el fin de configurar las distancias entre los *targets* de forma flexible y obtener así barras de bolas variables. Si se dispone, por ejemplo, de un juego n de elementos de unión de longitudes diferentes, y de $n + 1$ *targets*, la correspondiente selección y combinación de los elementos de unión permite obtener $n + n \cdot (n + 1)/2$ distancias diferentes entre los *targets*, mientras que un juego correspondiente que incluye elementos de unión de la misma longitud permite únicamente n distancias diferentes entre los *targets*. Pongamos, como ejemplo numérico, 6 elementos de unión y 7 *targets* en los juegos correspondientes, y en el caso de las longitudes variables de los elementos de unión se formarían 27 distancias diferentes entre los *targets*. En el caso de elementos de unión de la misma longitud serían sólo 6 distancias diferentes entre los *targets*, como hemos mencionado anteriormente.

Otras posibilidades de variación para un cuerpo de ensayo sobre la base de una barra de bolas consisten, según la invención, en seleccionar una disposición más general con la que, por medio de otro *target* y otros dos elementos de unión, se pueda formar también una ramificación lateral en una barra de bolas lineal, para registrar una segunda dimensión. Con otra ramificación se puede registrar la tercera dimensión. De esta manera se pueden representar de forma reproducible, por medio de las longitudes apropiadas de los elementos de unión en las ramificaciones, por ejemplo, ángulos bien definidos entre los *targets*. No obstante, estas ramificaciones alrededor del eje de la barra de bolas lineal no son estables y requieren la sujeción correspondiente.

Los elementos de unión de un cuerpo de ensayo variable no están obligatoriamente limitados, según la invención, a la unión de dos *targets* exactamente, sino que pueden unir también tres o más *targets* entre sí. Las posibilidades de variación de un cuerpo de ensayo de este tipo se basan, por una parte, en las diferentes posiciones del *target*, establecidas por los diferentes elementos de unión y, por otra parte, en las diferentes posibilidades de combinación de varios elementos de unión acoplados a través de los *targets*.

El dispositivo de fijación mencionado anteriormente se puede perfeccionar de la forma descrita a continuación.

En un perfeccionamiento se pueden desplazar varios asientos o todos ellos, con lo cual las posiciones de varios *targets* se vuelven variables. De este modo las barras de bolas formadas por barras de diferente longitud, al menos parcialmente, y por *targets*, se pueden componer y sujetar de tal modo que la posición de los alojamientos se adapta a la posición en cuestión de los *targets*.

En otro perfeccionamiento al menos uno de los alojamientos está unido sólidamente al soporte, aunque se pueden desplazar al menos dos alojamientos. De este modo se puede sujetar, por ejemplo, un cuerpo de ensayo, si al menos un alojamiento fijo recibe a uno de los *targets* y si al menos otros dos alojamientos se adaptan, mediante desplazamiento, a la posición del otro *target* determinada por el elemento de unión en cuestión. Con un dispositivo de fijación de este

ES 2 266 709 T3

tipo resulta posible sujetar, por ejemplo, barras de bolas variables de modo que al menos un *target* tenga una posición fija en relación al dispositivo de fijación.

- 5 En otro perfeccionamiento, el material del que está fabricado al menos un soporte tiene un coeficiente de dilatación lineal térmica $\alpha = \Delta L/L$ en el ámbito de $\alpha = 0 \pm 20 \mu\text{m} / ^\circ\text{Cm}$, preferiblemente de $\alpha = 0 \pm 10 \mu\text{m} / ^\circ\text{Cm}$, y con especial preferencia de $\alpha = 0 \pm 1 \mu\text{m} / ^\circ\text{Cm}$.

Otro perfeccionamiento consiste en que el material de al menos uno de los soportes sea material CFK.

- 10 Con la utilización de un material de este tipo se pueden conseguir, particularmente, unos coeficientes de dilatación lineal térmica de $\alpha = \Delta L/L = 0 \pm 0,1 \mu\text{m} / ^\circ\text{Cm}$. Un soporte de este tipo no tiene, fuera del marco de las tolerancias de fabricación, dilatación lineal térmica alguna en el ámbito de las condiciones estandarizadas.

- 15 En otro perfeccionamiento ventajoso del dispositivo de fijación, conforme a la invención, al menos un asiento está configurado de forma que al menos un *target* de un cuerpo de ensayo se sujeta mediante fuerzas magnéticas. Esto tiene la ventaja de que al menos un *target* se puede colocar sobre el alojamiento de forma rápida y sencilla, y de que éste se sujeta de forma segura.

- 20 Otro perfeccionamiento consiste en que al menos uno de los cuerpos de ensayo sujetos es una barra de bolas, y que el dispositivo de fijación garantiza un error de alineación tan escaso que la desviación de la distancia entre dos *targets* cualesquiera de una barra de bolas, respecto de la distancia correspondiente de la alineación geométricamente exacta, es menor que la incertidumbre de calibrado $U = 1,5 \mu\text{m} + 1,5 \mu\text{m} \cdot L/\text{m}$, siendo L la distancia entre dos *targets*. La incertidumbre de calibrado incluye un porcentaje constante y un porcentaje dependiente de la longitud. La incertidumbre de calibrado de un elemento de unión que posiciona dos *targets* a una distancia de, por ejemplo, 2
25 metros entre sí es, según esto, de $4,5 \mu\text{m}$. En esta realización se garantiza una orientación lineal suficientemente buena de los *targets*, de modo que las distancias entre dos *targets* cualesquiera de la barra de bolas son bien conocidas, en correspondencia con los requisitos.

- 30 En otro perfeccionamiento, el soporte, al menos uno, está formado por elementos independientes y estos elementos independientes se mantienen juntos por efecto de, al menos, una unión separable, de modo que se garantiza la reproducibilidad del dispositivo de fijación y, en particular, de modo que la exactitud de las distancias de los *targets* de un cuerpo de ensayo sujeto es menor, después de cualquier montaje del dispositivo de fijación, que la incertidumbre de calibrado $1,5 \mu\text{m} + 1,5 \mu\text{m} \cdot L/\text{m}$. En esta forma de realización los dispositivos de fijación de gran tamaño se pueden
35 desmontar para el transporte, volviéndose a montar de modo que las mediciones en los *targets* de los cuerpos de ensayo sujetos son reproducibles.

- Otro desarrollo ventajoso se obtiene si las posiciones de los *targets* de un cuerpo de ensayo sujeto, como consecuencia de los materiales apropiados y las geometrías apropiadas de los componentes del dispositivo de fijación, debido a las condiciones físicas del entorno, que varían en el marco de las condiciones de medición estandarizadas,
40 y/o por influjos mecánicos durante la utilización reglamentaria del dispositivo de fijación y de sus componentes, varían como máximo dentro de los límites de la incertidumbre de calibrado $1,5 \mu\text{m} + 1,5 \mu\text{m} \cdot L/\text{m}$.

- Otro desarrollo ventajoso se caracteriza porque la combinación de los alojamientos presenta al menos un grado de libertad de dirección, donde el grado de libertad en cuestión señala en dirección a la línea de unión de los *targets*
45 unidos, de modo que los *targets* y los elementos de unión no están sometidos a tensiones. Esto se consigue, por ejemplo, mediante una combinación de asientos de punto y de asientos en V. En su caso se puede utilizar también un alojamiento de superficie. Una disposición de este tipo se caracteriza porque se puede conseguir una estructura libre de tensiones del cuerpo de ensayo, y porque el cuerpo de ensayo se puede sujetar también sin tensiones. Finalmente, colocando el primer *target*, por ejemplo, sobre un asiento de punto, y acoplando a continuación de forma magnética
50 el elemento de unión al primer *target*, el segundo *target*, situado en un alojamiento en V, se puede también aproximar y acoplar, sin fuerza, al otro extremo del elemento de unión. De esta manera resulta posible asimismo añadir otros elementos de unión y *targets*, montándolos sobre el dispositivo de fijación para formar un cuerpo de ensayo mayor, como por ejemplo una barra de bolas. Con alojamientos de superficie se pueden realizar entonces ramificaciones libres de tensiones en una barra de bolas.

- 55 En otro desarrollo ventajoso el dispositivo de fijación incluye al menos una sujeción en la que el dispositivo de fijación se puede sujetar en el volumen de medición. En particular estas sujeciones pueden ser apropiadas, por ejemplo, para colocar el dispositivo de fijación en uno o en varios trípodes.

- 60 Los distintos perfeccionamientos se pueden utilizar con independencia unos de otros o combinados entre sí de forma apropiada.

- A continuación se describen otras formas de realización preferidas de la invención, haciendo referencia a los dibujos.

- 65 La figura 1 muestra una primera realización de un cuerpo de ensayo conforme a la invención, con un dispositivo de fijación conforme a la invención.

ES 2 266 709 T3

La figura 2 sirve para ejemplificar una forma especial de alojamientos para cuerpos de ensayo, donde el dispositivo de fijación y el cuerpo de ensayo no presentan todas las características de las reivindicaciones 1 y 12, y no están, por tanto, cubiertos por estas reivindicaciones.

5 La figura 3 sirve para ejemplificar el concepto de error de alineación de la orientación lineal de una barra de bolas.

La figura 4 muestra otra realización de un cuerpo de ensayo conforme a la invención en la forma de una barra de bolas con una ramificación.

10 Descripción de las formas de realización

La figura 1 muestra un cuerpo de ensayo conforme a la invención sobre un dispositivo de fijación conforme a la invención. El cuerpo de ensayo es en este ejemplo una barra de bolas, con dos elementos de unión 150 y tres *targets* 160, que se mantienen juntos de forma separable mediante fuerzas magnéticas. Aquí los elementos de unión y *targets* se pueden seleccionar entre un juego previamente dado, en el cual se dispone de al menos dos elementos de unión de longitudes diferentes, de modo que se obtienen distancias diferentes entre los *targets*. El dispositivo de fijación incluye un soporte 110 desmontable en elementos independientes, que a su vez se mantienen unidos mediante una unión separable 170, así como una guía 120 para los alojamientos 130, 140 sobre los que se encuentran los *targets*. Un alojamiento 140 está colocado fijamente en el soporte, de modo que la posición exacta del *target* que se encuentra sobre éste se conoce también en relación con el dispositivo de fijación. Dos alojamientos 130 se pueden desplazar, de manera que existe la posibilidad de adaptar la posición de los alojamientos a las longitudes de los elementos de unión, y las distancias y posiciones de los *targets* definidas de este modo. El material del soporte es un material de CFK.

Este material ha sido fabricado utilizando fibras de Tennax® UMS 252624K y resina con la denominación DIN L 160, así como agentes endurecedores con la denominación DIN H 163. De este modo se ha conseguido un coeficiente de dilatación lineal térmica de $|\alpha| = 0,1 \mu\text{m} / ^\circ\text{Cm}$.

En la figura 2 se representa una forma de realización ventajosa de los asientos. Aquí un *target* 260 de un cuerpo de ensayo asienta sobre un alojamiento de punto 230, con lo cual queda estabilizado en su posición. Otro *target* se encuentra en un alojamiento en V 240.

Entre los dos *targets* se dispone un elemento de unión 250.

Una disposición de este tipo se caracteriza porque se puede montar una estructura libre de tensión del cuerpo de ensayo, y porque el cuerpo de ensayo se sujeta sin tensiones. Al colocar el primer *target* sobre el asiento de punto, y al acoplar posteriormente mediante magnetismo el elemento de unión al primer *target*, finalmente se puede aproximar y acoplar también el segundo *target*, situado sobre el alojamiento en V, sin hacer fuerza, al otro extremo del elemento de unión. De esta manera resulta posible, además, añadir otros elementos de unión y *targets* reuniéndolos para construir un cuerpo de ensayo de mayor tamaño sobre el dispositivo de fijación.

La figura 3 aclara el concepto de error de alineación de una barra de bolas orientada linealmente. Aquí se representa, como ejemplo, al menos un detalle de una barra de bolas en la que el *target* 360c se desvía ligeramente de la alineación geoméricamente exacta. La distancia perpendicular D desde el *target* 360c a la recta de alineación se denomina error de alineación. Se plantea ahora la cuestión de la magnitud que el error de alineación D podrá tener como máximo para que la distancia $L_1 + L_2$ desde el *target* 360b y el *target* 360d se reduzca en no más que la incertidumbre de calibrado U en $L_1' + L_2'$, pues U es también determinante para la calidad de la barra de bolas y, por lo tanto, la variación de la distancia no debería ser mayor que U. La desviación máxima se produce si la distancia desde el *target* 360b al *target* 360c y la distancia del *target* 360c al *target* 360d son idénticas. Aceptamos que esta distancia es en cada caso $L = L_1 = L_2 = 0,5 \text{ m}$, esto es, una distancia desde el *target* 360b al *target* 360d de $2L = 1 \text{ m}$, donde la incertidumbre de calibrado de la distancia desde el *target* 360b al *target* 360d es aproximadamente $U = 3 \mu\text{m}$. Se da por hecho que $\frac{2L - 2L'}{2L}$ es $= U$. Del dibujo se deduce directamente que $D^2 + L'^2 = L^2$, de lo que resulta directamente que $L'/L = \sqrt{1 - D^2/L^2} \approx 1 - D^2/2L^2$, de modo que el error de alineación máximo viene dado por $D = \sqrt{2L(L - L')} = \sqrt{L \cdot U}$. Así pues, en el ejemplo numérico concreto se deberá cumplir la condición $D = 1,73 \text{ mm}$ en una longitud de un metro para que la modificación de la distancia entre el *target* 360b y el *target* 360d sea como máximo igual a la incertidumbre de calibrado. Este grado de exactitud se puede conseguir de forma reproducible también en dispositivos de fijación desmontables. Dado que la incertidumbre de calibrado y, por lo tanto, también el error de alineación máximo aumentan de forma proporcional con la longitud, esto es, ambos varían en una relación mutua constante, se puede conseguir también una exactitud suficiente con dimensiones sustancialmente mayores del cuerpo de ensayo y del dispositivo de fijación.

En la figura 4 se representa una barra de bolas con una ramificación. Una ramificación de este tipo es inestable frente a los giros alrededor del eje de la orientación lineal de la barra de bolas y, por lo tanto, tiene que ser estabilizada por un dispositivo de fijación conforme a la invención. Con una selección apropiada de las correspondientes longitudes de los elementos de unión los ángulos existentes entre las rectas de unión de los *targets* se pueden ajustar de forma diferente en el triángulo de la ramificación. Así, por ejemplo, con una relación entre los lados a:b:c de 3:4:5, el ángulo entre a y b es un ángulo recto. Esto es válido también si $a^2 + b^2 = c^2$. Si además, por ejemplo, $b = c/2$, el ángulo entre a y c es de 30° y el ángulo entre b y c es de 60° . En función de los requisitos se puede efectuar cualquier comprobación de, y en particular, una verificación de la ortogonalidad. En el caso más sencillo la propia barra de bolas puede estar formada por un único elemento de unión y dos *targets*, y aquí el añadido de una ramificación da como resultado un

ES 2 266 709 T3

cuerpo de ensayo triangular. Una ramificación de una barra de bolas incluye, además de la orientación lineal de la barra de bolas, una segunda dirección, y al añadir otras ramificaciones se pueden registrar otras direcciones. Sobre una disposición de este tipo y con un cuerpo de ensayo adaptado a los requisitos se pueden medir también de forma tridimensional, por ejemplo, volúmenes de medición alargados con una dirección predominante.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de fijación (100; 200) para cuerpos de ensayo variables compuestos por al menos dos *targets* (160; 260) y al menos un elemento de unión (150; 250), que incluye al menos un soporte (110; 210), al menos una guía (120; 220), que se dispone sobre al menos un soporte, y/o en éste, y alojamientos (130, 140; 230, 240) para los *targets* de al menos un cuerpo de ensayo, donde al menos dos alojamientos (130; 230) se pueden desplazar a lo largo de al menos una guía de tal modo que las posiciones de al menos dos alojamientos desplazables se pueden adaptar a las posiciones de al menos dos *targets* del cuerpo de ensayo, por lo que el dispositivo de fijación puede sujetar el cuerpo de ensayo después de la adaptación.
2. Dispositivo de fijación según la reivindicación 1, que incluye otros alojamientos desplazables para otros *targets* de al menos un cuerpo de ensayo.
3. Dispositivo de fijación según la reivindicación 1 ó 2, donde uno o varios alojamientos (140; 240) se disponen fijos en el soporte.
4. Dispositivo de fijación según una de las reivindicaciones anteriores, donde el material en el que está fabricado al menos un soporte tiene un coeficiente de dilatación lineal térmica en el ámbito de $\alpha = 0 \pm 20 \mu\text{m} / ^\circ\text{Cm}$, preferiblemente de $\alpha = 0 \pm 10 \mu\text{m} / ^\circ\text{Cm}$, y con especial preferencia de $\alpha = 0 \pm 1 \mu\text{m} / ^\circ\text{Cm}$.
5. Dispositivo de fijación según una de las reivindicaciones anteriores, donde el material del que está fabricado al menos un soporte incluye material de CFK.
6. Dispositivo de fijación según una de las reivindicaciones anteriores, donde al menos un asiento está configurado de tal modo que al menos un *target* de un cuerpo de ensayo está sujeto por fuerzas magnéticas.
7. Dispositivo de fijación según una de las reivindicaciones anteriores, donde al menos un cuerpo de ensayo es una barra de bolas y el dispositivo de fijación garantiza un error de alineación (D) tan escaso de la orientación lineal del *target* que la desviación de la distancia de dos *targets* cualesquiera de una barra de bolas, respecto de la distancia correspondiente de la alineación geoméricamente exacta, es menor que la incertidumbre de calibrado $1,5 \mu\text{m} + 1,5 \mu\text{m} \cdot L/m$, siendo L la distancia entre dos *targets*.
8. Dispositivo de fijación según una de las reivindicaciones anteriores, donde al menos un soporte (110; 210) está formado por elementos independientes y estos elementos independientes se mantienen juntos por efecto de, al menos, una unión separable (170), de modo que se garantiza la reproducibilidad del dispositivo de fijación y, en particular, de modo que la exactitud de las distancias de los *targets* de un cuerpo de ensayo sujeto es menor, después de cada montaje del dispositivo de fijación, que la incertidumbre de calibrado $1,5 \mu\text{m} + 1,5 \mu\text{m} \cdot L/m$, siendo L la distancia entre dos *targets*.
9. Dispositivo de fijación según una de las reivindicaciones anteriores, donde las posiciones de los *targets* de un cuerpo de ensayo sujeto, como consecuencia de los materiales apropiados y de las geometrías apropiadas de los componentes del dispositivo de fijación, por las condiciones físicas del entorno, que varían en el marco de las condiciones de medición estandarizadas, y/o por influjos mecánicos durante la utilización reglamentaria del dispositivo de fijación y de sus componentes, varían como máximo dentro de los límites de la incertidumbre de calibrado $1,5 \mu\text{m} + 1,5 \mu\text{m} \cdot L/m$, donde L es la distancia entre dos *targets*.
10. Dispositivo de fijación según una de las reivindicaciones anteriores, donde la combinación de los alojamientos (230, 240) presenta al menos un grado de libertad de dirección, de modo que los *targets* y los elementos de unión no están sometidos a tensiones.
11. Dispositivo de fijación según una de las reivindicaciones anteriores, que incluye, además, al menos una sujeción a la que se puede sujetar el dispositivo de fijación en el volumen de medición.
12. Cuerpo de ensayo variable, que incluye varios *targets* individuales y varios elementos de unión individuales de longitudes diferentes, al menos parcialmente, de modo que se consiguen distancias diferentes, al menos parcialmente, entre los *targets*, donde los *targets* y los elementos de unión están configurados de tal modo que se mantienen juntos por el efecto de fuerzas magnéticas, de modo que el cuerpo de ensayo tiene una estabilidad suficiente para mantenerse sujeto por un dispositivo de fijación según una de las reivindicaciones 1-11, y donde la elección apropiada del material de los *targets* y de los elementos de unión mantiene la modificación por causas térmicas de la distancia de los *targets* del cuerpo de ensayo dentro del marco de las tolerancias de medición.
13. Cuerpo de ensayo según la reivindicación 12 en forma de una barra de bolas, en la cual los *targets* están configurados como bola y los elementos de unión como barras.
14. Cuerpo de ensayo según una de las reivindicaciones 12-13, sujeto por al menos un dispositivo de fijación según una de las reivindicaciones 1-11.



