

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 769 304**

51 Int. Cl.:

B25J 9/16 (2006.01)

G05B 19/401 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.04.2012 E 12163426 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2019 EP 2647477**

54 Título: **Dispositivo para corrección de errores para máquinas CNC**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.06.2020

73 Titular/es:

**FIDIA S.P.A. (100.0%)
Corso Lombardia, 11
10099 San Mauro Torinese, IT**

72 Inventor/es:

**MORFINO, GIUSEPPE y
MIGNANI, AUGUSTO**

74 Agente/Representante:

MILTENYI , Peter

ES 2 769 304 T3

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

DESCRIPCIÓN

Dispositivo para corrección de errores para máquinas CNC

5 La presente invención se refiere a un método y a un dispositivo para determinar un error de posicionamiento de una máquina de control numérico computarizado (CNC), en particular, a un método y un dispositivo para determinar un error de posicionamiento de un cabezal de herramienta de la máquina CNC y/o mesa de máquina CNC.

10 El documento EP 1 549 459 enseña un método y un dispositivo para determinar un error de posicionamiento de un cabezal de herramienta de la máquina CNC o mesa de máquina, en donde una base de soporte está equipada con una pluralidad de sensores de distancia para determinar las coordenadas cartesianas de un calibre equipado con una bola. Con el fin de determinar el error de posicionamiento del cabezal de herramienta, la pluralidad de sensores de distancia miden las distancias respectivas con respecto a la bola. A continuación, el cabezal de herramienta o mesa realiza un movimiento angular mientras que al mismo tiempo la máquina realiza un movimiento contrario
15 circular o helicoidal de tal manera que la bola del calibre descanse en su posición. A continuación, la pluralidad de sensores de distancia mide las distancias respectivas con respecto a la bola de nuevo. Debido a un error de posicionamiento del cabezal de herramienta estas distancias pueden diferir. A continuación, la máquina debe de realizar un movimiento lineal con respecto a los ejes de coordenadas cartesianas de modo que la pluralidad de sensores de distancia mide las distancias originales de nuevo, mientras que al mismo tiempo la posición angular del
20 cabezal o mesa permanece fija. A partir de este movimiento de compensación, el error de posicionamiento del cabezal o mesa se puede determinar como los movimientos lineales que serán necesarios para compensar el error de posicionamiento del cabezal o mesa. El dispositivo del documento EP 1 549 459 tiene la desventaja de que el control de la máquina CNC tiene que ser capaz de leer y procesar los datos desde la pluralidad de sensores. Esto puede ser desventajoso cuando no hay ninguna interfaz común entre la pluralidad de sensores y la máquina CNC
25 disponibles, por ejemplo, porque ambos dispositivos fueron fabricados por diferentes fabricantes.

El documento WO 2006/079617 se refiere a un dispositivo para la calibración del punto central de la herramienta montada en un robot.

30 En vista de la técnica anterior, existe una necesidad de un método y dispositivo para determinar un error de posicionamiento de una máquina CNC, en particular, de un cabezal de herramienta de la máquina CNC y/o una mesa de máquina CNC, que funciona independientemente del control de la máquina CNC y, en particular, no requiere interfaz común con el control de la máquina CNC.

35 Es, por tanto, el objeto de la presente invención superar los inconvenientes antes mencionados de la técnica anterior.

La presente invención proporciona un método para determinar un error de posicionamiento de la máquina CNC, en donde la máquina CNC está equipada con un elemento de calibración, estando el elemento de calibración en una
40 primera posición, comprendiendo el método las etapas de leer primeros datos de sensor emitidos por al menos un sensor mientras que el elemento de calibración se encuentra en la primera posición, en la que los datos de sensor corresponden a una distancia entre un punto de la superficie del elemento de calibración y el al menos un sensor, o
45 en donde un elemento de contacto del al menos un sensor es desviado por el elemento de calibración y los datos de sensor corresponden a una distancia en la que se desvía el elemento de contacto, operar la máquina CNC para realizar un movimiento de calibración que idealmente, de acuerdo con el control CNC, deja al elemento de calibración en la primera posición,
leer de los segundos datos de sensor desde el al menos un sensor, el elemento de calibración se encuentra en una
50 segunda posición, en la que la segunda posición indica la posición real del elemento de calibración después de que el movimiento de calibración se ha realizado, hacer que el al menos un sensor se mueva de modo que la diferencia entre los primeros y segundos datos de sensor disminuye hasta que la diferencia se convierte en menos o igual a un valor umbral predeterminado, y determinar un error de posicionamiento de la máquina CNC basándose en el movimiento del al menos un sensor.

55 La máquina de control numérico computarizado (CNC) puede ser cualquier máquina CNC conocida en la técnica, en particular, una máquina herramienta y/o un robot. La máquina CNC puede operarse en el modo de giros a lo largo del punto central de la herramienta (*Rotations along Tool Center Point*, RTCP). La máquina CNC puede comprender un cabezal de herramienta, en particular, un cabezal giratorio, como un cabezal de fresado bi-giratorio. La máquina CNC puede comprender una mesa de máquina, en particular, una mesa de máquina móvil, como una mesa giratoria
60 y/o una mesa basculante giratoria. Un cabezal de herramienta y/o una mesa de máquina pueden estar equipados con el elemento de calibración.

Un cabezal de herramienta puede denotar una interfaz entre la máquina CNC y una herramienta, en particular, una
65 herramienta para la conformación, tal como fresado, taladrado o corte. Otras herramientas, como herramientas de medición o de prueba, también son posibles. Para llevar a cabo el método descrito anteriormente, es preferible sustituir una herramienta extraíble con el elemento de calibración. Sin embargo, también es posible utilizar la

herramienta en sí como el elemento de calibración, lo que es ventajoso si la herramienta no es extraíble o difícil de extraer.

5 Una mesa de máquina puede sostener y/o mover, en particular, girar, una pieza de trabajo. Para llevar a cabo el método descrito anteriormente, es preferible sustituir la pieza de trabajo con el elemento de calibración. El elemento de calibración se puede colocar en y/o fijarse a la mesa de máquina.

10 El elemento de calibración puede comprender una bola maciza o hueca, en particular, una bola fabricada de un material duro como metal. La bola puede tener la forma de una esfera, en donde la forma puede ser de gran precisión geométrica, pero no necesita ser geoméricamente perfecta. La bola se puede conectar al cabezal de herramienta por un cilindro. Otras formas del elemento de calibración son posibles. En particular, el elemento de calibración puede comprender un elipsoide y/o un cilindro.

15 El al menos un sensor puede ser un sensor, dos sensores, tres sensores, o más de tres sensores, que se pueden montar en una base de soporte común.

20 Uno o más de los sensores pueden ser un sensor de distancia que emite datos de sensor correspondientes a la distancia entre un punto en la superficie del elemento de calibración y el sensor. El sensor de distancia puede, en particular, ser un sensor que no está en contacto físico con el elemento de calibración. Por ejemplo, uno o más de los sensores puede(n) ser un sensor óptico, en particular, un sensor láser, un sensor acústico, en particular, un sensor ultrasónico, un sensor capacitivo, y/o un sensor inductivo.

25 Uno o más de los sensores puede(n) ser un sensor de punto de contacto y/o un indicador de cuadrante que comprende una porción desviable y una porción no desviable. La porción desviable puede comprender un elemento de contacto que está en contacto con el elemento de calibración, más específicamente, con un punto en la superficie del mismo. El uno o más sensores de puntos de contacto emiten datos de sensor que corresponden a una distancia en la que la porción desviable, en particular, el elemento de contacto del mismo, es desviada por el elemento de calibración, en particular, por un punto en la superficie del mismo. Un sensor de punto de contacto puede, en particular, comprender un eje de sensor geométrico a lo largo del que el elemento de contacto puede desviarse. A
30 continuación, el elemento de contacto se desvía por el punto en la superficie del elemento de calibración que está en el eje de sensor geométrico.

35 En una etapa del método el al menos un sensor emite los primeros datos de sensor, mientras que el elemento de calibración se encuentra en la primera posición. Es decir, los primeros datos de sensor representan la primera posición del elemento de calibración, en particular, el centro de una bola del mismo. Esta primera posición puede ser conocida por el control CNC, pero desconocida para el al menos un sensor. Sin embargo, no es necesario calcular la primera posición del elemento de calibración a partir de los primeros datos de sensor. En particular, no es importante qué punto en la superficie del elemento de calibración se toma para representar la primera posición. Esto tiene la ventaja de una mayor libertad en el posicionamiento del al menos un sensor. En particular, los sensores no necesitan situarse ortogonalmente. De hecho, ellos no necesitan colocarse de forma muy precisa.

45 En otra etapa del método, la máquina CNC se opera para realizar un único movimiento o una secuencia de movimientos que, de acuerdo con el control CNC, no moverían el elemento de calibración, en particular, el centro de una bola del mismo, de su primera posición. La máquina CNC se puede operar para hacer que un cabezal de herramienta y/o una mesa de máquina del mismo realice un único movimiento o una secuencia de movimientos que, de acuerdo con el control CNC, no moverían el elemento de calibración, en particular, el centro de una bola del mismo, desde su primera posición. La máquina CNC se puede operar en el modo de RTCP al realizar dicho movimiento o secuencia de movimientos. Tales movimientos pueden comprender giros alrededor de varios ejes. En particular, cuando el elemento de calibración comprende una bola, la primera posición puede representarse por el
50 centro de la bola por el control CNC. A continuación, un movimiento que no mueve el elemento de calibración desde su primera posición significa que el centro de la bola no se mueve. La bola puede, sin embargo, girar alrededor de cualquier eje que pasa por su centro. Si la bola está conectada a la máquina CNC, en particular a un cabezal de herramienta o a una mesa de la máquina del mismo, por un elemento, como un cilindro, dicho elemento en sí mismo puede moverse durante el movimiento.

55 Aunque idealmente, es decir, de acuerdo con el control de CNC, el elemento de calibración, en particular, el centro de una bola del mismo, no se ha movido durante el movimiento, en realidad se puede haber movido debido a un error de posicionamiento causado por un error geométrico mecánico de la máquina CNC, en particular, de un cabezal de herramienta o mesa de máquina del mismo. Es decir, la posición real del elemento de calibración, en particular, el centro de una bola del mismo, en este punto no se conoce ni para el control CNC, ni para el al menos un sensor. De hecho, el control CNC asume que la primera y segunda posiciones del elemento de calibración son las mismas.

65 En otra etapa del método, el al menos un sensor emite los segundos de datos de sensor, mientras que el elemento de calibración, en particular, el centro de una bola del mismo, se encuentra en una posición después del movimiento. El punto en la superficie del elemento de calibración puede ser un punto diferente o el mismo punto que el punto

correspondiente a los primeros datos de sensor. Los segundos datos de sensor representan la segunda posición del elemento de calibración, en particular, el centro de una bola del mismo.

5 En otra etapa del método, el al menos un sensor se mueve de manera que la diferencia, en particular, la diferencia absoluta, entre los primeros y segundos datos de sensor disminuye, compensando de este modo parcial o completamente el error de posicionamiento por el movimiento del sensor. Este movimiento se puede controlar en un tiempo de procesamiento o en tiempo real, y ajustarse en la retroalimentación. Como alternativa, este movimiento se puede calcular parcial o completamente de antemano a partir de los primeros y segundos datos de sensor, indicando los datos el movimiento del sensor que se puede almacenar para su posterior procesamiento.

10 El al menos un sensor puede comprender un elemento de movimiento para mover el al menos un sensor, o montarse en el elemento de movimiento. El al menos un sensor puede también montarse en una base de soporte que comprende un elemento de movimiento para mover la base de soporte, o montarse en el elemento de movimiento. En particular, al menos dos sensores, preferentemente al menos tres sensores, pueden montarse en una base de soporte común, que está equipada con un elemento de movimiento para mover la base de soporte y, por tanto, mover los sensores simultáneamente.

20 Cuando la diferencia, en particular, la diferencia absoluta, entre los primeros y segundos datos de sensor se vuelve menor o igual a un valor umbral, los datos de sensor actuales son iguales a los primeros datos de sensor dentro de un intervalo aceptable. El valor umbral puede ser la graduación y/o exactitud del al menos un sensor y/o el control de la máquina CNC. El valor umbral puede ser un porcentaje de los primeros datos de sensor, en particular 1 % o 0,1 % del mismo, o corresponder a un valor fijo, en particular, 10 μm , preferentemente 5 μm , o más preferentemente 3 μm . Cuanto menor sea el valor, más preciso será el resultado.

25 En otra etapa del procedimiento, el error de posicionamiento del cabezal de herramienta, en particular, el centro de una bola del mismo, con respecto al movimiento del cabezal de herramienta, en particular, el centro de una bola del mismo, se determina basándose en el movimiento del al menos un sensor. El movimiento del al menos un sensor puede ser una superposición de todos los movimientos que se han realizado de manera que los datos de sensor actuales son iguales a los primeros datos de sensor dentro del intervalo descrito anteriormente. Más específicamente, el error se puede determinar a partir de datos que indican el movimiento del al menos un sensor. Esto tiene la ventaja de que ninguna interfaz común entre el al menos un sensor y el control de la máquina CNC es necesaria para la determinación del error de posición.

35 El método puede comprender además las etapas de determinar, a partir de los primeros y segundos datos de sensor, en particular, de la diferencia de los mismos, una primera dirección de compensación, de tal manera que un movimiento del al menos un sensor en la primera dirección de compensación disminuirá la diferencia entre los primeros y segundos valores de sensor, y hacer que el al menos un sensor se mueva en la primera dirección de compensación.

40 Mediante la comparación de los primeros y segundos datos de sensor, en particular de la diferencia de los primeros y segundos datos de sensor, una dirección en la que la primera y segunda posiciones del elemento de calibración difieren puede determinarse. En otras palabras, a partir de la diferencia de los primeros y segundos datos de sensor, una dirección en la que el elemento de calibración se ha movido durante el movimiento puede determinarse. Esta dirección no tiene que ser la dirección exacta del vector de desplazamiento real del elemento de calibración con respecto al movimiento. Esto tiene la ventaja de que la medición no tiene que ser precisa. La primera dirección de compensación puede ser a continuación la dirección opuesta a dicha dirección, de modo que un movimiento del al menos un sensor en la primera dirección de compensación compensará total o parcialmente el vector de desplazamiento y, por lo tanto, disminuirá la diferencia, en particular, la diferencia absoluta, entre los primeros y segundos datos de sensor.

50 La etapa de determinar una primera dirección de compensación puede comprender la determinación de un vector de velocidad de manera que un movimiento correspondiente moverá el al menos un sensor en la primera dirección de compensación.

55 La etapa de determinar una primera dirección de compensación puede comprender además determinar un primer valor de compensación que puede indicar una distancia en la primera dirección de compensación, en la que la distancia puede corresponder a una distancia necesaria para compensar completa o parcialmente el vector de desplazamiento moviendo el al menos un sensor en la primera dirección de compensación.

60 El al menos un sensor puede ser obligado a moverse en la primera dirección de compensación para compensar total o parcialmente la diferencia entre los primeros y segundos datos de sensor, en donde el al menos un sensor puede ser obligado a moverse en dicha dirección durante un tiempo preestablecido. Este tiempo preestablecido puede ser un tiempo de procesamiento. Es decir, el movimiento en la primera dirección de compensación se iniciará y mantendrá hasta que una dirección de compensación diferente se determina basándose en los datos de sensor leídos posteriormente.

65

5 Como alternativa, el al menos un sensor puede ser obligado a moverse en dicha dirección en una distancia preestablecida o calculada. Una distancia preestablecida puede ser un incremento constante que puede ser igual para todos los movimientos de los sensores y, en particular, puede ser independiente de la primera dirección de compensación. Una distancia calculada puede ser el primer valor de compensación o calcularse basándose en el primer valor de compensación.

10 El método, en particular, la etapa obligada, puede comprender además la realización de un bucle cerrado que comprende las etapas de leer los datos de sensor actuales de al menos un sensor, determinar, a partir de los primeros datos de sensor y actuales, en particular, a partir de una diferencia del mismo, una dirección de compensación actual, de tal manera que un movimiento del al menos un sensor en la dirección de compensación actual disminuirá la diferencia, entre los primeros y segundos datos de sensor actuales, y hacer que el al menos un sensor se mueva en la dirección de compensación actual.

15 La etapa de leer los datos de sensor actuales puede implementarse como una primera etapa en el bucle, o como una etapa posterior en el bucle. En particular, en una primera ejecución del bucle, los datos de sensor actuales pueden ser los segundos datos de sensor.

20 Los datos de sensor del al menos un sensor pueden supervisarse de forma continua para que los datos de sensor actuales se lean continuamente. Los datos de sensor actuales pueden también leerse en ciertos intervalos de tiempo. Este intervalo de tiempo puede ser un tiempo de procesamiento, o una fracción del mismo, o un múltiplo del mismo. A partir de la diferencia entre los primeros y segundos datos de sensor actuales una dirección de compensación actual puede determinarse. La dirección de compensación actual puede ser una dirección opuesta a una dirección definida por la diferencia entre los primeros y actuales datos de sensor. Es decir, la dirección de compensación actual es una dirección que, al mover el al menos un sensor en dicha dirección, dará como resultado una disminución de la diferencia, en particular, la diferencia absoluta, entre los primeros y actuales datos de sensor.

25 La etapa de determinar una dirección de compensación actual puede comprender además determinar un valor de compensación actual lo que puede indicar una distancia necesaria para compensar total o parcialmente el vector de desplazamiento moviendo el al menos un sensor en la dirección de compensación actual.

30 El al menos un sensor puede ser obligado a moverse en la dirección de compensación actual durante un tiempo pre-establecido. Este tiempo pre-establecido puede ser un tiempo de procesamiento. Es decir, el movimiento en la dirección de compensación actual se iniciará y mantendrá hasta que una dirección de compensación diferente se determine en un bucle subsiguiente.

35 Como alternativa, el al menos un sensor puede moverse a una distancia preestablecida o calculada. Una distancia preestablecida puede ser un incremento constante que puede ser la misma para todos los movimientos de los sensores y, en particular, puede ser independiente de la dirección de compensación actual. Una distancia calculada puede ser el valor de compensación actual o calcularse basándose en el valor de compensación actual.

40 Durante y/o después del movimiento, los datos de sensor actuales pueden ser leídos de nuevo, y el bucle puede reiniciarse con los nuevos datos de sensor actuales. Al final del bucle, se puede determinar si la diferencia, en particular, la diferencia absoluta, entre los primeros y actuales datos de sensor cae por debajo de un valor umbral. Si es así, el bucle puede terminar.

45 El método, en particular, la etapa de determinar la primera y/o la dirección de compensación actual puede comprender la transformación de los datos de sensor en componentes con respecto a un sistema de coordenadas pre-determinado, en particular, un sistema de coordenadas ortogonal.

50 El al menos un sensor puede comprender un eje de sensor geométrico y los datos de sensor pueden corresponder a una distancia en el eje de sensor geométrico. En particular, el eje de sensor puede ser fijo. Un vector de desplazamiento correspondiente a la distancia en el eje de sensor geométrico se puede expresar a continuación en términos de un sistema de coordenadas pre-determinado. Este sistema de coordenadas puede ser un sistema de coordenadas ortogonal, preferentemente uno ortonormal, tal como un sistema de coordenadas cartesianas. El vector de desplazamiento adicional se puede descomponer en componentes con respecto al sistema de coordenadas.

55 En particular, cuando se utiliza un sistema de coordenadas cartesiano con coordenadas x , y y z , los datos de sensor se pueden expresar por tres componentes S_x , S_y , S_z , de manera que la distancia S en el eje de sensor geométrico satisface $S^2 = S_x^2 + S_y^2 + S_z^2$. Análogamente, cuando se utilizan al menos dos sensores, las respectivas distancias S_1 , S_2 , etc. en los respectivos ejes de sensor geométricos pueden expresarse en las coordenadas respectivas $S_{1,x}$, $S_{1,y}$, $S_{1,z}$, $S_{2,x}$, $S_{2,y}$, $S_{2,z}$, etc.

65 La lectura de los primeros, segundos y/o actuales datos de sensor puede comprender la lectura de los primeros, segundos y/o actuales datos de sensor a partir de al menos dos sensores y en donde la determinación de la primera y/o actual dirección de compensación puede comprender la determinación de componentes de un vector de velocidad con respecto al sistema de coordenadas pre-determinado, en particular, un sistema de coordenadas

ortogonal, de manera que un movimiento correspondiente del al menos un sensor disminuirá la diferencia absoluta entre los primeros y actuales datos de sensor.

5 En particular, la determinación del vector de velocidad puede comprender la ponderación de las componentes del vector de velocidad sobre la diferencia relativa entre las componentes de los primeros y actuales datos de sensor.

10 Como alternativa, la determinación de la primera y/o actual dirección de compensación puede comprender promediar los componentes respectivos de los al menos dos sensores, o la adopción del componente respectivo que tiene el mayor valor absoluto, o la adopción del componente respectivo que tiene el valor absoluto más bajo.

15 En particular, la lectura de los primeros, segundos y/o actuales datos de sensor puede comprender la lectura de los primeros, segundos y/o actuales datos de sensor de al menos tres sensores, y en donde la determinación de la primera y/o actual dirección de compensación puede comprender determinar componentes de un vector de velocidad con respecto al sistema de coordenadas pre-determinado, en particular, un sistema de coordenadas ortogonal, por lo que un movimiento correspondiente del al menos un sensor disminuirá la diferencia absoluta entre los primeros y actuales datos de sensor, en donde la determinación del vector de velocidad puede comprender la ponderación de las componentes del vector de velocidad sobre la diferencia relativa entre las componentes de los primeros y actuales datos de sensor de los sensores.

20 El valor umbral puede expresarse en términos del sistema de coordenadas, en particular, el valor umbral puede expresarse en términos de las componentes con respecto al sistema de coordenadas, o puede expresarse en términos de los datos de sensor. En otras palabras, el valor umbral se puede expresar directamente en términos de los datos de sensor, o en términos del sistema de coordenadas pre-determinado.

25 En particular, cuando se utiliza un sistema de coordenadas cartesianas, el valor umbral T puede ser expresado en componentes T_x , T_y , T_z con respecto a las coordenadas cartesianas x , y y z . A continuación, la condición de umbral puede expresarse como $S_x \leq T_x$, $S_y \leq T_y$ y $S_z \leq T_z$. El valor umbral T puede ser el mismo o diferente para cada sensor. Es decir, por ejemplo, para dos sensores, podemos tener las condiciones $S_1 \leq T_1$ y $S_2 \leq T_2$, en las que T_1 y T_2 pueden ser iguales o diferentes.

30 El al menos un sensor puede ser obligado a moverse por traslación a lo largo de al menos un eje de coordenadas del sistema de coordenadas. En particular, cuando se utiliza un sistema de coordenadas cartesianas, el al menos un sensor puede ser obligado a trasladarse a lo largo del eje x , y y z . El al menos un sensor puede comprender un elemento de movimiento, o fijarse a un elemento de movimiento, en donde el elemento de movimiento comprende al menos un motor, por ejemplo un motor eléctrico, en donde el al menos un motor está configurado para trasladar el al menos un sensor a lo largo del eje x , eje y o eje z . El elemento de movimiento puede comprender al menos tres motores, por ejemplo motores eléctricos, en donde al menos uno de los al menos tres motores está configurado para trasladar el al menos un sensor a lo largo del eje x , eje y , y eje z , respectivamente.

40 El al menos un sensor puede ser obligado a moverse a lo largo de cada uno de los ejes de coordenadas del sistema de coordenadas por separado. En otras palabras, los al menos tres motores pueden controlarse por separado.

45 Al menos dos sensores pueden ser obligados a moverse juntos, en particular, en donde los al menos dos sensores pueden estar fijados a una base de soporte común. Los al menos dos sensores pueden montarse en la base de soporte, en donde al menos dos sensores se pueden fijar a la base de soporte directamente o por medio de uno o más elementos, por ejemplo pedestales o zócalos. Los pedestales y/o zócalos pueden comprender uno o más cilindros. La base de soporte puede comprender un elemento de movimiento para mover la base de soporte y de ese modo también los al menos dos sensores.

50 Los al menos dos sensores se pueden disponer de modo que algunos ejes de sensor no son paralelos. En particular, los al menos dos sensores, en particular, al menos tres sensores, pueden disponerse de forma que al menos dos sensores de los mismos, en particular, al menos tres sensores, tienen ejes de sensor mutuamente no paralelos. Los al menos dos sensores pueden además disponerse de modo que todos los ejes de sensor sean mutuamente no paralelos.

55 Tres sensores pueden fijarse en los bordes de un triángulo imaginario formado paralelo a una superficie de la base de soporte, en donde cada uno de los sensores se dirige al centro del triángulo y se inclina contra la superficie de la base de soporte. Aquí imaginario significa que no tiene por qué ser un triángulo real indicado en o sobre la superficie. En particular, los tres sensores pueden fijarse en los bordes de un triángulo equilátero imaginario, en donde el elemento de calibración en su primera posición puede situarse sobre el centro del triángulo. Los tres sensores pueden estar inclinados contra la superficie por un ángulo de inclinación, en donde el ángulo puede estar en un intervalo de 40° a 80° , preferentemente de 50° a 70° o de 55° a 65° , o esencialmente de 60° , en donde esencialmente significa que el ángulo de inclinación puede ser diferente de 60° por un valor aceptable en el campo. Los ángulos de inclinación de los tres sensores pueden ser los mismos o diferentes. En particular, al menos uno de los tres sensores, preferentemente al menos dos de los tres sensores o los tres sensores, pueden apuntar al centro de una bola del elemento de calibración. Los tres sensores pueden apuntarse de manera que al menos dos de los

tres ejes de sensor formen un ángulo de al menos 90°. Los tres sensores pueden apuntarse de manera que los ejes de sensor de los tres ejes de sensores forman un ángulo mutuo de al menos 90°. Cuando se utiliza un sistema de coordenadas cartesianas, dos ejes de coordenadas pueden estar paralelos a la superficie de la base de soporte y un eje de coordenadas puede ser perpendicular a la superficie de la base de soporte. En particular, el eje de coordenadas perpendicular a la superficie, por ejemplo el eje z, puede representar una altura, mientras que el eje de coordenadas paralelo a la superficie, por ejemplo, el eje x y el eje y, pueden representar las dimensiones laterales.

El método puede comprender además emitir datos que indican el error de posicionamiento del cabezal de herramienta, en particular, en donde la emisión comprende uno cualquiera de visualizar, imprimir, transmitir, y/o guardar los datos. En particular, el error de posicionamiento determinado puede transformarse en datos legibles por un sistema informático, en particular, el sistema de operación del control CNC.

La invención proporciona además un método para mejorar la precisión de una máquina CNC, comprendiendo el método determinar un error de posicionamiento de la máquina CNC, en particular de un cabezal de herramienta y/o una mesa de la máquina del mismo, mediante la realización de una cualquiera de los métodos como se ha descrito anteriormente, y compensar el error de posicionamiento de la máquina CNC, en particular de un cabezal de herramienta y/o mesa de la máquina del mismo. Compensar el error de posicionamiento de la máquina CNC, en particular de un cabezal de herramienta y/o mesa de la máquina del mismo, puede comprender ajustar la programación de la máquina CNC basándose en el error de posicionamiento, y/o puede comprender además la introducción de datos que indican el error de posicionamiento del cabezal de herramienta en el control de la máquina CNC.

La invención proporciona además un dispositivo para determinar un error de posicionamiento de una máquina CNC, en el que un cabezal de herramienta de la máquina de CNC está equipado con un elemento de calibración, comprendiendo el dispositivo al menos un sensor, en donde al menos un sensor se configura para emitir los datos de sensor, en donde los datos de sensor corresponde a una distancia entre un punto en la superficie del elemento de calibración y el al menos un sensor, o en donde un elemento de contacto del al menos un sensor es desviado por el elemento de calibración y los datos de sensor corresponden a una distancia en la que se desvía el elemento de contacto, un elemento de movimiento para mover el al menos un sensor, y una unidad de control para el procesamiento de los datos de sensor recibidos desde el al menos un sensor, y para controlar el elemento de movimiento, en donde la unidad de control está configurada para recibir los primeros y segundos datos de sensor, emitir datos de accionamiento al elemento de movimiento que hacen donde el elemento de movimiento mueva el al menos un sensor de modo que la diferencia entre los primeros y segundos datos de sensor disminuye hasta que la diferencia se convierte en menos o igual que un valor umbral, y determinar un error de posicionamiento del cabezal de herramienta basándose en el movimiento del al menos un sensor.

La máquina CNC puede ser cualquier máquina CNC como es conocida y utilizada en el campo, en particular, una máquina herramienta y/o un robot. La máquina CNC se puede operar en el modo de giros a lo largo del punto central de la herramienta (RTCP). La máquina CNC puede comprender un cabezal de herramienta, en particular, un cabezal giratorio como un cabezal de fresado bi-giratorio. La máquina CNC puede comprender una mesa de máquina, en particular, una mesa de máquina móvil, como una mesa giratoria y/o una mesa basculante giratoria. Un cabezal de herramienta y/o una mesa de máquina pueden estar equipados con un elemento de calibración.

Un cabezal de herramienta puede denotar una interfaz entre la máquina CNC y una herramienta, en particular, una herramienta para la conformación, tal como fresado, taladrado o corte. Otras herramientas, como herramientas de medición y/o de prueba, también son posibles. Una mesa de máquina podrá poseer y/o trasladar y/o girar una pieza de trabajo.

La máquina CNC, en particular, un cabezal de herramienta y/o mesa de la máquina del mismo, está equipado con un elemento de calibración, en donde el elemento de calibración puede ser un elemento utilizado solo con la finalidad de calibrar la máquina CNC y/o determinar un error de posicionamiento de la máquina CNC, en particular, de un cabezal de herramienta y/o una mesa de la máquina del mismo. El elemento de calibración puede también ser una herramienta en sí.

El al menos un sensor puede ser un sensor, dos sensores, tres sensores, o más de tres sensores, que se pueden montar en una base de soporte común.

Uno o más de los sensores pueden ser un sensor de distancia que emiten datos de sensor correspondientes a la distancia entre un punto en la superficie del elemento de calibración y el sensor, en donde el sensor de distancia puede, en particular, ser un sensor que no está en contacto físico con el elemento de calibración. Por ejemplo, uno o más de los sensores puede ser un sensor óptico, un sensor acústico, un sensor capacitivo, y/o un sensor inductivo.

Uno o más de los sensores pueden ser un sensor de punto de contacto y/o un indicador de cuadrante que comprende una porción desviable y una porción no desviable. La porción desviable puede comprender un elemento de contacto que está en contacto con el elemento de calibración, más específicamente un punto en la superficie del

mismo. El uno o más sensores de puntos de contacto emiten datos de sensor que corresponden a una distancia en la que la porción desviable, en particular, el elemento de contacto del mismo, es desviada por el elemento de calibración, en particular, por un punto en la superficie del mismo. Un sensor de punto de contacto puede, en particular, comprender un eje de sensor geométrico a lo largo del que el elemento de contacto puede desviarse. A continuación, el elemento de contacto se desvía por el punto en la superficie del elemento de calibración que está en el eje de sensor geométrico.

El elemento de movimiento puede estar fijado al, al menos un, sensor, o fijado a una base de soporte, en donde el al menos un sensor se puede montar en dicha base de soporte.

La unidad de control puede comprender medios de procesamiento para procesar los datos de sensor y/u otros datos. La unidad de control puede comprender además medios de almacenamiento para capturar datos y/o almacenar datos de forma permanente. La unidad de control puede comprender además una interfaz de entrada para recibir datos de sensor desde el al menos un sensor, en donde el al menos un sensor puede comunicarse con la unidad de control a través de una conexión por cable y/o una conexión inalámbrica, y/o recibir otros datos y/o instrucciones. La unidad de control puede comprender además una interfaz de salida para emitir datos al elemento de movimiento, en donde el elemento de movimiento se puede comunicar con la unidad de control a través de una conexión por cable y/o conexión inalámbrica, y/o la unidad de salida y/u otras unidades.

La unidad de control puede recibir primeros y segundos datos de sensor, mientras que el elemento de calibración se encuentra en una primera y segunda posiciones del elemento de calibración, respectivamente, en donde la primera posición se puede referir a una posición inicial, es decir, una posición antes de un movimiento del elemento de calibración. La segunda posición del elemento de calibración puede referirse a una posición subsiguiente después de un movimiento del elemento de calibración, en particular, un movimiento que idealmente, que está de acuerdo con el control CNC, deja el elemento de calibración en una posición fija. Los primeros y segundos datos de sensor pueden recibirse a través de la interfaz de entrada.

La unidad de control puede calcular, a partir de los primeros y segundos datos de sensor, en particular, a partir de una diferencia de los mismos, una dirección en la que el al menos un sensor se puede mover de manera que la diferencia, en particular, la diferencia absoluta, entre los primeros y segundos datos de sensor disminuye, y emitir datos de movimiento en consecuencia al elemento de movimiento. Esta emisión de datos de movimiento se puede realizar a través de la interfaz de salida.

La unidad de control se puede configurar para realizar uno cualquiera de los métodos como se ha descrito anteriormente.

En particular, la unidad de control se puede configurar para realizar una etapa de determinación, a partir de los primeros y segundos datos de sensor, en particular, de la diferencia de los mismos, una primera dirección de compensación, en donde el movimiento del al menos un sensor en el primera dirección de compensación disminuirá la diferencia, en particular, la diferencia absoluta, entre los primeros y segundos valores de los sensores, y hacer que el al menos un sensor se mueva en la primera dirección de compensación.

La unidad de control puede además configurarse para realizar un bucle cerrado que comprende las etapas de determinar, a partir de los primeros y actuales datos de sensor, en particular, de la diferencia de los mismos, una dirección de compensación actual, en donde el movimiento del al menos un sensor en la dirección de compensación actual disminuirá la diferencia, en particular, la diferencia absoluta, entre los primeros y actuales valores de los sensores, haciendo que el al menos un sensor se mueva en la dirección de compensación actual, y leer los datos de sensor actuales del al menos un sensor.

La unidad de control se puede configurar para transformar los datos de sensor en componentes con respecto a un sistema de coordenadas pre-determinado, en particular, un sistema de coordenadas ortogonal.

La unidad de control se puede configurar para leer los primeros, segundos y/o actuales datos de sensor de al menos dos sensores, en particular, de al menos tres sensores, y en donde la determinación de la primera y/o actual dirección de compensación puede comprender determinar componentes de un vector de velocidad con respecto al sistema de coordenadas pre-determinado, en particular, un sistema de coordenadas ortogonal, de manera que un movimiento correspondiente del al menos un sensor disminuirá la diferencia absoluta entre los primeros y actuales datos de sensor.

La unidad de control se puede configurar adicionalmente para expresar el valor umbral en términos del sistema de coordenadas, en particular, el valor umbral puede expresarse en términos de las componentes con respecto al sistema de coordenadas, o para expresar el valor umbral en términos de los datos de sensor.

Por otra parte, la unidad de control se puede configurar para emitir datos de movimiento haciendo que el elemento de movimiento mueva el al menos un sensor por traslación a lo largo de al menos un eje de coordenadas del sistema de coordenadas.

El dispositivo puede comprender además una unidad de salida configurada para emitir datos de error correspondientes al error de posicionamiento del cabezal de herramienta, en el que la salida comprende uno cualquiera de visualización, impresión, transmisión y/o guardar los datos de error.

5 La unidad de salida puede ser un dispositivo de visualización, un dispositivo de impresión, un dispositivo de transmisión y/o un dispositivo de almacenamiento, y/o puede estar conectado a un dispositivo de visualización, un dispositivo de impresión, un dispositivo de transmisión y/o un dispositivo de almacenamiento. El dispositivo de salida también puede ser conectado a la máquina CNC.

10 Al menos un sensor puede ser un sensor de puntos de contacto, un indicador de cuadrante, un sensor de luz, un sensor láser, un sensor ultrasónico, un sensor capacitivo, y/o un sensor inductivo.

El elemento de movimiento puede comprender al menos un motor, en particular, al menos un electro-motor. El elemento de movimiento, en particular, un motor del elemento de movimiento, puede mover el al menos un sensor por traslación a lo largo de al menos un eje de coordenadas de un sistema de coordenadas, en particular, un sistema de coordenadas ortogonal. En particular, el al menos un sensor puede estar montado en una base de soporte y el al menos un motor puede mover la base de soporte y de ese modo el al menos un sensor por traslación a lo largo de al menos un eje de coordenadas de un sistema de coordenadas, en particular, un sistema de coordenadas ortogonal.

20 El elemento de movimiento puede comprender al menos dos motores, en donde los al menos dos motores pueden controlarse por separado, en particular, en donde el elemento de movimiento puede mover el al menos un sensor y/o la base de soporte por traslación a lo largo de al menos dos ejes de coordenadas por separado. Los motores pueden configurarse para mover el al menos un sensor y/o la base de soporte directamente o a través de engranajes. Los motores pueden situarse a una distancia con respecto al, al menos un, sensor y/o base de soporte y comprender ejes de engranaje que se conectan al, al menos, un sensor y/o base de soporte.

El elemento de movimiento puede configurarse para mover al menos dos sensores juntos, en particular, en donde al menos dos sensores están fijados a una base de soporte común. El elemento de movimiento puede también configurarse para mover la base de soporte y de este modo los al menos dos sensores.

Los al menos dos sensores pueden disponerse de modo que algunos ejes de sensores no son paralelos. En particular, los dos sensores menos importantes, en particular, al menos tres sensores, pueden disponerse de forma que al menos dos sensores de los mismos, en particular, al menos tres sensores, tienen ejes de sensor mutuamente no paralelos. Los al menos dos sensores pueden disponerse además de modo que todos los ejes de sensor sean mutuamente no paralelos.

Tres sensores pueden fijarse en los bordes de un triángulo imaginario formado paralelo a una superficie de la base de soporte, en donde cada uno de los sensores se dirige al centro del triángulo y se inclina contra la superficie de la base de soporte. Aquí imaginario significa que no tiene por qué ser un triángulo real indicado en o sobre la superficie. En particular, los tres sensores pueden fijarse en los bordes de un triángulo equilátero imaginario, en donde el elemento de calibración en su primera posición puede situarse sobre el centro del triángulo. Los tres sensores pueden estar inclinados contra la superficie por un ángulo de inclinación, en donde el ángulo puede estar en un intervalo de 40° a 80°, preferentemente 50° a 70° o 55° a 65°, o esencialmente 60°, en donde esencialmente significa que el ángulo de inclinación puede ser diferente de 60° por un valor aceptable en el campo. Los ángulos de inclinación de los tres sensores pueden ser iguales o diferentes. En particular, al menos uno de los tres sensores, preferentemente al menos dos de los tres sensores o los tres sensores, pueden apuntar al centro de una bola del elemento de calibración. Los tres sensores pueden apuntarse de manera que al menos dos de los tres ejes de sensores forman un ángulo de al menos 90°. Los tres sensores pueden apuntarse manera que los ejes del sensor de los tres ejes de sensores forman un ángulo mutuo de al menos 90°. Cuando se utiliza un sistema de coordenadas cartesianas, dos ejes de coordenadas pueden ser paralelos a la superficie de la base de soporte y un eje de coordenadas puede ser perpendicular a la superficie de la base de soporte. En particular, el eje de coordenadas perpendicular a la superficie, por ejemplo el eje z, puede representar una altura, mientras que el eje de coordenadas paralelo a la superficie, por ejemplo, eje x y eje y, puede representar dimensiones laterales.

El elemento de calibración puede comprender una bola. La bola puede conectarse al cabezal de herramienta a través de un elemento, en particular, un cilindro. La bola puede formarse de un material duro, por ejemplo un metal.

La presente invención se describirá por medio de algunas realizaciones preferidas, proporcionadas como ejemplos no limitativos, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la Figura 1 muestra una vista esquemática de un dispositivo para determinar un error de posicionamiento de un cabezal de herramienta de una máquina CNC;
- la Figura 2A muestra un diagrama de flujo de un método para determinar un error de posicionamiento de un cabezal de herramienta de una máquina CNC;
- la Figura 2B muestra el error de posicionamiento del elemento de calibración y las deflexiones de sensor de

acuerdo en un ejemplo cartesiano bidimensional;

- la Figura 2C muestra las componentes de las diferencias entre los primeros y segundos datos de sensor actuales en un ejemplo cartesiano bidimensional; y
- la Figura 2D muestra un ejemplo de un algoritmo en un ejemplo cartesiano bidimensional.

5 Con referencia a la Figura 1, un dispositivo para determinar un error de posicionamiento de una máquina CNC, más específicamente de un cabezal de herramienta 101 de la misma, equipado con un elemento de calibración 102 comprende al menos un sensor 103, una unidad de control 105, y un elemento de movimiento 106. El dispositivo puede comprender además una base de soporte 104 y/o una unidad de salida 107. Como alternativa, la máquina CNC puede comprender una mesa de máquina equipada con un elemento de calibración 102.

10 El cabezal de herramienta 101 de la máquina representa una interfaz entre la máquina CNC y una herramienta, en el que la herramienta puede ser reemplazable. La herramienta puede ser una herramienta para la conformación, por ejemplo, corte, fresado, taladrado, o para la medición y/o pruebas.

15 El elemento de calibración 102 puede ser un elemento utilizado explícitamente para determinar un error de posicionamiento y/o de otro modo la calibración del cabezal de herramienta CNC, o el elemento de calibración 102 puede ser la propia herramienta. El primero es preferible porque la forma de una herramienta puede hacer que sea difícil determinar un error de posicionamiento fiable del cabezal de herramienta 101. Este último puede ser ventajoso si la herramienta no es extraíble o difícil de extraer del cabezal de herramienta 101. En el presente ejemplo, el elemento de calibración 102 tiene la forma de una bola que se conecta al cabezal de herramienta a través de un elemento cilíndrico. Esta bola 102 se forma preferentemente de un material duro, como metal. La bola 102 puede ser sólida o hueca.

25 El número de sensores 103 puede ser uno, dos, tres, o más de tres. En el presente ejemplo, se utilizan tres sensores 103-1, 103-2 y 103-3. Los sensores 103 pueden montarse en una base de soporte 104, en donde se puede fijar en las esquinas de un triángulo imaginario, en particular, un triángulo equilátero en la superficie de la base de soporte 104, o en paralelo a la superficie. Los sensores 103 pueden también situarse en zócalos, pedestales o similares, que pueden fijarse a la superficie de la base de soporte 104. Los sensores 103 pueden tener una porción cilíndrica a lo largo de un eje de sensor geométrico. En particular, pueden comprender una porción estacionaria, en particular, no desviable, cuya posición a lo largo del eje de sensor geométrico es fija. Los sensores pueden comprender además una porción que es móvil, en particular, desviable, a lo largo del eje del sensor, tal como un cabezal de sensor. Los sensores 103 pueden, en particular, ser sensores de punto de contacto, en donde el cabezal del sensor comprende un elemento de contacto que está en contacto con un punto en la superficie de la bola 102. Más específicamente, el elemento de contacto está en contacto con el punto en la superficie de la bola 102 y en el eje de sensor que está más próximo a la porción estacionaria del sensor 103. Los sensores 103 pueden inclinarse contra la superficie de la base de soporte 104 por un ángulo de inclinación. El ángulo puede ser el mismo para cada sensor 103, o diferentes. El ángulo puede estar en el intervalo de 40° a 80°, preferentemente 50° a 70°, más preferentemente 55° a 65°. Bajo un ángulo de inclinación superior, la bola 102 puede estar más accesible para los sensores 103. En particular, esto permite un posicionamiento fácil de la bola 102 y un movimiento libre de colisión del cabezal de herramienta 101. Los ángulos de inclinación de los sensores 103 pueden elegirse de modo que los ángulos mutuos entre los ejes de los sensores 103 sean de al menos 90°. Los sensores 103 pueden disponerse para apuntar mutuamente hacia el centro de una bola 102. Los tres ejes de sensor de los sensores 103 pueden formar un ángulo mutuo de al menos 90°. La base de soporte 104 puede comprender una porción cilíndrica. Por otra parte, la base de soporte 104 puede comprender un zócalo, pedestales o similares, para el montaje de los sensores 103. La base de soporte 104 puede comprender también medios de ajuste para ajustar la altura y/o la posición lateral de los sensores 103, y/o medios de fijación para la fijación de la altura y/o la posición lateral de los sensores.

50 La unidad de control 105 puede comprender medios de procesamiento para procesar los datos recibidos de los sensores 103 y/o los datos recibidos de otra manera. La unidad de control 105 puede comprender además medios de almacenamiento para cachear (*caching*) o almacenar datos. Los medios de almacenamiento pueden incluir memoria volátil y/o memoria persistente. La información que representa la disposición geométrica de los sensores 103, por ejemplo, la orientación espacial de sus ejes de sensor, se puede guardar en la memoria. La unidad de control 105 puede comprender una interfaz de entrada para la recepción de datos, en particular, datos de sensor de los sensores 103. La interfaz de entrada puede incluir una pluralidad de entradas. En particular, los sensores 103 pueden estar conectados a la interfaz de entrada por separado. Los sensores 103 pueden estar conectados a la interfaz de entrada por conexión por cable y/o una conexión inalámbrica. La interfaz de entrada puede servir también para introducir instrucciones en la unidad de control 105 y/o actualizar la unidad de control 105. La unidad de control 105 puede comprender además una interfaz de salida para la salida de datos. La interfaz de salida puede conectarse al elemento de movimiento 106. Esta conexión puede ser una conexión por cable y/o una conexión inalámbrica. La interfaz de salida puede estar conectado además a una unidad de salida 107. Esta conexión puede ser también una conexión por cable y/o una conexión inalámbrica.

65 El elemento de movimiento 106 puede comprender uno, dos, tres, o más de tres motores, preferentemente motores eléctricos. En particular, el elemento de movimiento 106 puede comprender tres motores que están configurados

5 para trasladar la base de soporte 104 a lo largo de cada uno de los tres ejes de coordenadas x, y, y z de un sistema de coordenadas cartesianas. Las tres traslaciones diferentes pueden controlarse abordado los tres motores separado. Los tres motores pueden conectarse a la unidad de control 105, en particular, a una interfaz de salida de la misma, por separado o en conjunto. El elemento de movimiento 106 puede fijarse a los sensores 103 directamente y/o a la base de soporte 104.

10 La unidad de salida 107 puede comprender una pantalla, una impresora, un transmisor, y/o un dispositivo de almacenamiento, y/o estar conectado a una pantalla, una impresora, un transmisor, y/o un dispositivo de almacenamiento. La unidad de salida 107 puede también poder conectarse al control de la máquina CNC. El dispositivo de salida 107 puede conectarse a la unidad de control 105, en particular, la interfaz de salida de la misma.

15 En el funcionamiento del dispositivo al menos uno de los sensores 103, preferiblemente cada uno de los sensores 103, emite datos de sensor mientras la bola 102 se encuentra en una posición dada. Es decir, los datos de sensor representan la posición actual de la bola 102, sin determinar necesariamente la posición real de la bola 102. Los datos de sensor se transfieren a continuación a la unidad de control 105, en particular, a una interfaz de entrada de la misma.

20 La unidad de control 105 recibe los datos de sensor de los sensores 103, en particular, a través de una interfaz de entrada. La unidad de control 105, en particular, los medios de procesamiento de la misma, determina si los datos de sensor satisfacen ciertas condiciones. En particular, la unidad de control 105 puede examinar si la diferencia, en particular, la diferencia absoluta, entre los datos de sensor tomados en dos momentos diferentes cae por debajo de un valor umbral. La unidad de control 105, en particular, los medios de procesamiento de la misma, puede determinar los datos de movimiento a partir de los datos de sensor. Los datos de movimiento y/o los datos de sensor se pueden capturar y/o guardarse dentro de la unidad de control 105, en particular, dentro de los medios de almacenamiento de la misma. Los datos de movimiento pueden comprender tres comandos separados para los tres motores del elemento de movimiento 106. La unidad de control 105 puede transmitir los datos de movimiento al elemento de movimiento 106, en particular, a través de la interfaz de salida.

30 El elemento de movimiento 106 recibe los datos de movimiento de la unidad de control 105, en particular, a través de una interfaz de salida de la misma. Los datos de movimiento pueden comprender comandos para al menos uno de los motores. En particular, los datos de movimiento pueden comprender comandos para tres motores que están configurados para trasladar los sensores 103 y/o la base de soporte 104 a lo largo de los ejes cartesianos. Los comandos para un motor pueden comprender instrucciones para trasladar los sensores 103 y/o la base de soporte 35 104 a lo largo del eje respectivo en una dirección hacia delante, en una dirección hacia atrás, para revertir la traslación, y/o para detener la traslación. Los comandos para un motor pueden comprender además instrucciones para trasladar el sensor 103 y/o la base de soporte 104 con una cierta velocidad y/o en una cierta distancia.

40 Después de que el elemento de movimiento 106 ha movido los sensores 103 y/o la base de soporte 104 de acuerdo con los datos de movimiento emitidos por la unidad de control 105, los sensores 103 emiten los nuevos datos de sensor. La unidad de control 105, en particular, la interfaz de entrada de la misma, recibe los nuevos datos de sensor de los sensores 103 y compara la diferencia, en particular, la diferencia absoluta, entre los nuevos datos de sensor y los datos de sensor anteriores, en particular, de los datos de sensor que representan una posición inicial de la bola 102, con un valor umbral. Si no se cumple el valor umbral, los nuevos datos de movimiento se determinan y emiten para el elemento de movimiento 106. Si se cumple el valor umbral, la unidad de control 105, en particular, los medios de procesamiento de la misma, determina un error de posicionamiento del cabezal de herramienta de los datos de movimiento capturados y/o almacenados. En un sistema de coordenadas cartesianas, el error de posicionamiento (D_x , D_y , D_z) puede ser la suma de los datos de movimiento correspondientes a los movimientos que eran necesarios para mover los sensores 103 y/o la base de soporte 104 con el fin de cumplir con el valor 50 umbral.

55 La unidad de control 105 puede emitir el error de posicionamiento a la unidad de salida 107. La unidad de salida 107 puede visualizar, imprimir, transmitir, y/o guardar el error de posicionamiento. La unidad de salida 107 puede también entrar el error de posicionamiento en el control de la máquina CNC.

Los sensores 103, la base de soporte 104, la unidad de control 105, el elemento de movimiento 106, y/o la unidad de salida 107 pueden ser unidades y/o elementos separados, o puede ser parte de la misma unidad y/o elemento del dispositivo.

60 Con referencia a la Figura 2A, un método para determinar un error de posicionamiento de un cabezal de herramienta de una máquina CNC comprende las etapas de leer primero los datos de sensor 210, mover el cabezal de herramienta 220, leer los datos de sensor actuales 230, determinar la diferencia entre los primeros y actuales datos de sensor 240, comprobar si un valor umbral se cumple 250, y en respuesta a la comprobación 250, determinar una dirección de compensación 260 y mover el sensor en la dirección de compensación 270, o determinar un error de 65 posicionamiento 280.

En la etapa 210, se leen los primeros datos de sensor $S(t_0)$, es decir, los datos de sensor en un momento t_0 . Los primeros de datos de sensor representan la primera posición del elemento de calibración 102 que está conectado al cabezal de herramienta 101. La primera posición corresponde a una posición inicial del elemento de calibración 102, es decir, antes de que el cabezal de herramienta 101 se mueva con el fin de determinar un error de posicionamiento del mismo. La primera posición es conocida por el control de la máquina CNC, pero desconocida por la unidad de control 105. El control de CNC puede operar en coordenadas cartesianas y establece la primera posición en $(0, 0, 0)$, en donde la primera posición puede corresponder a un punto de referencia predeterminado sobre o en el elemento de calibración 102, en particular, el centro de una bola. Sin embargo, no es necesario que la unidad de control 105 determine la primera posición. En el caso de tres sensores 103-1 a 103-3, los primeros datos de sensor $S(t_0)$ comprenden los primeros datos de sensor $S_1(t_0)$, $S_2(t_0)$, y $S_3(t_0)$ de los sensores 103-1, 103-2, y 103-2, respectivamente. Cada uno de los datos de sensor $S_1(t_0)$, $S_2(t_0)$, y $S_3(t_0)$ puede tener componentes con respecto a un sistema de coordenadas pre-determinado. Si se usan las coordenadas cartesianas, los primeros datos de sensor $S_1(t_0)$ del sensor 103-1 puede tener componentes $S_{1,x}(t_0)$, $S_{1,y}(t_0)$, y $S_{1,z}(t_0)$ con respecto a los ejes de coordenadas cartesianas x , y , y z . Del mismo modo, $S_2(t_0)$ y $S_3(t_0)$ pueden tener componentes $S_{2,x}(t_0)$, $S_{2,y}(t_0)$, $S_{2,z}(t_0)$, $S_{3,x}(t_0)$, $S_{3,y}(t_0)$, y $S_{3,z}(t_0)$. Las componentes cartesianas de los primeros datos de sensor pueden determinarse a partir de la dirección conocida de los sensores, es decir, la dirección del eje de sensor geométrico, por cálculos trigonométricos, como se conoce en la técnica. Sin embargo, en las realizaciones de la presente invención puede ser innecesario determinar las componentes cartesianas de los primeros datos de sensor.

En la etapa 220, el CNC se hace funcionar para mover el cabezal de herramienta 101 de manera que el elemento de calibración 102 permanece en una posición teóricamente fija. Es decir, de acuerdo con el control CNC este movimiento de calibración no cambia la posición del punto de referencia del elemento de calibración 102. Sin embargo, el elemento de calibración 102 puede en sí moverse. En particular, si el elemento de calibración 102 comprende una bola cuyo centro es el punto de referencia, el movimiento de calibración deja el centro de la bola en la posición fija, mientras la bola todavía puede girar alrededor de cualquier eje que pasa por su centro. En otras palabras, el CNC asume que después del movimiento de calibración, el punto de referencia se encuentra todavía en la primera posición, por ejemplo $(0, 0, 0)$. Debido a un error de posicionamiento de la máquina CNC, en particular, del cabezal de herramienta, el elemento de calibración puede sin embargo estar en una segunda posición que difiere de la primera posición. Si se utilizan las coordenadas cartesianas x , y y z , dicha segunda posición se puede expresar como (D_x, D_y, D_z) . Esta segunda posición no es conocida ni para el control de la máquina CNC, que todavía asume la posición $(0, 0, 0)$ en lugar de (D_x, D_y, D_z) , ni por la unidad de control 105. Un objeto del presente método es determinar D_x, D_y , y D_z .

En la etapa 230, se leen los datos de sensor actuales $S(t_i)$, es decir, datos de sensor en un momento $t_i > t_0$. Si el tiempo t_i corresponde a un tiempo $t_1 > t_0$ antes de que los sensores se hayan movido, los datos de sensor actuales $S(t_1)$ son los segundos datos de sensor que representan la segunda posición del elemento de calibración 102, que es, la posición del elemento de calibración 102 después del movimiento de calibración. La segunda posición del elemento de calibración 102 se corresponde con el error de posicionamiento (D_x, D_y, D_z) del cabezal de herramienta y es desconocida. En el caso de tres sensores 103-1 a 103-3, los datos de sensor actuales $S(t_i)$ comprenden los datos de sensor actuales $S_1(t_i)$, $S_2(t_i)$, y $S_3(t_i)$ de los sensores 103-1, 103-2, y 103-2, respectivamente. Cada uno de los datos de sensor $S_1(t_i)$, $S_2(t_i)$, y $S_3(t_i)$ puede tener componentes con respecto a un sistema de coordenadas pre-determinado. Si se usan coordenadas cartesianas, los primeros datos de sensor $S_1(t_i)$ del sensor 103-1 pueden tener componentes $S_{1,x}(t_i)$, $S_{1,y}(t_i)$, y $S_{1,z}(t_i)$ con respecto a las coordenadas de los ejes cartesianos x , y , y z . Del mismo modo, $S_2(t_i)$ y $S_3(t_i)$ pueden tener componentes $S_{2,x}(t_i)$, $S_{2,y}(t_i)$, $S_{2,z}(t_i)$, $S_{3,x}(t_i)$, $S_{3,y}(t_i)$, y $S_{3,z}(t_i)$. Las componentes cartesianas de los datos de sensor actuales se pueden determinar a partir de la dirección conocida de los sensores, es decir, la dirección del eje de sensor geométrico, por cálculos trigonométricos, como se conoce en la técnica. Sin embargo, en las realizaciones de la presente invención puede ser innecesario determinar las componentes cartesianas de los datos de sensor actuales.

En la etapa 240, la diferencia actual $D(t_i) = S(t_0) - S(t_i)$ entre los primeros y actuales datos de sensor se determina. En el caso de tres sensores 103-1 a 103-3, la diferencia actual $D(t_i)$ puede comprender las tres diferencias $D_1(t_i) = S_1(t_0) - S_1(t_i)$, $D_2(t_i) = S_2(t_0) - S_2(t_i)$, y $D_3(t_i) = S_3(t_0) - S_3(t_i)$. En particular, la diferencia $D(t_i)$ puede tener componentes cartesianas $D_{1,x}(t_i)$, $D_{1,y}(t_i)$, $D_{1,z}(t_i)$, $D_{2,x}(t_i)$, $D_{2,y}(t_i)$, $D_{2,z}(t_i)$, $D_{3,x}(t_i)$, $D_{3,y}(t_i)$, y $D_{3,z}(t_i)$, en la que $D_{1,x}(t_i) = S_{1,x}(t_0) - S_{1,x}(t_i)$ y así sucesivamente. Las componentes cartesianas de $D(t_i)$ se pueden determinar directamente a partir de las componentes cartesianas de $S(t_i)$, o como alternativa, mediante la transformación de las diferencias $D_1(t_i)$, $D_2(t_i)$, y $D_3(t_i)$ en vectores de desplazamiento a lo largo de los ejes geométricos de los sensores 103-1, 103-2 y 103-3, respectivamente y, a continuación, determinar las componentes cartesianas de los respectivos vectores de desplazamiento de la dirección conocida de los sensores, es decir, la dirección del eje de sensor geométrico, por cálculos trigonométricos, como se conoce en la técnica. Sin embargo, en realizaciones de la presente invención puede ser innecesario determinar las componentes cartesianas de la diferencia actual. Los signos de $D_1(t_i)$, $D_2(t_i)$, y $D_3(t_i)$ determinan si, en el momento t_i , el sensor correspondiente se desvía más o se desvía menos que en el momento t_0 .

En la etapa 250, se leen los datos de sensor actuales y la diferencia $D(t_i)$, en particular, la diferencia absoluta $|D(t_i)|$, entre los datos de sensor actuales y los primeros datos de sensor se compara con un valor umbral T . Si se cumple el umbral, es decir, si la diferencia $D(t_i)$, en particular, la diferencia absoluta $|D(t_i)|$, es menor o igual que el valor umbral

T , el error de posicionamiento se determina en la etapa 280. Si el umbral T no se cumple, es decir, si la diferencia $D(t)$, en particular, la diferencia absoluta $|D(t)|$, es mayor que el valor umbral T , el método pasa a la etapa 260. En particular, el valor umbral T puede tener componentes cartesianas T_x , T_y , y T_z . La condición de umbral puede comprender a continuación las condiciones como $|D_{1,x}(t)| \leq T_x$, y lo mismo para las otras componentes. También posible requerir diferentes valores de umbral T_1 , T_2 , y T_3 para los tres sensores 103-1, 103-2, y 103-3. En este caso la condición de umbral puede comprender condiciones como $|D_{1,x}(t)| \leq T_{1,x}$, y de manera similar para las otras componentes. Como alternativa, la condición de umbral se puede comprobar por la suma de ciertos componentes de la diferencia $D(t)$. Por ejemplo, la condición de umbral puede ser evaluada como la suma de la diferencia $D_1(t)$, $D_2(t)$, $D_3(t)$ de los sensores 103-1, 103-2, 103-3 con respecto a cada componente cartesiano por separado. En este caso, la condición de umbral puede comprender condiciones como $|D_{1,x}(t)| + |D_{2,x}(t)| + |D_{3,x}(t)| \leq T_x$, y lo mismo para las otras componentes. En otro ejemplo, la condición de umbral puede ser evaluada como la suma de las componentes cartesianas $D_x(t)$, $D_y(t)$, $D_z(t)$ de la diferencia con respecto a cada sensor 103-1, 103-2, 103-3 separado. En este caso, la condición de umbral puede comprender las condiciones como $|D_{1,x}(t)| + |D_{1,y}(t)| + |D_{1,z}(t)| \leq T_1$, y de manera similar para los otros sensores. Las combinaciones de los ejemplos descritos anteriormente son también posibles. En particular, la condición de umbral puede comprender la condición $|D_{1,x}(t)| + |D_{1,y}(t)| + |D_{1,z}(t)| + |D_{2,x}(t)| + |D_{2,y}(t)| + |D_{2,z}(t)| + |D_{3,x}(t)| + |D_{3,y}(t)| + |D_{3,z}(t)| \leq T$.

En la etapa 260, se determina una dirección de compensación. Esta determinación se puede basar en las diferencias $D_1(t)$, $D_2(t)$, $D_3(t)$, o en sus componentes cartesianas $D_{1,x}(t)$, $D_{1,y}(t)$, $D_{1,z}(t)$, $D_{2,x}(t)$, $D_{2,y}(t)$, $D_{2,z}(t)$, $D_{3,x}(t)$, $D_{3,y}(t)$, y $D_{3,z}(t)$. La dirección de compensación puede representarse por un vector de velocidad $V(t) = (V_x(t), V_y(t), V_z(t))$, en donde las componentes $V_x(t)$, $V_y(t)$, y $V_z(t)$ representan las velocidades a lo largo del eje x, eje y, y eje z, respectivamente, con las que los sensores se moverán en la etapa 270. Aquí, los signos de $V_x(t)$, $V_y(t)$, y $V_z(t)$ determinan la dirección del movimiento a lo largo del eje respectivo, es decir, una traslación hacia delante o hacia atrás, mientras que su valor absoluto determina la velocidad de la traslación a lo largo del eje respectivo. Las componentes de velocidad $V_x(t)$, $V_y(t)$, $V_z(t)$ pueden determinarse a partir de las diferencias $D_1(t)$, $D_2(t)$, $D_3(t)$ como sigue:

$$V_x(t) = K_{1,x} \cdot D_1(t) + K_{2,x} \cdot D_2(t) + K_{3,x} \cdot D_3(t),$$

$$V_y(t) = K_{1,y} \cdot D_1(t) + K_{2,y} \cdot D_2(t) + K_{3,y} \cdot D_3(t),$$

$$V_z(t) = K_{1,z} \cdot D_1(t) + K_{2,z} \cdot D_2(t) + K_{3,z} \cdot D_3(t),$$

en donde los factores cinemáticos K son la relación entre la dirección de compensación y el movimiento del sensor. Los factores K pueden ser constantes. En particular, el factor K de un sensor es constante cuando se fija la orientación espacial de su eje de sensor. Por otra parte, los factores K pueden conocerse, o pueden determinarse como sigue:

$$K_{1,x} = A \cdot D_{1,x}(t) / D_1(t); \quad K_{1,y} = A \cdot D_{1,y}(t) / D_1(t); \quad K_{1,z} = A \cdot D_{1,z}(t) / D_1(t);$$

$$K_{2,x} = B \cdot D_{2,x}(t) / D_2(t); \quad K_{2,y} = B \cdot D_{2,y}(t) / D_2(t); \quad K_{2,z} = B \cdot D_{2,z}(t) / D_2(t);$$

$$K_{3,x} = C \cdot D_{3,x}(t) / D_3(t); \quad K_{3,y} = C \cdot D_{3,y}(t) / D_3(t); \quad K_{3,z} = C \cdot D_{3,z}(t) / D_3(t);$$

en donde A , B y C son factores de escala relacionados con la solución constructiva del sistema cinemático que mueve los sensores 103. En particular, A , B y C pueden representar factores de escala que la unidad de control aplica cuando calcula los datos de movimiento. Esto puede ser ventajoso si los sensores 103-1, 103-2, 103-3 tienen diferentes ganancias. Los factores de escala A , B y C pueden ser iguales o diferentes. Los factores cinemáticos, por ejemplo K_1 , pueden comprender factores de ponderación $D_{1,x}(t) / D_1(t)$, $D_{1,y}(t) / D_1(t)$, y $D_{1,z}(t) / D_1(t)$, que representan la contribución relativa de una componente de diferencia $D_{1,x}(t)$, $D_{1,y}(t)$, y $D_{1,z}(t)$ a la diferencia global $D_1(t)$ del sensor 103-1, y lo mismo para los otros sensores. Esto asegura que la dirección de compensación $V(t)$, como se ha determinado anteriormente, apunta en una dirección correspondiente a diferencia de sensor global más alta relativa y por lo tanto está más cerca del desplazamiento real de la bola 102 debido a un error de posicionamiento del cabezal de herramienta 101. Si los factores K son conocidos, una determinación de las componentes cartesianas de los datos de sensor $S(t_0)$, $S(t)$ y/o $D(t)$ puede omitirse. Como alternativa, los factores K pueden obtenerse mediante el empleo de una medición de referencia, por ejemplo, los factores K pueden obtenerse a partir de los primeros datos de sensor, es decir, $K_{1,x} = A \cdot S_{1,x}(t_0) / S_1(t_0)$, etc. Una determinación de las componentes cartesianas de $S(t)$ y/o $D(t)$, puede a continuación omitirse.

En la etapa 270, los sensores 103-1, 103-2, 103-3 y/o la base de sensor 104 se mueven de acuerdo con el vector de

velocidad $V(t) = (V_x(t), V_y(t), V_z(t))$. Es decir, los sensores 103-1, 103-2, 103-3 y/o la base de sensor (104) se trasladan a lo largo del eje x con una velocidad $V_x(t)$, a lo largo del eje y con una velocidad $V_y(t)$, y a lo largo del eje z con una velocidad $V_z(t)$. Esto da como resultado un movimiento en la dirección de compensación que se determina en la etapa 260 y, de ese modo, compensa parcial o totalmente la diferencia $D(t)$. En el caso cuando el elemento de movimiento 106 comprende tres motores que están configurados para trasladar los sensores 103-1, 103-2, 103-3 y/o el sensor de base 104 a lo largo de los tres ejes cartesianos, respectivamente, las componentes de velocidad $V_x(t)$, $V_y(t)$, y $V_z(t)$ pueden transformarse en datos de control respectivos indicando una traslación hacia delante y hacia atrás con una velocidad respectiva, y directamente introducida en los respectivos motores.

El método vuelve a continuación a la etapa 230 en donde los nuevos datos de sensor actuales $S(t_{i+1})$ se leen en un tiempo $t_{i+1} > t_i$, y una nueva diferencia $D(t_{i+1}) = S(t_i) - S(t_{i+1})$ se determina en la etapa 240. Debido al hecho de que los factores cinemáticos K en la dirección de compensación $V(t)$, los Factores de ponderación comprenden, tal como se describe en la etapa 260, la nueva diferencia $D(t_{i+1})$ será menor que la diferencia anterior $D(t_i)$, es decir, $|D(t_{i+1})| < |D(t_i)|$. Por lo tanto, el proceso converge en cada bucle. En la etapa 250, se comprueba si la diferencia $D(t_{i+1})$ coincide con el valor umbral T . Si se cumple el valor umbral, el método pasa a la etapa 280. Si no se cumple el valor umbral, una dirección de compensación $V(t_{i+1})$ se determina a partir de la diferencia $D(t_{i+1})$ en la etapa 260, y los sensores 103 y/o la base 104 se mueven en consecuencia. La diferencia $\Delta T = t_{i+1} - t_i$ se denomina tiempo de procesamiento Y puede, por ejemplo, ser de 1 ms. El tiempo de procesamiento ΔT es preferentemente una constante, en particular, una constante pre-ajustable. Sin embargo, también es posible que el tiempo de procesamiento ΔT sea variable.

En la etapa 280, el error de posicionamiento se determina basándose en los movimientos de los sensores 103 que fueron necesarios para cumplir con el umbral en la etapa 250. El error de posicionamiento puede determinarse por la superposición de todos los datos de movimiento, comenzando con el movimiento del sensor después de la lectura de los segundos datos de sensor. Las componentes cartesianas (D_x , D_y , D_z) del error de posicionamiento se pueden obtener mediante la adición de todas las componentes de los datos de movimiento. A modo de ejemplo, si n etapas fueron necesarias para cumplir con el valor umbral, es decir, $|D(t_n)| \leq T$ se satisface, el error de posicionamiento puede determinarse como sigue:

$$D_x = (V_x(t_1) + \dots + V_x(t_{n-1})) \cdot \Delta t,$$

$$D_y = (V_y(t_1) + \dots + V_y(t_{n-1})) \cdot \Delta t,$$

$$D_z = (V_z(t_1) + \dots + V_z(t_{n-1})) \cdot \Delta t.$$

Como alternativa, un valor $C(t) = (C_x(t), C_y(t), C_z(t)) = (V_x(t) \cdot \Delta T, V_y(t) \cdot \Delta T, V_z(t) \cdot \Delta T)$ que indica el movimiento de compensación puede ser calculado y almacenado en cada bucle, por ejemplo, en la etapa 260. A continuación, para el ejemplo mencionado anteriormente, el error de posicionamiento puede determinarse como sigue:

$$D_x = C_x(t_1) + \dots + C_x(t_{n-1}), \quad D_y = C_y(t_1) + \dots + C_y(t_{n-1}), \quad D_z = C_z(t_1) + \dots + C_z(t_{n-1}).$$

Como alternativa, el valor $C(t)$ que indica el movimiento de compensación puede determinarse de forma recursiva, es decir, $C(t) = C(t_{i-1}) + V(t) \cdot \Delta T$, en cada bucle, por ejemplo en la etapa 260. A continuación, para el ejemplo mencionado anteriormente, el error de posicionamiento puede determinarse como

$$D_x = C_x(t_{n-1}), \quad D_y = C_y(t_{n-1}), \quad D_z = C_z(t_{n-1}).$$

Puesto que el error de posicionamiento se determina a partir de los datos correspondientes a todos los movimientos de los sensores 103-1, 103-2, 103-3 que fueron necesarios para satisfacer la condición de umbral, los valores de los sensores S_1 , S_2 y S_3 no tiene que ser muy precisa. De hecho, el método funcionará siempre que, al menos en algún momento t , las diferencias convergan, es decir $|D(t_{i+1})| < |D(t_i)|$ se cumple para todos los $t_i > t$ hasta que se cumpla la condición de umbral. De esta manera, incluso las influencias perjudiciales, como sacudidas o vibraciones que pueden romper la convergencia temporalmente, no afectarán el resultado del método.

La Figura 2B ilustra la posición del elemento de calibración 102 y la desviación de los sensores 103 en el caso de dos sensores 103-1 y 103-2 en dos dimensiones. Una generalización al caso de tres o más sensores es obvia. Una generalización al caso de dos sensores en tres dimensiones también es obvia.

En la etapa 210, el elemento de calibración 102 está en su primera posición, por ejemplo $(0, 0)$, y los sensores 103-1

y 103-2 proporcionan los primeros datos de sensor correspondientes a la primera posición del elemento de calibración 102.

5 En la etapa 220, el elemento de calibración 102 se mueve como se ha descrito anteriormente. En particular, de acuerdo con el control de CNC, el elemento de calibración 102 está en la misma posición que en la etapa 210, que es, $(0, 0)$. Debido a un error de posicionamiento de la máquina CNC, sin embargo, el elemento de calibración se encuentra ahora en un punto (Dx, Dy) .

10 En la etapa 230, los segundos datos de sensor se leen de los sensores 103-1 y 103-2 y, en la etapa 240, las diferencias D_1 y D_2 entre los primeros y segundos datos de sensor de sensor 103-1, y 103-2, respectivamente, se determinan. Las diferencias D_1 y D_2 representan los vectores de desplazamiento de los elementos de contacto de los sensores 103-1, 103-2, respectivamente. Las componentes cartesianas $D_{1,x}$, $D_{1,y}$, $D_{2,x}$ y $D_{2,y}$ de D_1 y D_2 se representan en la Figuran 2C. Sin embargo, una determinación de $D_{1,x}$, $D_{1,y}$, $D_{2,x}$ y $D_{2,y}$ se puede omitir si se fijan las orientaciones espaciales de los ejes de sensor, es decir, si las direcciones a las que los sensores apuntan no cambian durante el procedimiento.

La Figura 2D ilustra un ejemplo de un algoritmo para el ejemplo con dos sensores 103-1 y 103-2. A partir de los primeros valores de sensor almacenados $S_1(t_0)$, $S_2(t_0)$ y los valores de sensor actuales $S_1(t)$, $S_2(t)$ las diferencias $D_1(t)$ y $D_2(t)$ se calculan para los sensores 103-1 y 103-2, respectivamente, como se ha descrito anteriormente en esta memoria. A continuación, de la diferencia $D_1(t)$, $D_2(t)$ y los factores conocidos $K_{1,x}$, $K_{2,x}$ la componente x $V_x(t)$ del vector de velocidad $V(t)$ se determina como $V_x(t) = K_{1,x} \cdot D_1(t) + K_{2,x} \cdot D_2(t)$, y, análogamente, de la diferencia $D_1(t)$, $D_2(t)$ y los factores $K_{1,y}$, $K_{2,y}$ la componente y $V_y(t)$ del vector de velocidad $V(t)$ se determina como $V_y(t) = K_{1,y} \cdot D_1(t) + K_{2,y} \cdot D_2(t)$. A continuación, en este bucle, es decir, para la duración del tiempo de procesamiento Δt , un primer motor configurado para trasladar la base 104 a lo largo del eje x será operado para trasladar la base 104 a lo largo del eje x con la velocidad $V_x(t)$, y un segundo motor configurado para trasladar la base 104 a lo largo del eje y será operado para trasladar la base 104 a lo largo del eje y con la velocidad $V_y(t)$, en donde los signos de $V_x(t)$ y $V_y(t)$ determinan una traslación hacia delante o hacia atrás a lo largo del eje respectivo, y los valores absolutos de $V_x(t)$ y $V_y(t)$ determinan la velocidad de la respectiva traslación hacia delante/hacia atrás.

REIVINDICACIONES

1. Un método para determinar un error de posicionamiento de una máquina CNC, en donde la máquina CNC está equipada con un elemento de calibración (102), estando el elemento de calibración (102) en una primera posición, comprendiendo el método las etapas de:
 5 leer (210) primero datos de sensor emitidos por al menos un sensor (103) mientras que el elemento de calibración (102) se encuentra en la primera posición,
 en donde los datos de sensor corresponden a una distancia entre un punto en la superficie del elemento de calibración (102) y el al menos un sensor (103), o
 10 en donde un elemento de contacto del al menos un sensor (103) es desviado por el elemento de calibración (102) y los datos de sensor corresponden a una distancia en la que se desvía el elemento de contacto;
 operar (220) la máquina CNC para realizar un movimiento de calibración que idealmente, de acuerdo con el control CNC, deja el elemento de calibración (102) en la primera posición;
 leer (230) los segundos datos de sensor emitidos por el al menos un sensor (103) mientras que el elemento de calibración (102) se encuentra en una segunda posición, en la que la segunda posición indica la posición real del
 15 elemento de calibración (102) después de que el movimiento de calibración se ha realizado;
 hacer que el al menos un sensor (103) se mueva de modo que la diferencia entre los primeros y segundos datos de sensor disminuye hasta que la diferencia se convierte en menos que o igual a un valor umbral predeterminado; y
 determinar (280) un error de posicionamiento de la máquina CNC basándose en el movimiento del al menos un
 20 sensor (103).
2. El método de la reivindicación 1, que comprende además las etapas de:
 determinar (260), a partir de los primeros y segundos datos de sensor, en particular, la diferencia de los mismos, una
 25 primera dirección de compensación, de tal manera que un movimiento del al menos un sensor (103) en la primera dirección de compensación disminuirá la diferencia entre los primeros y segundos datos de sensor; y
 hacer (270) que el al menos un sensor (103) se mueva en la primera dirección de compensación.
3. El método de la reivindicación 2, que comprende además realizar un bucle cerrado que comprende las etapas de:
 leer (230) los datos de sensor actuales del al menos un sensor (103);
 30 determinar (260), a partir de los primeros y actuales datos de sensor, en particular, a partir de la diferencia de los mismos, una dirección compensación actual, de tal manera que un movimiento del al menos un sensor (103) en la dirección de compensación actual disminuirá la diferencia absoluta entre los primeros y segundos datos de sensor actuales; y
 hacer (270) que el al menos un sensor (103) se mueva en la dirección de compensación actual.
 35
4. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 3, en donde determinar la primera y/o actual dirección de compensación (260) comprende transformar los datos de sensor en componentes con respecto a un sistema de coordenadas pre-determinado, en particular, un sistema de coordenadas ortogonal.
- 40 5. El método de la reivindicación 4, en donde la lectura de los primeros (210), segundos y/o actuales (260) datos de sensor comprende leer los primeros, segundos y/o actuales datos de sensor de al menos dos sensores (103-1; 103-2), en particular, de al menos tres sensores (103-1; 103-2; 103-3), y en donde determinar la primera y/o segunda dirección de compensación (260) comprende determinar las componentes de un vector de velocidad con respecto al sistema de coordenadas pre-determinado, en particular, un sistema de coordenadas ortogonal, de manera que un
 45 movimiento correspondiente del al menos un sensor (103) disminuirá la diferencia absoluta entre los primeros y actuales datos de sensor.
6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el valor umbral se expresa en términos del sistema de coordenadas, en particular, en donde el valor umbral se expresa en términos de componentes con respecto al sistema de coordenadas, o en donde el valor umbral se expresa en términos de los datos de sensor.
- 50 7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además emitir datos que indican el error de posicionamiento del cabezal de herramienta, en particular, en donde la salida comprende uno cualquiera de visualizar, imprimir, transmitir, y/o guardar los datos.
- 55 8. Un método para mejorar la precisión de una máquina CNC, comprendiendo el método:
 determinar un error de posicionamiento de la máquina CNC al realizar el método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7; y
 compensar el error de posicionamiento del cabezal de herramienta.
 60
9. Un dispositivo para determinar un error de posicionamiento de una máquina CNC, en donde un cabezal de herramienta de la máquina de CNC está equipado con un elemento de calibración (102), comprendiendo el dispositivo:
 al menos un sensor (103), en donde el al menos un sensor (103) está configurado para emitir datos de sensor, en donde los datos de sensor corresponden a una distancia entre un punto en la superficie del elemento de calibración (102) y el al menos un sensor (103), o en donde un elemento de contacto del al menos un sensor (103) es desviado
 65

- por el elemento de calibración (102) y los datos de sensor corresponden a una distancia en la que se desvía el elemento de contacto;
- un elemento de movimiento (106) para mover el al menos un sensor (103); y
- una unidad de control (105) para procesar los datos de sensor recibidos desde el al menos un sensor (103), y para
- 5 controlar el elemento de movimiento (106), en donde la unidad de control (105) se configura para:
- recibir primeros y segundos datos de sensor;
- emitir los datos de movimiento al elemento de movimiento (106) lo que hace que el elemento de movimiento
- (106) mueva el al menos un sensor (103) de manera que la diferencia entre los primeros y segundos datos de
- 10 sensor disminuye hasta que la diferencia se convierte en menos que o igual a un valor umbral; y
- determinar un error de posicionamiento del cabezal de herramienta (101) basándose en el movimiento del al
- menos un sensor (103).
10. El dispositivo de la reivindicación 9, en donde la unidad de control (105) está configurada para realizar el método
- de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.
- 15 11. El dispositivo de las reivindicaciones 9 o 10, que comprende además una unidad de salida (107) configurada
- para emitir datos de error correspondientes al error de posicionamiento de la máquina CNC, en donde la salida
- comprende uno cualquiera de visualizar, imprimir, transmitir y/o guardar los datos de error.
- 20 12. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en donde al menos un sensor (103) es un sensor
- de punto de contacto, un indicador de cuadrante, un sensor de luz, un sensor láser, un sensor ultrasónico, un sensor
- capacitivo, y/o un sensor inductivo.
- 25 13. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en donde el elemento de movimiento (106)
- comprende al menos un motor, en particular, al menos un electro-motor.
- 30 14. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, en donde el elemento de movimiento (106), en
- particular, un motor del elemento de movimiento (106), está configurado para mover el al menos un sensor (103) por
- traslación lo largo de al menos un eje de coordenadas de un sistema de coordenadas, en particular, un sistema de
- coordenadas ortogonal.
- 35 15. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, en donde el elemento de movimiento (106)
- comprende al menos dos motores, en donde al menos dos motores pueden controlarse por separado, en particular,
- en donde el elemento de movimiento (106) está configurado para mover el al menos un sensor (103) por traslación a
- lo largo de al menos dos ejes de coordenadas del sistema de coordenadas por separado.
- 40 16. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 15, en donde el elemento de movimiento (106) está
- configurado para mover al menos dos sensores (103-1; 103-2; 103-3) juntos, en particular, en donde los al menos
- dos sensores están fijados a una base de soporte común (104).
- 45 17. El dispositivo de la reivindicación 16, en donde tres sensores (103-1; 103-2; 103-3) se fijan en los bordes de un
- triángulo imaginario formado paralelo a una superficie de la base de soporte (104), en donde cada uno de los
- sensores (103-1; 103-2; 103-3) se dirige al centro del triángulo y se inclina contra la superficie de la base de soporte
- (104).
18. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 17, en donde el elemento de calibración (102)
- comprende una bola.

FIG. 1

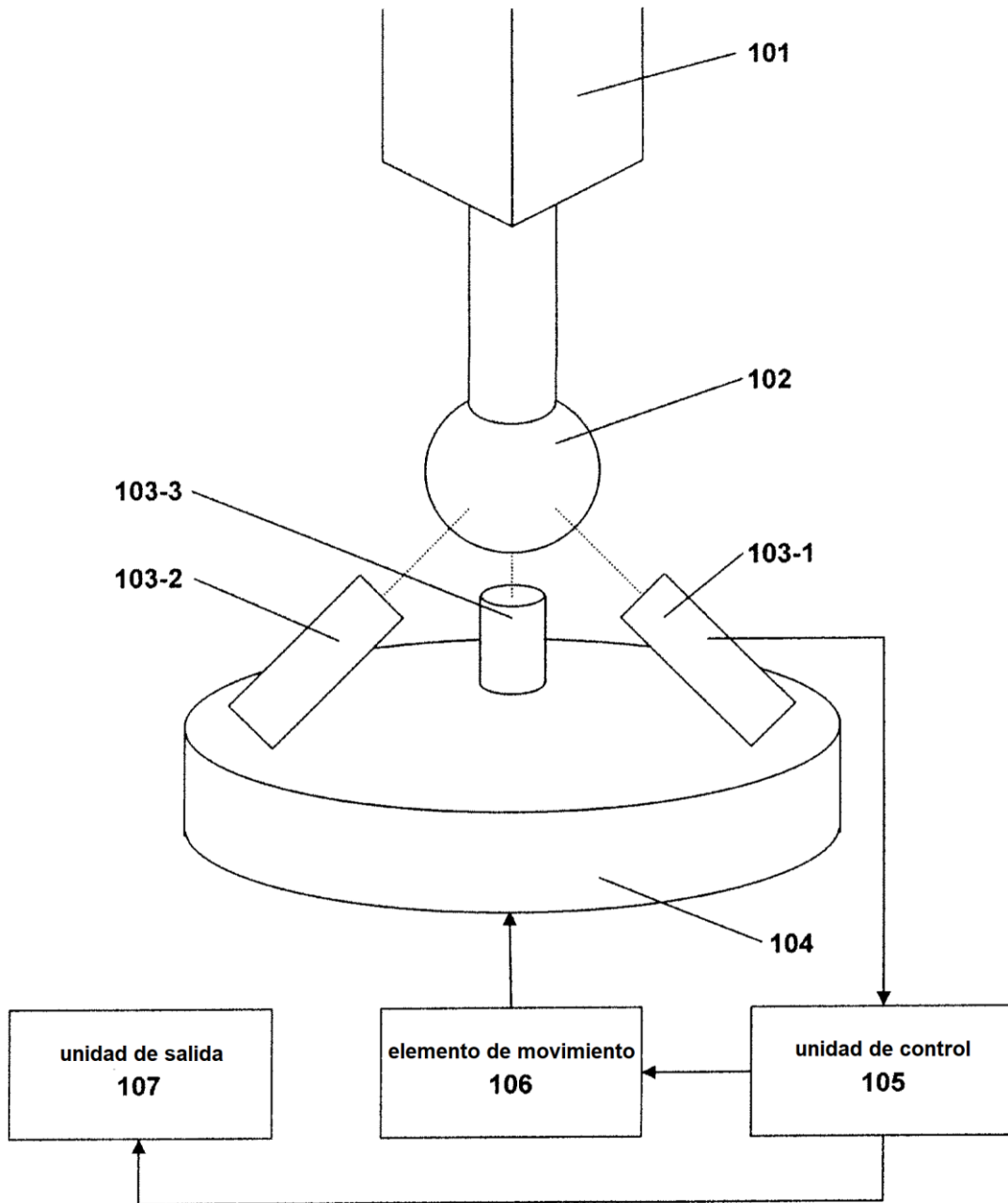


FIG. 2A

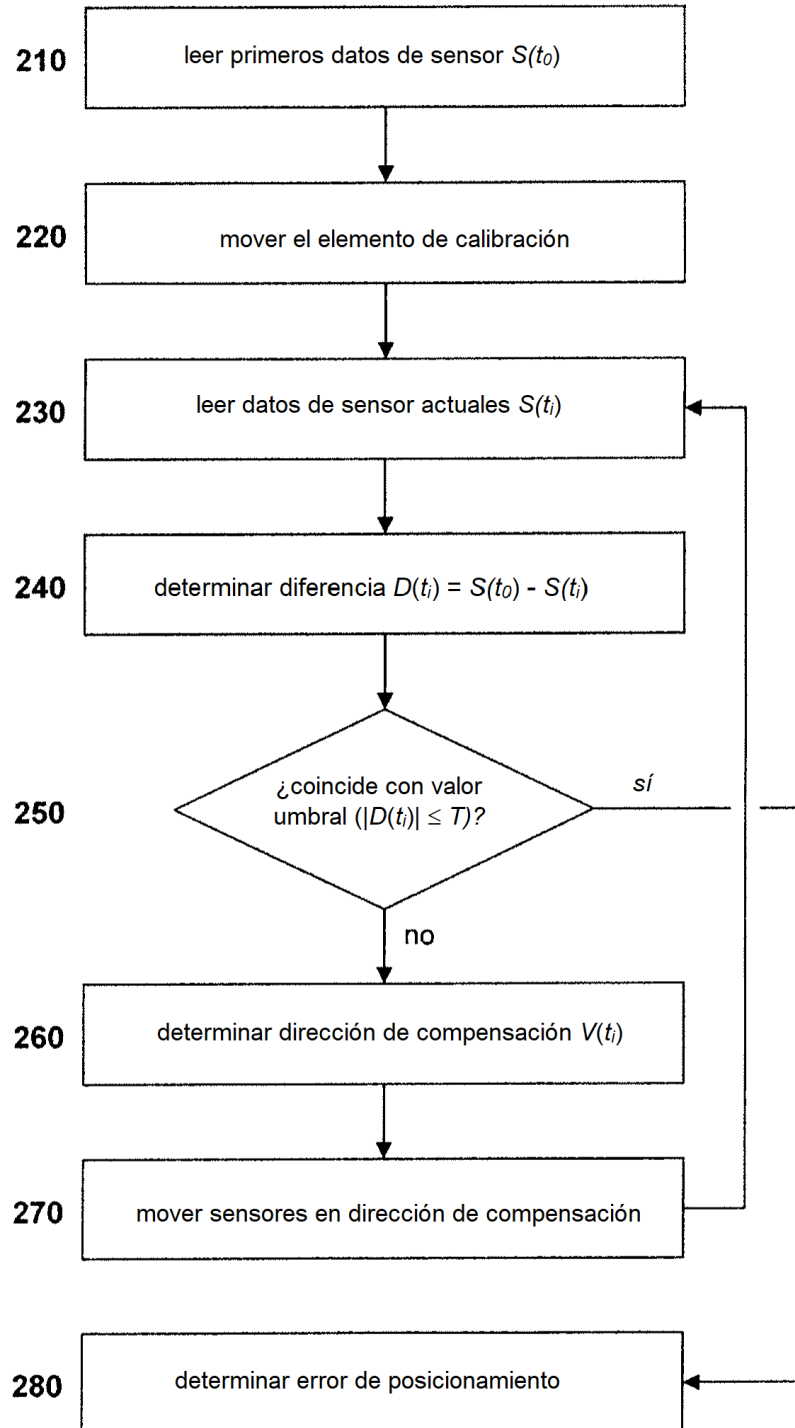


FIG. 2B

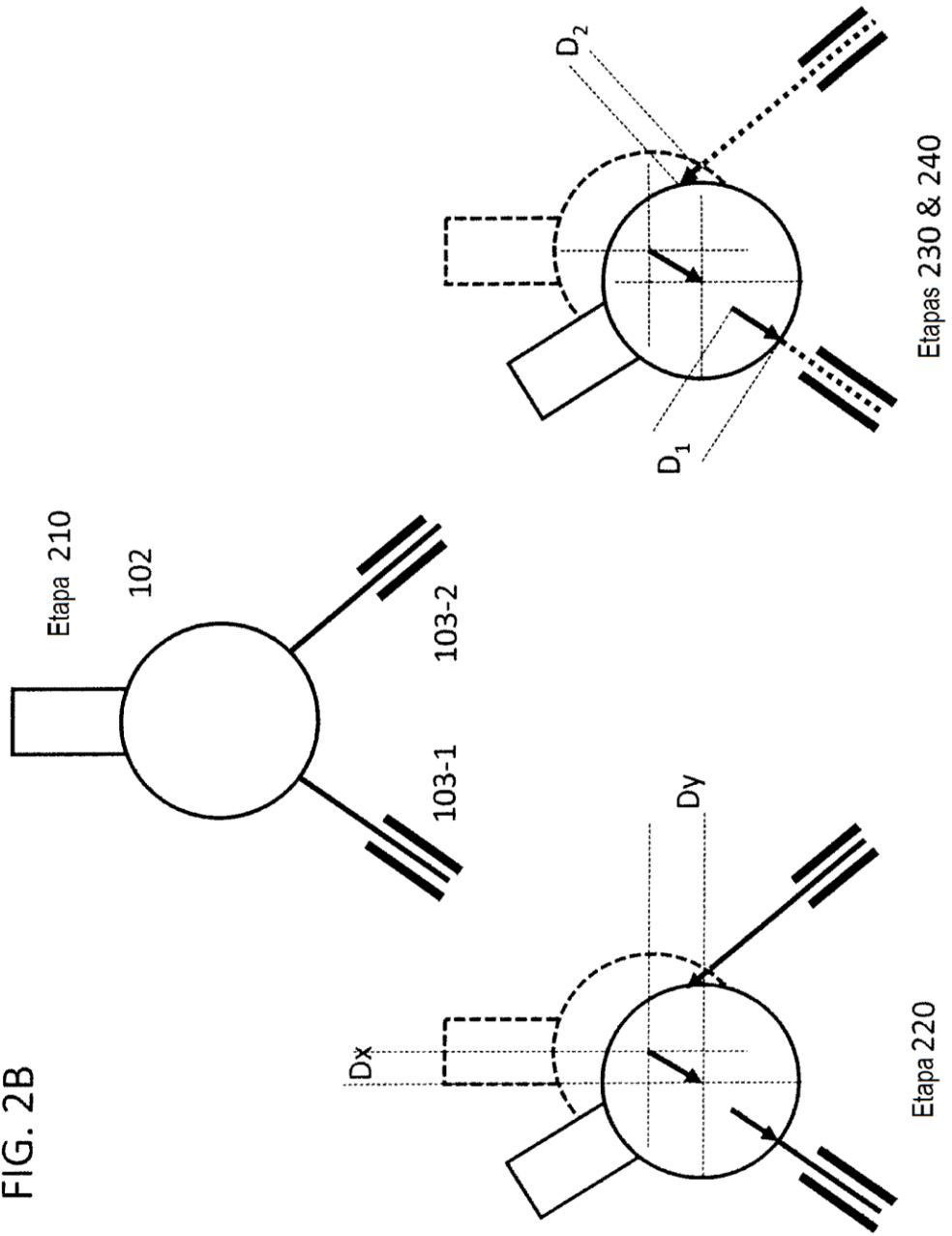
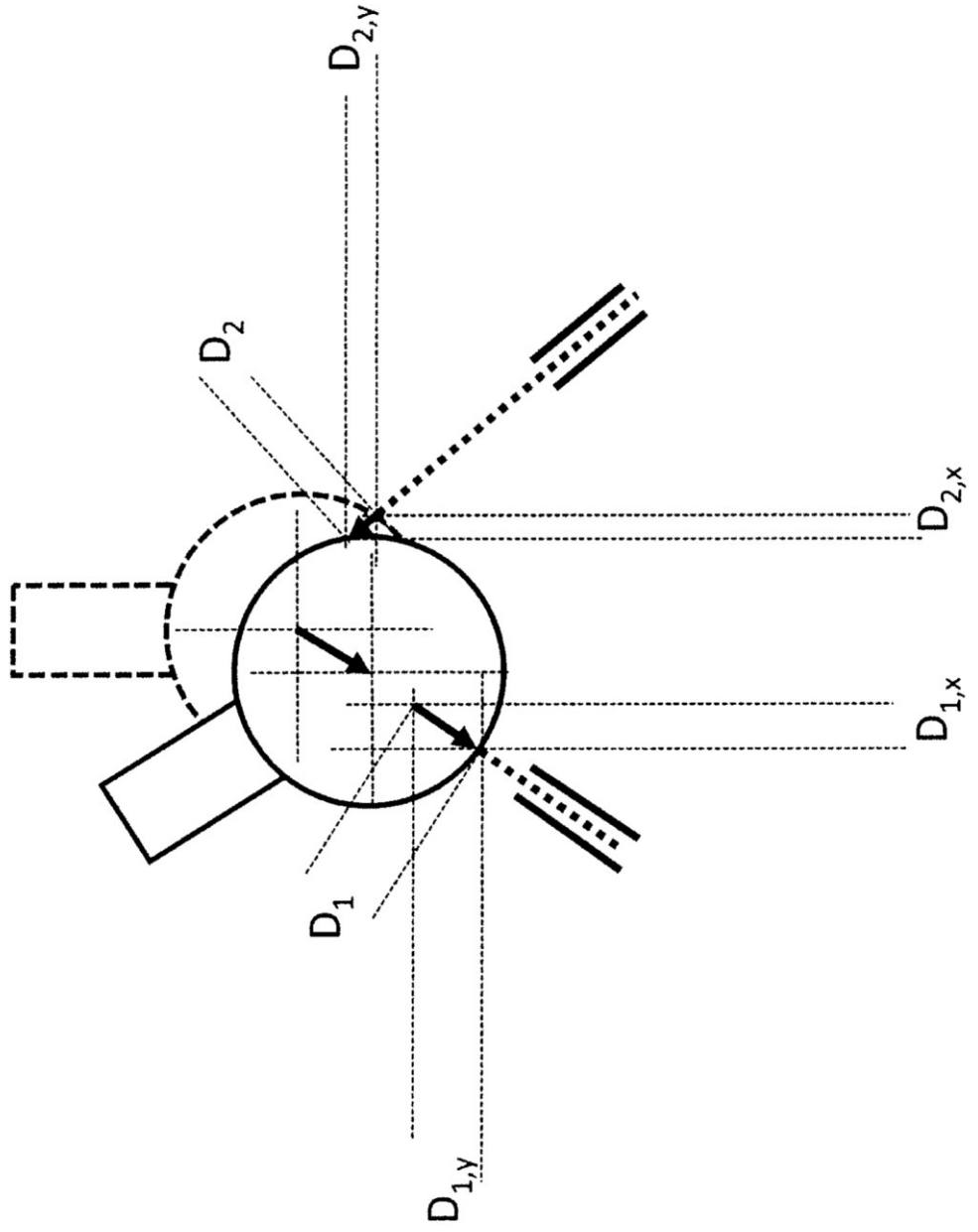


FIG. 2C



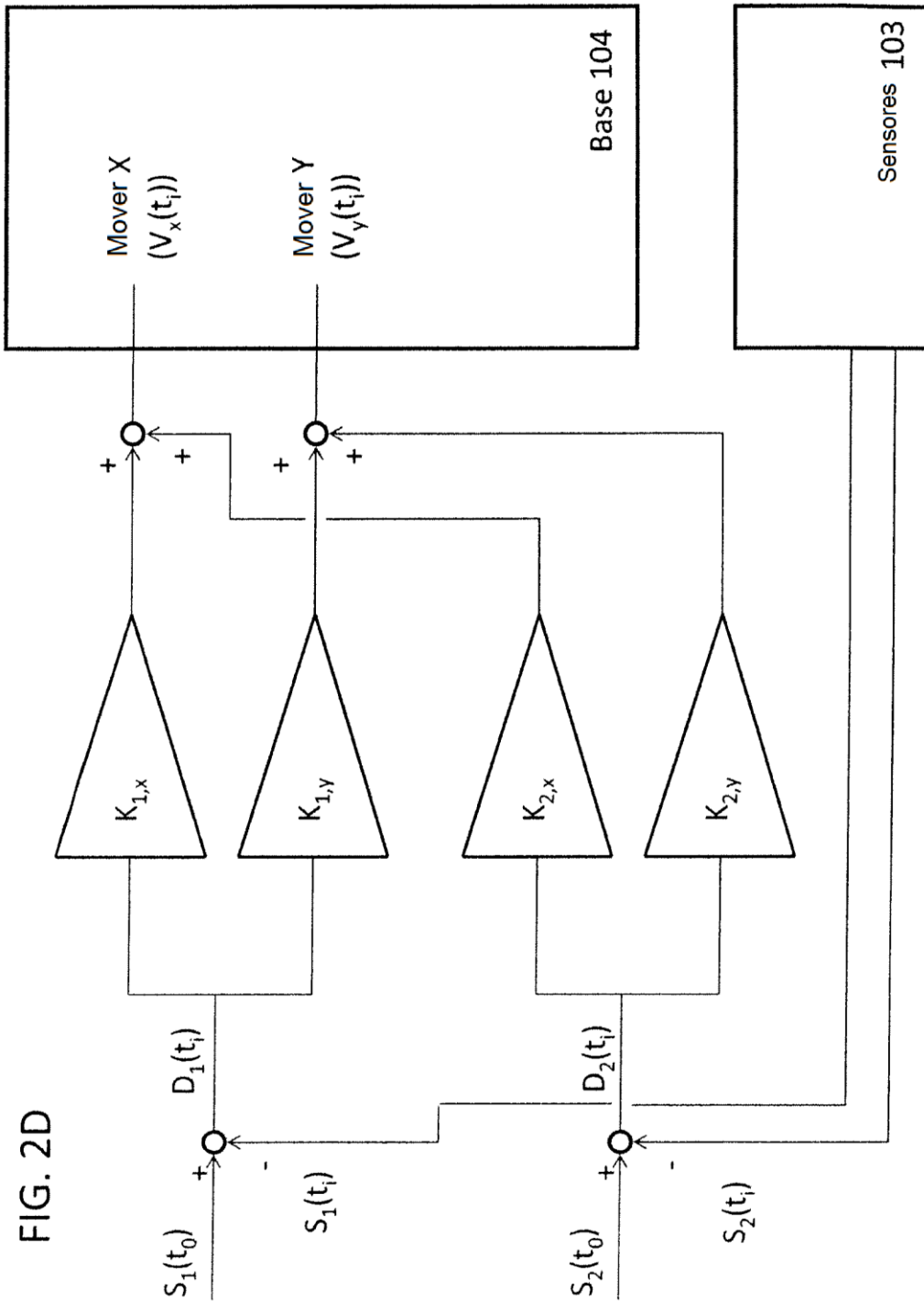


FIG. 2D