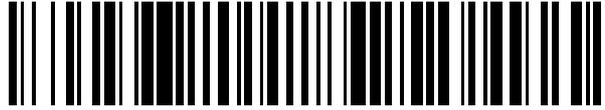


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 515 094**

51 Int. Cl.:

B25J 9/16 (2006.01)

G01B 21/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.02.2005** **E 05714980 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.07.2014** **EP 1722935**

54 Título: **Procedimiento para el calibrado de un punto de trabajo de herramientas para robots industriales**

30 Prioridad:

03.03.2004 DE 102004010312

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

29.10.2014

73 Titular/es:

**LEONI KABEL HOLDING GMBH (100.0%)
Marienstrasse 7
90402 Nürnberg, DE**

72 Inventor/es:

**PAGEL, THOMAS y
KEMP, JOHANNES**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 515 094 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

Procedimiento para el calibrado de un punto de trabajo de herramientas para robots industriales

5 La invención se refiere a un procedimiento para el calibrado de un punto de trabajo de herramientas para robots industriales con un dispositivo de calibrado, que tiene al menos dos barreras de luz que están dispuestas de forma angular una respecto a la otra, con un ángulo opuesto por el vértice α superior a cero y que se cruzan en un punto de cruce y que presenta las siguientes etapas:

10 a) definición de coordenadas de posición DE CONSIGNA TCP de un punto de trabajo DE CONSIGNA de la herramienta, usándose como referencia un punto base de la herramienta de un robot industrial y de un sistema de coordenadas TCP que usa como referencia un punto de trabajo,

15 Un procedimiento de este tipo se conoce por el documento DE 10 230 772 A1. En este procedimiento la herramienta se desplaza hasta que la herramienta llegue al punto de cruce de las barreras de luz. Se detectan las coordenadas reales correspondientes y se usan para una correlación.

20 Para ir a cualquier punto en el interior de un espacio de trabajo, los robots industriales tienen varios brazos conectados entre sí, una brida de mano en el extremo del último brazo de los brazos concatenados y una herramienta que está fijada en la brida de mano. La herramienta puede estar realizada, por ejemplo, en forma de unas pinzas, una cabeza de soldadura o algo similar.

25 La posición y la orientación de la brida de mano o del punto de trabajo de una herramienta fijada en la brida de mano pueden realizarse en un sistema de coordenadas universal estacionaria, independiente del robot o en un sistema de coordenadas base estacionaria, que usa como referencia un punto de anclaje del robot industrial. La descripción de la posición de los grados de libertad, es decir de los ejes y de la orientación manual, se realiza en cambio en coordenadas del robot, estando definido partiendo del eje base del robot, es decir del sistema de coordenadas base, para cada brazo un sistema de coordenadas de los ejes del robot, que describe la posición relativa de cada eje respecto a su eje anterior. La relación de los sistemas de coordenadas de los ejes del robot de un robot industrial se describe mediante transformaciones definidas de las coordenadas. Gracias a la especificación de la posición y de la orientación de la brida de mano o del punto de trabajo de una herramienta en el sistema de coordenadas universal, pueden calcularse, por lo tanto, mediante transformación de coordenadas las coordenadas de los ejes del robot, para poder mandar los distintos ejes del robot industrial.

35 La posición de un punto de trabajo de una herramienta, que se fija en la brida de mano del robot industrial, se describe mediante las llamadas coordenadas de posición TCP. La programación del robot industrial se realiza basándose en la brida de mano y las coordenadas de posición TCP fijadas. Las coordenadas de posición TCP se suministran con cada herramienta y son conocidas como Tool-Center-Point (TCP, en español, punto situado en el centro de la herramienta). Las coordenadas de posición TCP, al igual que las coordenadas de los ejes del robot, son respectivamente un vector con seis dimensiones. Las primeras tres coordenadas definen la posición del punto de trabajo respecto al punto base de la herramienta del robot industrial, es decir el punto de fijación de la herramienta en la brida de mano. Las otras tres coordenadas definen la orientación de los ejes del punto de trabajo respecto al punto base de la herramienta.

45 El punto de trabajo de la herramienta puede ser, por ejemplo, la punta de una cabeza de soldadura. Sólo si se conocen exactamente las coordenadas de posición TCP, el punto de trabajo de la herramienta puede desplazarse de forma precisa.

50 En el servicio, el punto de trabajo de la herramienta puede cambiar, no obstante, por desgaste de la herramienta, deformación etc., lo cual conduce a un posicionamiento incorrecto del punto de trabajo de la herramienta.

Por lo tanto, existe la necesidad de calibrar el punto de trabajo de herramientas con alta precisión.

55 En el documento EP 0 417 320 A1 está descrito un procedimiento para el calibrado del punto de trabajo (TCP) de la herramienta de un robot industrial, en el que está definido un punto de ajuste en la brida de mano del brazo del robot, siendo conocida la posición del punto de ajuste respecto a la brida de mano. Además, se ha montado una punta de referencia en el espacio de trabajo del robot industrial. Para el calibrado del punto de trabajo, se coloca la punta de la herramienta en la punta de referencia y se determinan la posición y la orientación del punto de la herramienta en un sistema de coordenadas base. A continuación, se coloca el punto de ajuste de la brida de mano en la punta de referencia y se determinan la posición y la orientación del punto de ajuste en el sistema de coordenadas de la brida de mano. Además, se determinan la posición y la orientación de la punta de referencia en el sistema de coordenadas base y se calcula a partir de las tres matrices una matriz de transformación para designar las coordenadas de posición TCP del punto de trabajo de la herramienta.

65 El calibrado requiere un proceso de desplazamiento de varias etapas, así como transformaciones de coordenadas.

En la patente US 6.352.354 B1 está descrito un elemento de punto luminoso para la generación de una señal de punto luminoso en un punto de trabajo de una herramienta de un robot industrial. De este modo puede describirse la posición exacta de la herramienta durante una fase de aprendizaje.

5 En la patente US 5.929.584 está descrito un procedimiento para el calibrado de un punto de trabajo de herramientas con un bloque de calibrado, que tiene superficies verticales y horizontales. Gracias al movimiento de la herramienta de una posición de inicio hasta un punto de contacto de la herramienta con una de las superficies y retroceso de la herramienta al punto de inicio y repetición del proceso para la otra superficie, se calculan las coordenadas de posición TCP del punto de trabajo. Para ello, se necesita una transformación de coordenadas compleja del sistema de coordenadas de referencia, pasando por las distintas coordenadas del robot hasta la brida de mano, para determinar a partir de las coordenadas de referencias las coordenadas de posición TCP en el sistema de coordenadas TCP, lo cual representa un inconveniente.

15 En el documento DE 37 24 656 T2 está descrita una máquina de medición multidimensional con barreras de luz en horquilla, que se encuentran en un punto de cruce. Debido a la pluralidad de barreras de luz, que están dispuestas todas ellas en el mismo plano, puede realizarse un palpado sin contacto de la pieza de trabajo desde distintas direcciones, pero en el mismo plano de palpado.

20 La patente US 5.177.563 divulga una barrera de luz en horquilla para el calibrado de un brazo del robot, en la que la punta de la herramienta se desplaza hasta que esté dispuesta en el punto de cruce de las barreras de luz y hayan disparado al mismo tiempo las dos barreras de luz. Las coordenadas de posición TCP en este punto de cruce se comparan con las coordenadas de posición DE CONSIGNA TCP y a partir de ello se determina una desviación. No obstante, la búsqueda del punto de cruce requiere bastante tiempo.

25 El objetivo de la invención es, por lo tanto, crear un procedimiento mejorado para el calibrado de un punto de trabajo de herramientas para robots industriales.

El objetivo se consigue según la invención con el procedimiento genérico gracias a las siguientes etapas adicionales:

30 b) desplazamiento de la herramienta directamente al punto de trabajo DE CONSIGNA usándose como referencia el sistema de coordenadas TCP a través de las barreras de luz, de tal modo que la punta de la herramienta que corresponde al punto de trabajo interrumpe las barreras de luz,

35 c) registro de las coordenadas de posición REALES TCP en el momento de la interrupción de cada barrera de luz,

d) determinación de las diferencias entre las coordenadas de posición DE CONSIGNA TCP para la interrupción de las barreras de luz en un punto de trabajo DE CONSIGNA y las coordenadas de posición REALES TCP registradas correspondientes para el punto de trabajo REAL,

40 e) cálculo de la desviación entre el punto de trabajo REAL y el punto de trabajo DE CONSIGNA para el número de planos predeterminado por las barreras de luz a partir de las diferencias y la posición conocida y los ángulos opuestos por el vértice α de las barreras de luz.

45 Por lo tanto, se propone calcular a partir del plano conocido, definido por las barreras de luz, y el al menos un ángulo opuesto por el vértice α la desviación del punto de trabajo REAL del punto de trabajo DE CONSIGNA a partir de las coordenadas de posición REALES TCP para cada eje del sistema de coordenadas, que se registran respectivamente en el momento de interrupción de una barrera de luz, obteniéndose la desviación del punto de trabajo para distintos ejes del sistema de coordenadas. De este modo se suprime la búsqueda del punto de cruce para determinar un punto de trabajo. Por lo contrario, el robot puede desplazarse en el dispositivo de calibrado como si la punta de la herramienta debiera alcanzar directamente el punto de trabajo DE CONSIGNA. A partir de las interrupciones de las distintas barreras de luz, que se producen de forma desplazada en el tiempo al desplazarse el punto de trabajo, presentando la orientación de estas barreras de luz una relación con el sistema de coordenadas del robot industrial, pueden determinarse posteriormente las desviaciones del punto de trabajo.

55 Es ventajoso si a continuación se corrigen las coordenadas de posición TCP, teniéndose en cuenta la desviación calculada del punto de trabajo REAL del punto de trabajo DE CONSIGNA para los planos de un sistema de coordenadas, en el que están basadas las coordenadas de posición TCP.

60 También es especialmente ventajoso que se defina el punto de trabajo DE CONSIGNA con las coordenadas de posición TCP, con las que la punta de la herramienta que corresponde al punto de trabajo interrumpe al mismo tiempo todas las barreras de luz en un punto de cruce común.

La invención queda más clara con ayuda de una forma de realización ventajosa, en la que están previstas dos barreras de luz, que se cruzan con un ángulo opuesto por el vértice α de 90° y que definen un primer plano de un sistema de

coordenadas, correspondiendo la primera barrera de luz a un primer eje y y la segunda barrera de luz a un segundo eje z del sistema de coordenadas.

5 A partir de la desviación del punto de trabajo REAL del punto de trabajo DE CONSIGNA determinada en el momento de la interrupción de la primera barrera de luz, puede determinarse, gracias a la asignación definida de las barreras de luz al primero y segundo eje, la desviación del punto de trabajo para el primer eje y, a partir de la desviación del punto de trabajo REAL del punto de trabajo DE CONSIGNA determinada en el momento de la interrupción de la segunda barrera de luz, puede determinarse la desviación del punto de trabajo para el segundo eje.

10 Si las coordenadas de posición TCP que se determinan en el momento de la interrupción de las barreras de luz están descritas en el mismo sistema de coordenadas, según la deformación de la herramienta, por ejemplo en el momento de la interrupción de la primera barrera de luz, se determinaría la desviación de la coordenada y de las coordenadas de posición TCP y en el momento de la interrupción de la segunda barrera de luz se determinaría la desviación de la coordenada z de las coordenadas de posición TCP y, dado el caso, se corregirían correspondientemente las
15 coordenadas de posición TCP.

A continuación, la invención se explicará más detalladamente con ayuda de los dibujos adjuntos. Muestran:

- 20 La fig. 1 una vista en perspectiva de un dispositivo de calibrado según la invención con dos barreras de luz que se cruzan,
la fig. 2 una vista en planta desde arriba del dispositivo de calibrado según la figura 1,
25 la fig. 3 un esbozo de un robot industrial con varios brazos y sistema de coordenadas base, así como sistemas de coordenadas de ejes,
la Fig. 4 un esbozo del desplazamiento del punto de trabajo de una herramienta después de desgaste respecto a un sistema de coordenadas TCP.

30 En la figura 1 puede verse un dispositivo de calibrado 1 según la invención en una vista en perspectiva. El dispositivo de calibrado 1 tiene un bastidor 2 abierto en un lado con dos ramas 3a, 3b paralelas, dispuestas a distancia entre sí. El dispositivo de calibrado 1 está realizado, por lo tanto, en forma de U. Las ramas 3a, 3b están unidas de forma integral a una placa de soporte 4, con la que el dispositivo de calibrado 1 puede montarse de forma estacionaria en el espacio de trabajo del robot industrial.

35 En las ramas 3a, 3b están previstas barreras de luz 5a, 5b orientadas en la dirección diagonal respecto a las mismas, que se extienden una respecto a la otra con un ángulo opuesto por el vértice α de 90° y que se cruzan en un punto de cruce R en el espacio intermedio entre las ramas 3a, 3b. Para ello está fijado respectivamente un emisor 6 y un receptor 7 por barrera de luz 5a, 5b en un extremo delantero de una primera rama 3a y en el extremo posterior de la otra rama 3b para la primera barrera de luz 5a, o en el extremo posterior de la primera rama 3a y el extremo delantero de la segunda rama 3b para la segunda barrera de luz 5b. De este modo queda creada una barrera de luz en horquilla, que está realizada preferiblemente como barrera de luz infrarroja.

40 La figura 2 muestra el dispositivo de calibrado 1 en una vista en planta desde arriba. Se ve claramente que las barreras de luz 5a, 5b se extienden diagonalmente entre las ramas 3a y 3b y se cruzan en el espacio intermedio de las ramas 3a, 3b en el punto de cruce R.

45 Un punto de trabajo TCP de una herramienta para un robot industrial, por ejemplo la punta de la herramienta, se desplaza para el calibrado del punto de trabajo TCP, de tal modo que se desplaza a un punto de trabajo DE CONSIGNA TCP_{DE CONSIGNA}, que está dispuesto preferiblemente en el punto de cruce R del dispositivo de calibrado 1. En este caso, están interrumpidas las dos barreras de luz 5a, 5b por la punta de la herramienta, de modo que se genera una señal de conmutación.

50 A continuación, el procedimiento de calibrado se explicará más detalladamente.

55 La figura 3 muestra un esbozo de un robot industrial 8. Un robot industrial 8 tiene un sistema de coordenadas base \vec{O}_0 o un sistema de coordenadas universal, que está orientado de forma estacionaria respecto al fundamento del robot industrial 8. En el zócalo 9 se encuentra una cadena de brazos 11 conectados entre sí mediante articulaciones 10. Para cada uno de estos brazos 11 está definido un sistema de coordenadas de ejes $\vec{O}_1, \vec{O}_2, \vec{O}_3$ con el que se describe la posición y la orientación del extremo correspondiente del brazo 11 correspondiente respecto a la articulación 10 asignada, con la que el brazo 11 está conectado con el brazo 11 anterior.

60 En el extremo de la cadena de brazos 11 se encuentra una superficie de mano 12, en la que está fijada la herramienta 13.

65

Para la herramienta 13 está definido un sistema de coordenadas TCP \vec{O}_{TCP} , que tiene un origen en el punto de trabajo TCP de la herramienta. Para la herramienta 13 se ponen a disposición unas coordenadas de posición TCP basadas en este sistema de coordenadas TCP O_{TCP} , que define la posición y la orientación del punto de trabajo TCP respecto al punto base de la herramienta W en la brida de mano 12, es decir usándose como referencia el punto de fijación de la herramienta 13 en el robot industrial 8.

Para poder calibrar las coordenadas de posición TCP en el servicio usándose como referencia el punto base de la herramienta W del robot industrial 8 de forma rápida y con poco esfuerzo de cálculo, la punta de la herramienta de la herramienta 13 se desplaza al punto de trabajo DE CONSIGNA TCP_{DE CONSIGNA}, del dispositivo de calibrado 1 montado de forma estacionaria, basándose en el sistema de coordenadas TCP \vec{O}_{TCP} . Por lo tanto, se realiza una interpolación del recorrido de desplazamiento al guiar la herramienta 13 por el robot industrial 8, usándose como referencia el punto de trabajo TCP. El origen del sistema de coordenadas TCP \vec{O}_{TCP} se mantiene aquí de forma estacionaria respecto a las coordenadas de posición TCP definidas del punto de trabajo TCP.

En el momento de la interrupción de la primera barrera de luz, se registran las coordenadas de posición TCP y se determina la desviación del punto de trabajo REAL TCP_{REAL}, del punto de trabajo DE CONSIGNA TCP_{DE CONSIGNA} para el eje y. De forma correspondiente, en el momento de la interrupción de la segunda barrera de luz, se determina la desviación del punto de trabajo REAL TCP_{REAL}, del punto de trabajo DE CONSIGNA TCP_{DE CONSIGNA} para el segundo eje z. Estas desviaciones para el primer eje y así como para el segundo eje z corresponden al desplazamiento del punto de trabajo TCP en el espacio tridimensional si se tiene en cuenta que las dos barreras de luz definen un plano común, por el que se pasó para el tercer eje x en el punto cero. El orden de la interrupción resulta por la deformación de la herramienta o el control del paso.

El punto real situado en el centro de la herramienta se determina mediante el centro entre la interrupción y la posterior liberación de una barrera de luz. A partir de la duración de la interrupción puede determinarse, además, el diámetro de la herramienta.

A partir de la desviación puede determinarse, por lo tanto, sin búsqueda compleja del punto de cruce R directamente el desplazamiento del punto de trabajo TCP en caso de un desgaste o una deformación de la herramienta 13 en las coordenadas TCP. Así ya no es necesario realizar transformaciones complejas de coordenadas.

La figura 4 muestra la herramienta 13 con el sistema de coordenadas TCP \vec{O}_{TCP} , que tiene su origen en el punto de trabajo TCP de la herramienta 13. Para el caso de la deformación esbozada de la herramienta, el punto de trabajo TCP₁ se desplaza respecto al punto de trabajo TCP₀ original, anteriormente definido. Las coordenadas de posición TCP deben corregirse lo que corresponde a este desplazamiento $\Delta TCP_0 = TCP_1 - TCP_0$. Puesto que según la invención el control del robot industrial 8 se realiza usándose como referencia el sistema de coordenadas TCP \vec{O}_{TCP} , la diferencia entre las coordenadas de posición TCP TCP₀ originalmente definidas y la posición del nuevo punto de trabajo TCP₁ de una herramienta 13 desgastada se determina a partir de las diferencias Δy en el momento de la interrupción de la primera barrera de luz para el eje y así como Δz en el momento de la interrupción de la segunda barrera de luz para el eje z. Puesto que el plano definido por las barreras de luz está situado en x igual a cero, puede calcularse también la desviación Δx del valor x del punto de trabajo DE CONSIGNA.

Las desviaciones de la longitud de la herramienta en la dirección x pueden determinarse por ejemplo mediante un segundo desplazamiento de medición, desplazándose la herramienta en la dirección x desde arriba o desde abajo a las barreras de luz que se cruzan.

Si las barreras de luz no coinciden con los ejes x, y así como z, las desviaciones en la dirección de los ejes x, y así como z pueden calcularse a partir de la orientación conocida de las barreras de luz y el ángulo opuesto por el vértice α mediante transformación de coordenadas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para el calibrado de un punto de trabajo (TCP) de herramientas (13) para robots industriales (8) con un dispositivo de calibrado (1), que tiene al menos dos barreras de luz que están dispuestas de forma angular una respecto a la otra, con un ángulo opuesto por el vértice (α) superior a cero y que se cruzan en un punto de cruce (R) y que presenta las siguientes etapas:
- 10 a) definición de coordenadas de posición DE CONSIGNA TCP de un punto de trabajo DE CONSIGNA ($TCP_{DE\ CONSIGNA}$) de la herramienta (13), usándose como referencia un punto base de la herramienta (W) del robot industrial (8) y de un sistema de coordenadas TCP que usa como referencia un punto de trabajo (TCP), caracterizado por
- 15 b) desplazamiento de la herramienta (13) directamente al punto de trabajo DE CONSIGNA, usándose como referencia el sistema de coordenadas TCP a través de las barreras de luz, de tal modo que la punta de la herramienta (13) que corresponde al punto de trabajo (TCP) interrumpe las barreras de luz,
- 20 c) registro de las coordenadas de posición REALES TCP en el momento de la interrupción de cada barrera de luz,
- d) determinación de las diferencias entre las coordenadas de posición DE CONSIGNA TCP para la interrupción de las barreras de luz en un punto de trabajo de consigna ($TCP_{DE\ CONSIGNA}$) y las coordenadas de posición REALES TCP registradas correspondientes para el punto de trabajo REAL (TCP_{REAL}),
- e) cálculo de la desviación entre el punto de trabajo REAL (TCP_{REAL}) y el punto de trabajo de consigna ($TCP_{DE\ CONSIGNA}$) para el número de planos predeterminado por las barreras de luz a partir de las diferencias y la posición conocida y los ángulos opuestos por el vértice (α) de las barreras de luz.
- 25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por la corrección de las coordenadas de posición TCP, lo que corresponde a la desviación calculada entre los coordenadas de posición REALES TCP definidas, lo que corresponde a la desviación calculada del punto de trabajo REAL (TCP_{REAL}) y del punto de trabajo DE CONSIGNA ($TCP_{DE\ CONSIGNA}$) para los planos de un sistema de coordenadas en el que están basadas las coordenadas de posición TCP.
- 30 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el punto de trabajo de consigna ($TCP_{DE\ CONSIGNA}$) se define con las coordenadas de posición TCP en las que la punta de la herramienta que corresponde al punto de trabajo (TCP) interrumpe al mismo tiempo todas las barreras de luz en un punto de cruce (R) común.
- 35 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, estando previstas dos barreras de luz, que se cruzan con un ángulo opuesto por el vértice α de 90° y que definen un primer plano de un sistema de coordenadas, y correspondiendo la primera barrera de luz a un primer eje (y) y la segunda barrera de luz a un segundo eje (z) del sistema de coordenadas, caracterizado porque la desviación del punto de trabajo (TCP) para el primer eje (y) se determina a partir de la desviación entre el punto de trabajo REAL (TCP_{REAL}) y el punto de trabajo DE CONSIGNA ($TCP_{DE\ CONSIGNA}$) determinada en el momento de la interrupción de la primera barrera de luz, y la desviación del punto de trabajo (TCP) para el segundo eje (z) se determina a partir de la desviación entre el punto de trabajo REAL (TCP_{REAL}) y el punto de trabajo DE CONSIGNA ($TCP_{DE\ CONSIGNA}$) determinada en el momento de la interrupción de la segunda barrera de luz.
- 40 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por la determinación de las coordenadas de posición REALES TCP como coordenadas de posición REALES TCP intermedias entre el momento de la interrupción de una barrera de luz y la liberación posterior de la barrera de luz.
- 45 6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por la determinación del diámetro de la herramienta a partir de la diferencia de las coordenadas de posición REALES TCP determinadas en el momento de la interrupción de una barrera de luz y en el momento de la liberación posterior de la barrera de luz.
- 50

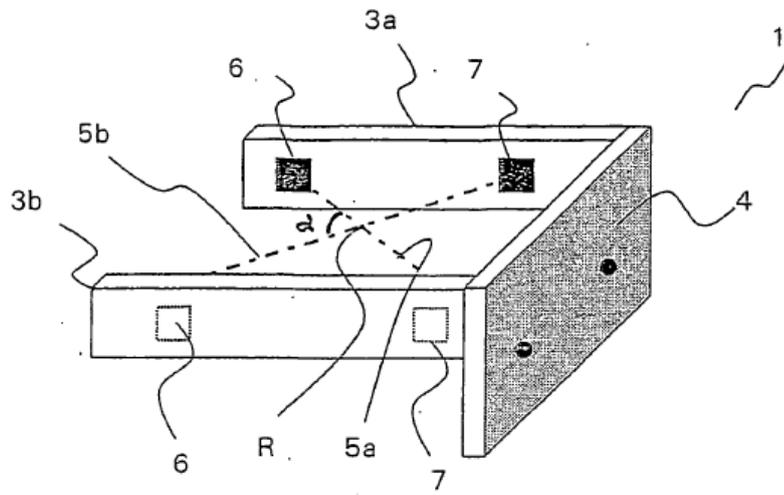


Fig. 1

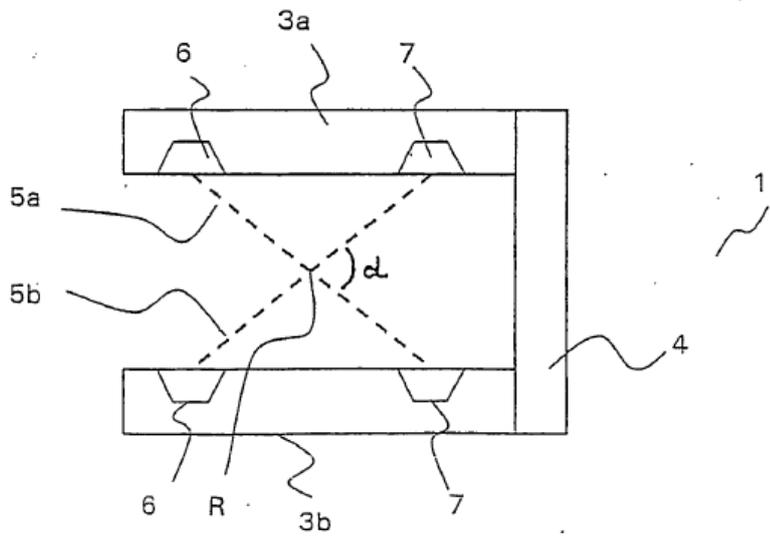


Fig. 2

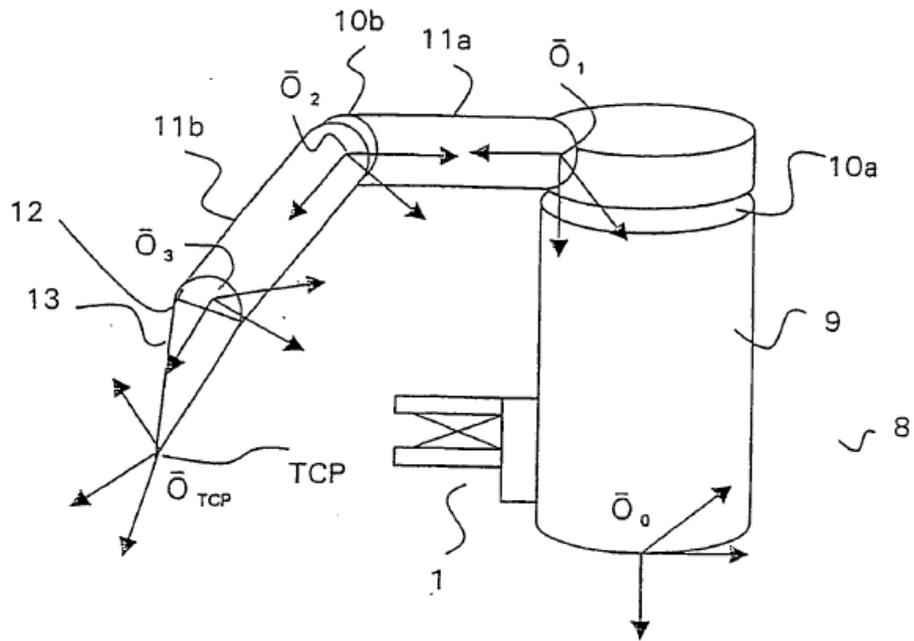


Fig. 3

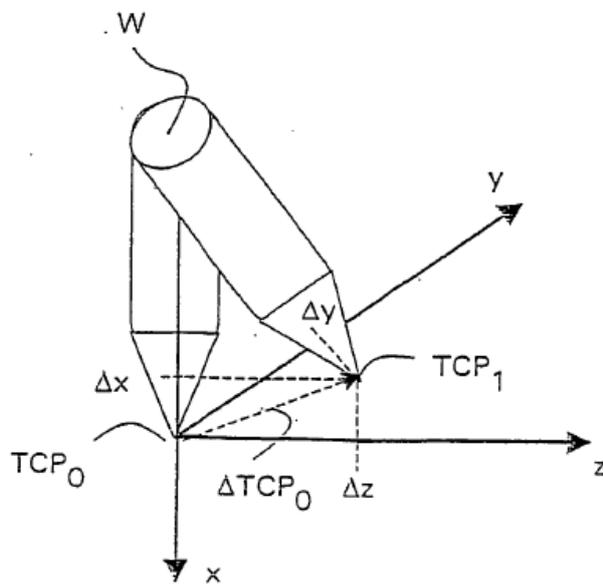


Fig. 4