

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 657 420**

51 Int. Cl.:

B25J 9/16 (2006.01)

G01N 29/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.12.2014** **PCT/EP2014/079021**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.07.2015** **WO15097166**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2014** **E 14816299 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.11.2017** **EP 3086908**

54 Título: **Localización del centro de herramienta y de la orientación de una sonda acústica en un marco de referencia, por método ultrasónico**

30 Prioridad:

23.12.2013 FR 1363397

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

05.03.2018

73 Titular/es:

**AIRBUS (100.0%)
2 Rond-Point Émile Dewoitine
31700 Blagnac, FR**

72 Inventor/es:

**LE PINRU, LOUIS;
COLIN, NICOLAS y
ITHURRALDE, GUILLAUME**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 657 420 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

Localización del centro de herramienta y de la orientación de una sonda acústica en un marco de referencia, por método ultrasónico

Ámbito de la invención

- 5 La invención se refiere al ámbito general de los manipuladores de robots. Esta invención encuentra una aplicación particularmente interesante en el ámbito de la robótica asociado al del control no destructivo.

Contexto de la invención – Técnica anterior

- 10 En el ámbito de la fabricación de piezas mecánicas o del control de piezas realizadas por medio de brazos mecánicos robotizados, es necesario generalmente determinar con precisión la posición del centro de herramienta o TCP ("Tool Center Point") según la denominación anglosajona, y la orientación del eje de referencia de la herramienta montada en el brazo manipulador en el marco de referencia del robot. De este modo, el autómatas que gestiona los movimientos del robot y del brazo manipulador puede deducir en cualquier momento la posición y la orientación precisa de la herramienta en el espacio. Para una herramienta de mecanizado por ejemplo, el eje de referencia es en general el eje de penetración de la herramienta en la pieza que haya que mecanizar.

- 15 Para permitir al robot tener en cuenta el posicionamiento y la orientación de la herramienta con precisión, se ha recurrido generalmente a una fase de aprendizaje, previa a la utilización de la herramienta.

- 20 Una solución conocida para realizar tal aprendizaje consiste, partiendo de las dimensiones y de la geometría de la herramienta considerada y conociendo el modo en el que la herramienta está montada en el brazo manipulador del robot, en tener en cuenta estos parámetros para determinar, a priori, la posición y la orientación de la herramienta en un marco de referencia ligado al robot.

Tal determinación, en la medida en que la misma no requiere ninguna operación previa a la utilización del robot, presenta "a priori" una ventaja económica cierta. Sin embargo, tal método presenta limitaciones en términos de precisión en la medida en que el posicionamiento de la herramienta en el robot después del montaje queda determinado salvo las incertidumbres de posicionamiento.

- 25 Otra solución conocida para realizar tal aprendizaje consiste en realizar una calibración del robot equipado con la herramienta utilizando un punto o un conjunto de puntos de referencia, que ocupan posiciones fijas y que definen puntos y ejes de referencia, en contacto con los cuales se sitúa sucesivamente el propio centro de herramienta, o con una punta montada en el brazo manipulador y dispuesta en el centro de herramienta.

- 30 Dicho método permite realizar un aprendizaje mucho más preciso que el método anteriormente descrito. En cambio, el mismo requiere antes de la utilización de la herramienta, la puesta en práctica de una fase de calibración relativamente delicada y molesta, realizada generalmente en modo manual por un operario humano. Además, tal método es realmente eficaz si la herramienta puesta en práctica por el robot es una herramienta mecánica cuyo TCP es fácilmente identificable. Por el contrario, si el centro de herramienta es un punto virtual, la utilización de los procedimientos de calibración conocidos son más difíciles de poner en práctica. Este es el caso en particular si la herramienta utilizada es una herramienta destinada al control de integridad de piezas de material compuesto que comprende una sonda acústica sintética. Para tal herramienta el centro de herramienta, que corresponde al centro de la sonda y el eje de la herramienta, que está definido por la dirección normal al plano de la sonda y que pasa por el centro de la sonda, no tienen soporte material.

- 40 El documento US 4 155 243 A divulga un procedimiento de localización de una sonda acústica montada en el brazo manipulador de un robot utilizando un objeto de referencia, en el que el desplazamiento en la dirección del eje Z está identificado. Además, aunque se menciona la calibración de la orientación de la sonda acústica, no se divulga ningún detalle sobre el procedimiento utilizado.

Presentación de la invención

- 45 Un objetivo de la invención es proponer un método que permita realizar la localización del "centro de herramienta" de una herramienta que comprende una sonda acústica sintética, montada en un brazo robotizado, sin tener que utilizar utillaje anejo para proceder a esta localización.

- 50 A tal efecto, la invención tiene por objeto un procedimiento para realizar la localización en posición y orientación de una herramienta que comprende una sonda acústica sintética montada en el brazo manipulador de un robot, estando definido el plano de la citada sonda acústica por dos ejes X e Y perpendiculares, siendo realizada la citada localización en un marco de referencia conocido del citado robot. El procedimiento de acuerdo con la invención comprende principalmente las etapas siguientes:

- una primera etapa durante la cual se determina, por medio de la sonda acústica, la distancia entre la misma y un punto de la superficie de un objetivo puntual de referencia que ocupa una posición fija. Esta distancia es

determinada para tres posiciones diferentes de la sonda acústica con respecto al objetivo, siendo deducida geométricamente de las mediciones efectuadas la posición de la sonda acústica con respecto al brazo manipulador;

- una segunda etapa durante la cual se utilizan mediciones de amplitud y/o de tiempo de vuelo realizadas por la sonda acústica, para efectuar la localización de un eje X' de referencia, materializado por un objetivo tubular rectilíneo, desplazando la sonda acústica y situándola sucesivamente en diferentes puntos del citado eje X', así como para alinear el eje X de referencia de la sonda acústica con el eje fijo de referencia X';

- una tercera etapa durante la cual se desplaza la sonda acústica según un eje Y' perpendicular al eje fijo de referencia X' y se utilizan mediciones de amplitud y/o de tiempo de vuelo, realizadas por propia la sonda acústica, para modificar la orientación del plano de la sonda acústica de modo que se alinee el eje Y de la sonda acústica con este eje perpendicular Y'.

De acuerdo con la invención, la alineación del eje X de la sonda acústica paralelamente al eje de referencia X' y la alineación del eje Y de esta misma sonda con el eje Y' define una orientación de referencia de la sonda acústica a partir de la cual se determinan los cambios de orientación impuestos a la sonda acústica por el brazo manipulador del robot.

- De acuerdo con una modalidad de puesta en práctica del procedimiento de acuerdo con la invención, la localización del objetivo fijo de referencia es realizada aproximando la sonda acústica al citado objetivo fijo de referencia, según una dirección de aproximación dada, hasta que la zona de focalización de la sonda acústica esté colocada en la superficie del objetivo, y midiendo la distancia que separa entonces la sonda acústica de la superficie del objetivo. Esta operación es repetida en tres direcciones de aproximación distintas.

- De acuerdo con otra modalidad de puesta en práctica, la localización del eje de referencia X' es realizada aproximando la sonda acústica al eje de referencia X' en diferentes puntos de este último, hasta que la zona de focalización de la sonda acústica esté colocada a nivel del eje X' para cada punto de medición considerado, determinando después para cada punto el sensor que haya recibido la señal reflejada con la amplitud máxima para un mismo tiempo de vuelo considerado.

- De acuerdo con otra modalidad de puesta en práctica, la alineación, en el transcurso de la segunda etapa, del eje X de la sonda acústica con el eje de referencia X' es realizada, tras la localización del eje de referencia X', accionando el brazo manipulador del robot de modo que se coloque la sonda acústica según una orientación tal que la señal reflejada por el eje de referencia sea recibida con una amplitud máxima por sensores que forman una misma primera fila según el eje X de la sonda y que los sensores terminales de esta fila reciban la señal reflejada por el eje X' de referencia con amplitudes y tiempos de vuelo sensiblemente iguales.

De acuerdo con otra modalidad de puesta en práctica, la alineación del eje X de la sonda acústica con el eje de referencia X' es realizada accionando el brazo manipulador del robot de modo que se coloque la sonda acústica según una orientación tal que la señal reflejada por el eje de referencia X' sea recibida con una amplitud máxima por sensores que forman la fila media de la sonda acústica según el eje Y.

- De acuerdo con otra modalidad de puesta en práctica, en el transcurso de la tercera etapa, la sonda acústica es desplazada por el brazo manipulador en traslación según una dirección Y' perpendicular al eje fijo de referencia X' de tal modo que la señal reflejada por el eje de referencia X' sea recibida con una amplitud máxima por sensores que forman una segunda fila, distinta de la primera fila de sensores utilizada para alinear el eje X de la sonda con el eje de referencia X'. Después, la misma experimenta un movimiento de rotación de su plano alrededor del eje X de tal modo que la amplitud de la señal acústica recibida por los sensores que forman la segunda fila sea sensiblemente igual a la recibida en el transcurso de la segunda etapa por los sensores que forman la primera fila

- De acuerdo con otra modalidad de puesta en práctica, la posición del objetivo acústico así como la posición y la orientación del eje de referencia en el marco de referencia son determinadas a priori, y se define de manera teórica un primer posicionamiento aproximado de la sonda acústica en el marco de referencia, de modo que las etapas del procedimiento son realizadas de manera automática por el autómatas que gestiona los desplazamientos del brazo manipulador del robot y la puesta en práctica de la sonda acústica.

- La invención permite ventajosamente mejorar y simplificar el proceso de localización del posicionamiento preciso de una herramienta que comprende una sonda acústica en el marco de referencia del robot manipulador en el cual la misma está instalada, siendo determinado este posicionamiento por la posición del centro de herramienta o TCP y por la orientación de la herramienta.

La invención interesa ventajosamente tanto a los robóticos encargados del control no destructivo de piezas mecánicas en un entorno industrial, como a los operadores que ejercen en un contexto de laboratorio.

Descripción de las figuras

- Las características y ventajas de la invención se apreciarán mejor gracias a la descripción del ejemplo de puesta en práctica que sigue, descripción que se apoya en las figuras anejas que presentan:

- la figura 1, una representación esquemática de una sonda acústica sintética tal como la utilizada en el ejemplo de puesta en práctica considerado;
- la figura 2, una representación esquemática de un ejemplo de dispositivo que permite poner en práctica el procedimiento de acuerdo con la invención;
- 5 - la figura 3, un organigrama de principio de las principales etapas del procedimiento de acuerdo con la invención,
- las figuras 4 y 5, ilustraciones relativas a la segunda etapa del procedimiento de acuerdo con la invención;
- las figuras 6 y 7, ilustraciones relativas a la tercera etapa del procedimiento de acuerdo con la invención.

Descripción detallada

10 El principio de la invención consiste en sacar partido del hecho de que la herramienta montada en un brazo manipulador de un robot comprende una sonda acústica, para determinar la posición del centro de herramienta, es decir del centro de referencia de la sonda acústica, y la orientación de la herramienta en el marco de referencia del robot.

Para hacer esto la invención propone utilizar las informaciones facilitadas por la sonda acústica, informaciones sacadas principalmente de las mediciones de tiempo de vuelo y de amplitud de la señal recibida.

15 La descripción que sigue presenta un modo de puesta en práctica del procedimiento de acuerdo con la invención que ilustra este principio de calibración por mediciones acústicas, a través de un ejemplo de puesta en práctica.

20 La herramienta considerada aquí es una herramienta de control no destructivo de una pieza de material compuesto, que comprende una sonda acústica sintética formada por una disposición de una pluralidad de sensores (transductores acústicos). Naturalmente, este ejemplo de puesta en práctica no tiene por objetivo limitar el alcance o la extensión de la invención. En particular, aparecerá evidente al especialista en la materia que naturalmente el principio de localización expuesto aquí es utilizable en el caso de una herramienta que comprenda una sonda acústica cualquiera, sintética o no.

25 En el ejemplo propuesto, la sonda acústica 11 está constituida de una pluralidad de sensores acústicos elementales 12 dispuestos según un esquema matricial plano tal como el ilustrado en la figura 1. Los sensores elementales 12 están colocados en un soporte plano 15 de modo que forman una disposición en líneas 13 y columnas 14 cuya geometría está definida por la localización de la posición de los diferentes sensores en un sistema de ejes ortogonales X e Y que determinan la orientación de la sonda en el espacio. La disposición de los diferentes sensores que forman la sonda acústica define un punto de referencia que corresponde por ejemplo a los sensores centrales 16 y 17 de la sonda.

30 El procedimiento de acuerdo con la invención utiliza un dispositivo anejo de localización, que ocupa una posición fija dada, un dispositivo tal como por ejemplo el ilustrado por la figura 2. Este dispositivo 21 comprende un elemento que presenta una superficie esférica, una bola 22 por ejemplo. Esta bola está asociada a un elemento alargado rectilíneo, que presenta una sección de anchura dada, un vástago 23 preferentemente de sección circular, que constituye un eje de referencia X'. De acuerdo con la invención, el diámetro de la bola 22 es determinado de modo que constituye un elemento puntual visto desde la sonda acústica, habida cuenta de la resolución de esta última. 35 Asimismo, el diámetro del vástago 23 es determinado de modo que presente, visto desde la sonda acústica 11, una arista longitudinal que forma un elemento que refleja las ondas acústicas. En el caso de una sonda acústica sintética tomado aquí como ejemplo, el diámetro de la bola 22 y la sección del vástago 23 son elegidos en función de las dimensiones y del espaciamiento de los sensores elementales 12 que constituyen la fuente 11.

40 En un modo de realización preferido, el dispositivo anejo 21 de acuerdo con la invención comprende, como está ilustrado en la figura 2, una bola esférica 22 de un diámetro determinado, montada en un soporte 24 al cual está fijado el vástago 23 que forma el eje de referencia X'. El conjunto está, preferentemente, configurado de tal modo que cuando el dispositivo está colocado en un plano de referencia 25 (plano horizontal por ejemplo) el vástago 23 está localizado en un plano paralelo al plano de colocación del dispositivo.

45 Como ilustra el organigrama de la figura 3, el procedimiento de acuerdo con la invención pone en práctica el dispositivo 21 para implementar las operaciones de localización siguientes:

- una primera etapa 31 de localización de la posición del punto de referencia de la sonda (TCP) por medición de distancia (medición de tiempo de vuelo) de la bola 22 por la sonda acústica 11 bajo diferentes orientaciones;

50 - una segunda etapa 32 de localización del eje X de referencia de la sonda acústica 11 realizada situando el eje X paralelamente al eje X' del vástago 23, a partir de mediciones de distancia realizadas en diferentes puntos del vástago 23;

- una tercera etapa 33 de localización del eje Y de referencia de la sonda acústica 11 realizada a partir de mediciones de distancia efectuadas desplazando la sonda acústica perpendicularmente al vástago 23.

La primera etapa del procedimiento tiene la función de permitir la determinación de la posición precisa de la sonda acústica 11, dicho de otro modo la de su centro, en un marco de referencia del robot, y por consiguiente la posición de la sonda acústica 11 con respecto a la extremidad del brazo manipulador del robot. Las segunda y tercera etapas tienen a su vez la función de permitir determinar una orientación de referencia de la sonda acústica 11, definida en este mismo marco de referencia y por consiguiente la orientación de la sonda con respecto a la extremidad del brazo manipulador. Esta orientación de referencia se define por ejemplo como la orientación en el espacio del eje normal al plano de la sonda acústica.

De acuerdo con la invención, la primera etapa 31 consiste en llevar la sonda acústica 11 a la proximidad de la superficie de la bola 22 y en efectuar al menos tres mediciones de distancia situando la sonda en tres lugares diferentes en la proximidad de la bola, de tal modo que las mediciones de distancia correspondientes sean efectuadas según tres direcciones de aproximación sensiblemente distintas. Para cada posicionamiento se registra además la posición de la extremidad del brazo manipulador. Se obtienen así tres mediciones, según tres direcciones diferentes, que a continuación son explotadas conjuntamente por el autómata que gobierna el brazo manipulador para determinar geoméricamente, de manera conocida, la posición de la sonda acústica 11 en el marco de referencia del robot. Las distancias bola-sonda son determinadas aquí, de manera conocida, por medición de los tiempos de vuelo de la onda acústica emitida.

La etapa 32 está ilustrada en las figuras 4 y 5. La misma consiste en situar el eje de referencia X de la sonda acústica según una dirección fija conocida del robot o más exactamente del autómata que gestiona los movimientos del brazo del robot.

Para situar el eje de referencia X en una dirección conocida del robot, se hace, en un primer tiempo, desplazar la sonda acústica 11, y por tanto la extremidad del brazo del robot, de modo que se coloque la sonda acústica enfrente del vástago 23.

Después, en un segundo tiempo, se desplaza la sonda acústica 11 en traslación, paralelamente al vástago 23, dicho de otro modo paralelamente al eje fijo de referencia X', registrando el desplazamiento de la extremidad del brazo manipulador, sin modificar la orientación, y se efectúan puntualmente mediciones de amplitud de la señal acústica recibida por los diferentes sensores. Para hacer esto, se emite una onda acústica en la dirección normal al plano de la sonda 11 y se determinan aquéllos de los sensores que captan la onda reflejada por el vástago 23 con la mayor amplitud. Siendo el vástago 23 por principio rectilíneo, estos sensores están alineados según una dirección dada en el plano de la sonda.

Finalmente, en un tercer tiempo, procediendo a mediciones de amplitud de la señal acústica reflejada por el vástago 23, se actúa sobre la extremidad del brazo manipulador de modo que se desplace la sonda acústica 11 y se la haga pivotar para colocar el eje de referencia X de la sonda paralelamente al eje fijo X' de referencia que constituye el vástago 23 de modo que los sensores que captan la onda reflejada por el vástago 23 con la mayor amplitud se encuentren formando una primera fila 51 alineada con el eje X.

Se acciona entonces de nuevo la extremidad del brazo manipulador de modo que se hace pivotar el plano de la sonda acústica según un eje perpendicular al eje del vástago 23 de modo que los sensores 52 y 53 situados en las extremidades de la alineación de sensores 51 precedentes capten la onda reflejada con tiempos de vuelo sensiblemente idénticos..

Así, una vez efectuada la segunda etapa, la sonda acústica es situada de modo que su eje X de referencia sea paralelo al eje X' del vástago 23 cuya dirección es conocida del robot y que los sensores que captan la onda reflejada por el vástago 23 con la mayor amplitud se encuentren alineados con el eje X.

La etapa 33, ilustrada por las figuras 6 y 7, consiste entonces en situar el eje de referencia Y de la sonda según una dirección conocida del robot.

Para realizar este posicionamiento se hace, en un primer tiempo, desplazar en traslación la sonda acústica 11 según una dirección Y' perpendicular al eje X' del vástago 23, registrando el desplazamiento de la extremidad del brazo manipulador, sin modificar la orientación de la sonda acústica. Se desplaza la sonda acústica de tal modo que los sensores que captan la onda reflejada por el vástago 23 con la mayor amplitud se encuentren en una fila 61 alineada con un eje X'' del plano de la sonda paralelo al eje X y distinto de este último. El desplazamiento efectuado define así un eje Y' perpendicular al eje X, cuya orientación es conocida del robot.

Por consiguiente, siendo realizado el desplazamiento según este eje Y', se compara la amplitud y/o el tiempo de vuelo medidos por los sensores de la fila 61, alineada con el eje X'', para determinar si la misma es diferente de la medida en el transcurso de la etapa 32 por los sensores de la fila 51 alineada con el eje X. Si tal es el caso, se efectúa una rotación del plano de la sonda alrededor del eje X, como ilustra la figura 7, de modo que se obtenga una señal correspondiente a un mismo tiempo de vuelo en los dos casos. Entonces, el eje de referencia Y se encuentra alineado con el eje Y'.

De acuerdo con la invención, el registro de los desplazamientos efectuados por la extremidad del brazo manipulador en el transcurso de las dos etapas 32 y 33 para seguir el eje del vástago 23 y el desplazamiento según el eje Y'

asociado al de los movimientos de rotación efectuados para modificar la orientación de la sonda acústica 11 en el transcurso de las mismas etapas, son utilizados para identificar una orientación de referencia del plano de la sonda (es decir, los ejes X e Y) según direcciones conocidas X' e Y' definidas en el marco de referencia. De este modo, si se desea hacer llegar la sonda acústica 11 a una posición precisa dándola una orientación definida, basta desplazar la extremidad del brazo manipulador y modificar la orientación de la sonda acústica desde esta orientación conocida para hacerla adoptar la orientación deseada.

Como se describió anteriormente, el procedimiento de calibración de acuerdo con la invención saca ventajosamente provecho de la capacidad de la sonda acústica 11 que comprende la herramienta utilizada para realizar a la vez mediciones de amplitud de la señal acústica recibida y mediciones de tiempo de vuelo de la onda acústica, siendo utilizadas estas mediciones para determinar la posición de la sonda con respecto al brazo manipulador y una orientación de referencia de la sonda acústica con respecto a los marcos de referencia fijos utilizados para la calibración. Se puede así, sin poner en práctica utillaje complementario a nivel de la herramienta, definir un posicionamiento de referencia de la sonda acústica, posicionamiento que, en fase operativa, permite al robot determinar de modo preciso los cambios de posición y de orientación del brazo manipulador que haya que realizar para situar la sonda acústica 11 en el lugar deseado o por encima de la pieza que haya que probar, con la orientación deseada con respecto a la superficie de la pieza.

Como se ha citado anteriormente, las operaciones de aprendizaje son realizadas mientras que el robot cuyo brazo manipulador lleva la herramienta considerada está colocado en un modo de funcionamiento apropiado.

Este modo de funcionamiento puede ser un modo de funcionamiento manual, en el cual los movimientos del brazo manipulador son mandados directamente por un operador, efectuando entonces el autómatas encargado del control del robot la adquisición de las variaciones de posición y de postura del brazo manipulador en el transcurso de las diferentes fases, siendo interpretadas entonces por el operador las mediciones efectuadas por la sonda acústica para juzgar el posicionamiento correcto de la sonda acústica para cada fase.

Alternativamente este modo de funcionamiento puede ser un modo automático. En este caso el autómatas dispone de informaciones teóricas predeterminadas de posicionamiento y de orientación de la sonda acústica 11, así como de informaciones de posicionamiento de los elementos fijos de referencia (bola 22 y vástago 23), siendo entonces la función del aprendizaje afinar estas informaciones. El autómatas procede entonces por sí mismo, en cada etapa, a un posicionamiento a priori de la sonda acústica 11 y afina este posicionamiento gracias a las mediciones que la misma facilita, de modo que el punto considerado, un punto en la superficie de la bola 22 o un punto en la superficie del vástago 23, esté situado en el plano de focalización de la sonda acústica 11.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para realizar la localización en posición y orientación de una herramienta que comprende una sonda acústica sintética (11) montada en el brazo manipulador de un robot, estando definido el plano de la citada sonda acústica por dos ejes X e Y perpendiculares, siendo realizada la citada localización en un marco de referencia conocido del citado robot, caracterizado por que el mismo comprende las etapas siguientes:
 - una primera etapa (31) durante la cual se determina, por medio de la sonda acústica (11), la distancia entre la sonda acústica y un punto de la superficie de un objetivo puntual de referencia (22) que ocupa una posición fija, siendo determinada esta distancia para tres posiciones diferentes de la sonda acústica (11) con respecto al objetivo (22), siendo deducida geométricamente de las mediciones efectuadas la posición de la sonda acústica (11) con respecto al brazo manipulador;
 - una segunda etapa (32) durante la cual se utilizan mediciones de amplitud y/o de tiempo de vuelo realizadas por la sonda acústica (11), para efectuar la localización de un eje X' de referencia, materializado por un objetivo tubular rectilíneo (23), desplazando la sonda acústica (11) y situándola sucesivamente en diferentes puntos del citado eje X' y para alinear el eje X de referencia de la sonda acústica (11) con el eje fijo de referencia X';
 - una tercera etapa (33) durante la cual se desplaza la sonda acústica (11) según un eje Y' perpendicular al eje fijo de referencia X' y se utilizan mediciones de amplitud y/o de tiempo de vuelo, realizadas por propia la sonda acústica (11), para modificar la orientación del plano de la sonda acústica (11) de modo que se alinee el eje Y de la sonda acústica con este eje perpendicular Y';definiendo la alineación del eje X de la sonda paralelamente al eje de referencia X' y la alineación del eje Y de la sonda con el eje Y' una orientación de referencia de la sonda acústica (11) a partir de la cual se determinan los cambios de orientación impuestos a la sonda acústica (11) por el brazo manipulador del robot.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que la localización del objetivo fijo (22) de referencia es realizada aproximando la sonda acústica (11) al citado objetivo fijo de referencia según una dirección de aproximación dada hasta que la zona de focalización de la sonda acústica (11) esté colocada en la superficie del objetivo (22), y midiendo la distancia que separa entonces la sonda acústica (11) de la superficie del objetivo (22) siendo repetida esta operación para tres direcciones de aproximación distintas.
3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado por que la localización del eje de referencia X' es realizada aproximando la sonda acústica (11) al eje de referencia X' en diferentes puntos de este último, hasta que la zona de focalización de la sonda acústica (11) esté colocada a nivel del eje X' para cada punto de medición considerado, determinando después para cada punto el sensor (12) que haya recibido la señal reflejada con la amplitud máxima para un mismo tiempo de vuelo considerado.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que en el transcurso de la segunda etapa (32), la alineación del eje X de la sonda acústica (11) con el eje de referencia X' es realizada, tras la localización del eje de referencia X', accionando el brazo manipulador del robot de modo que se coloque la sonda acústica (11) según una orientación tal que la señal reflejada por el eje de referencia sea recibida con una amplitud máxima por sensores que forman una misma primera fila (51) alienada según el eje X de la sonda y a los sensores terminales (52, 53) de esta fila reciban la señal reflejada por el eje X' de referencia para tiempos de vuelo sensiblemente iguales.
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por que la alineación del eje X de la sonda acústica (11) con el eje de referencia X' es realizada accionando el brazo manipulador del robot de modo que se coloque la sonda acústica (11) según una orientación tal que la señal reflejada por el eje de referencia X' sea recibida con una amplitud máxima por sensores que forman la fila media (51) de la sonda acústica (11) según el eje Y.
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 o 5, caracterizado por que, en el transcurso de la tercera etapa (33), la sonda acústica (11) es desplazada por el brazo manipulador en traslación según una dirección Y' perpendicular al eje fijo de referencia X', de tal modo que la señal reflejada por el eje de referencia X' sea recibida con una amplitud máxima por sensores que forman una segunda fila (61) distinta de la primera fila (51) de sensores utilizada para alinear el eje X de la sonda con el eje de referencia X', y después experimenta un movimiento de rotación de su plano alrededor del eje X de tal modo que la amplitud de la señal acústica recibida por los sensores que forman esta segunda fila (61) sea sensiblemente igual a la recibida en el transcurso de la segunda etapa (32) por los sensores que forman la primera fila (51).
7. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que, siendo transmitidas al autómatas la posición de la sonda acústica (11) en el instante considerado así como la posición y la orientación de los elementos fijos de referencia en el marco de referencia, determinadas de manera teórica, el autómatas procede por sí mismo, en cada etapa, a un posicionamiento a priori de la sonda acústica (11) y afina este posicionamiento gracias a las mediciones facilitadas por la citada sonda acústica, de modo que el punto objetivo, en el instante considerado esté situado en el plano de focalización de la sonda acústica (11).

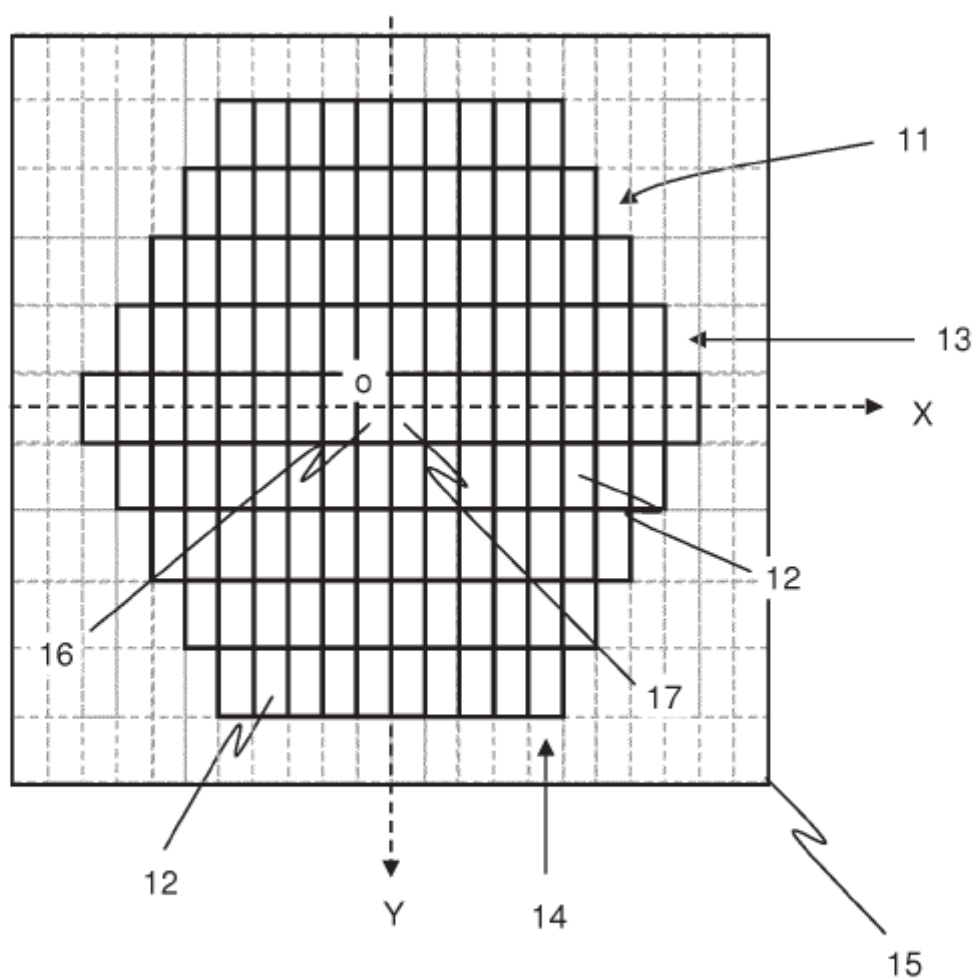


Fig. 1

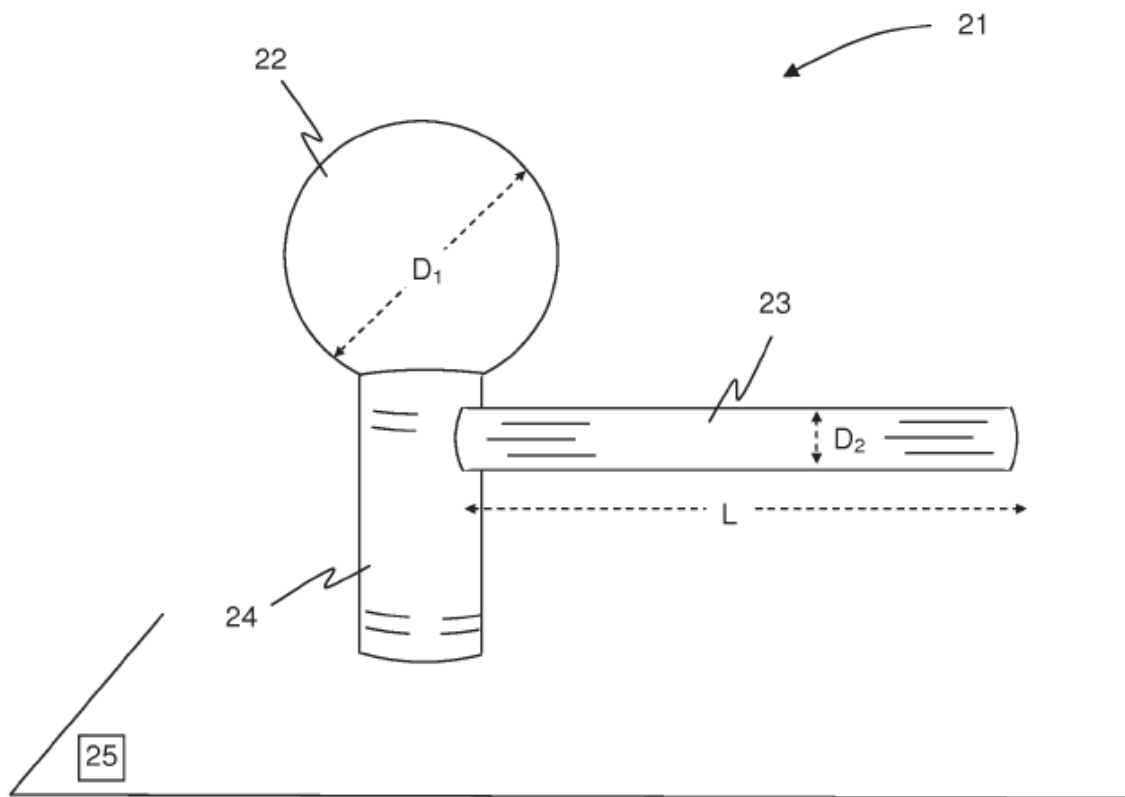


Fig. 2

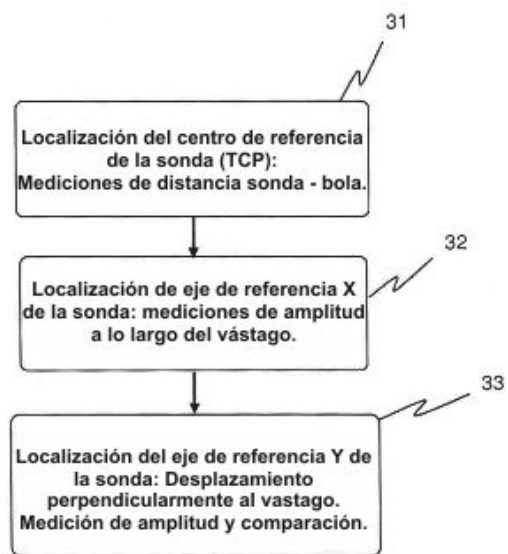
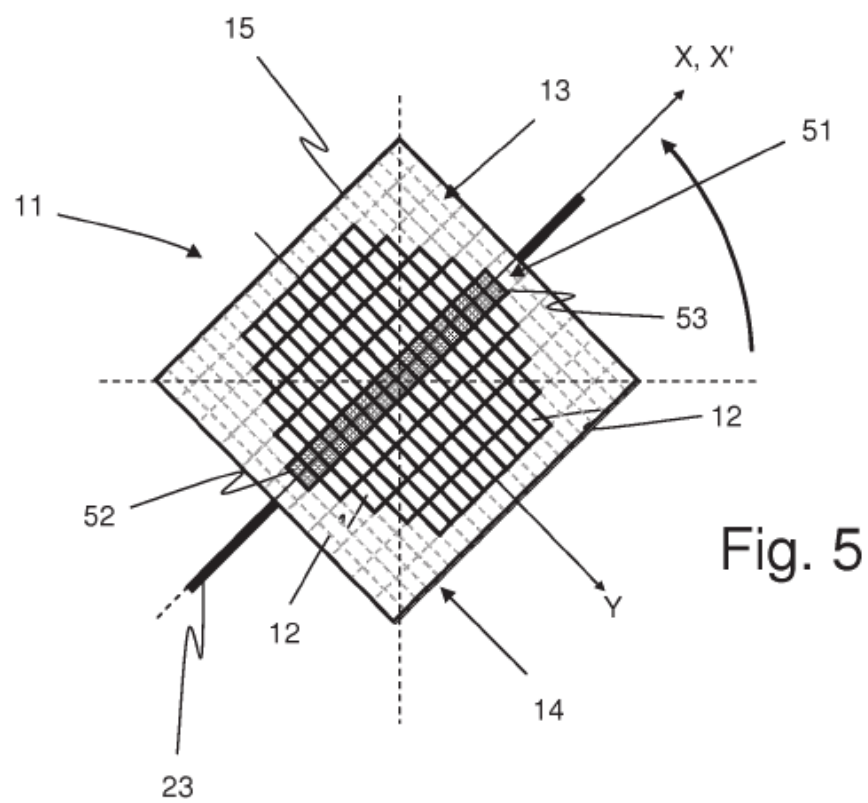
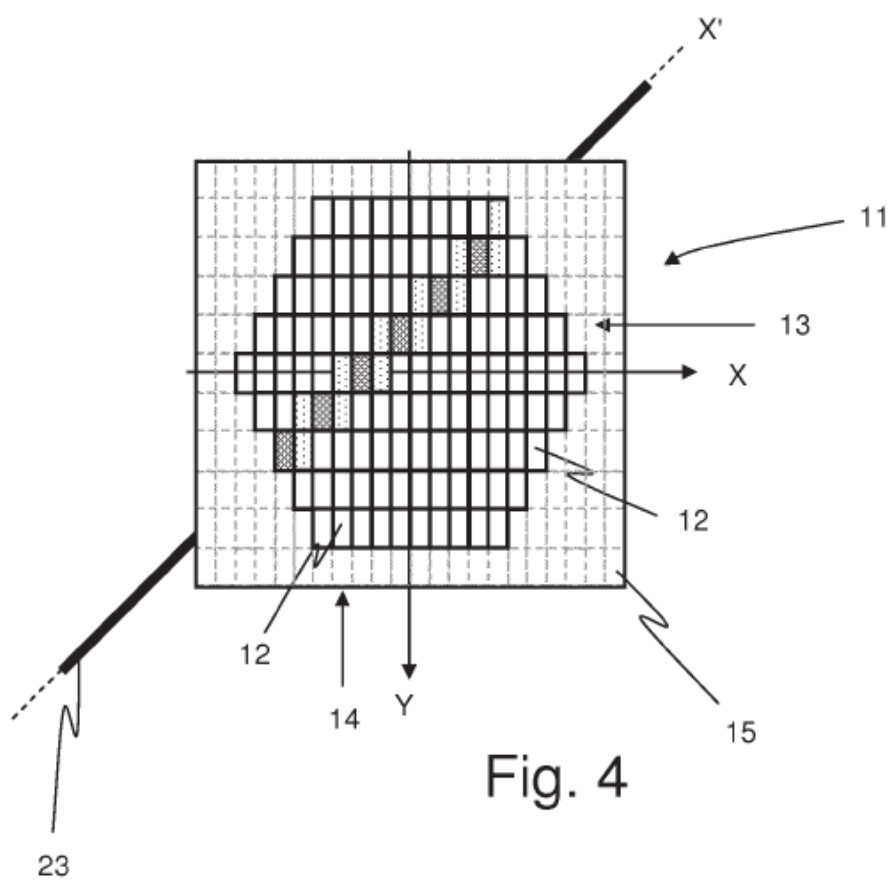


Fig. 3



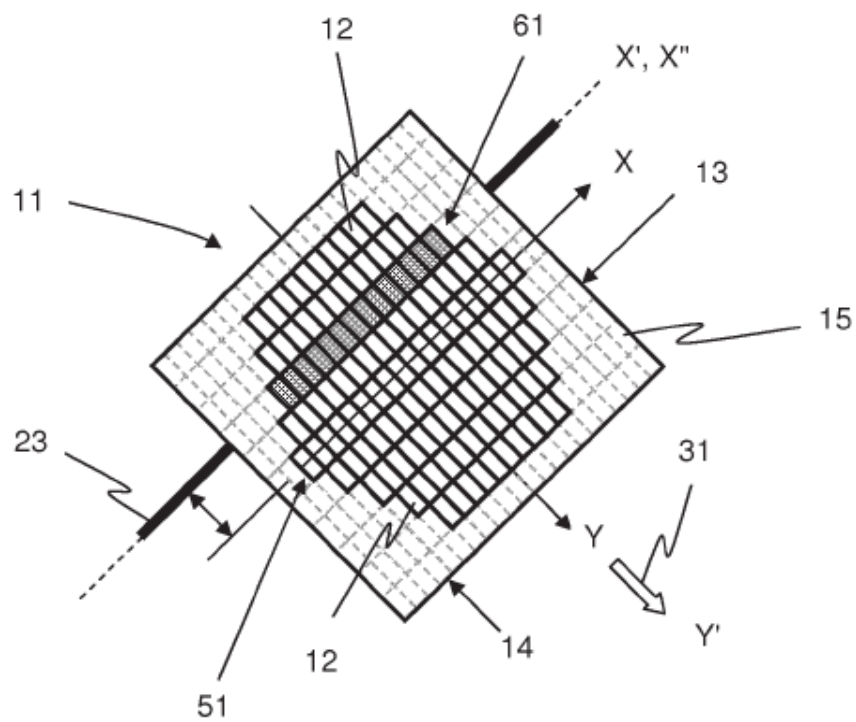


Fig. 6

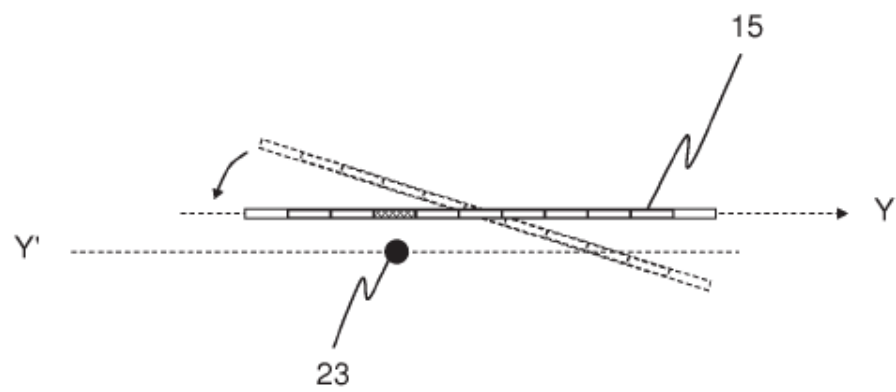


Fig. 7