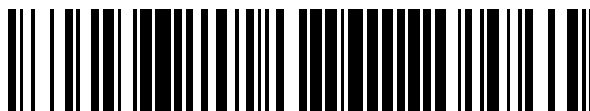


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 663 537**

51 Int. Cl.:

G01B 11/25 (2006.01)

B25J 9/16 (2006.01)

G05B 19/4069 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.06.2010 E 10006149 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.01.2018 EP 2281666**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de simulación para la medición de un componente y la optimización de la medición real correspondiente**

30 Prioridad:

22.07.2009 DE 102009034244

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

13.04.2018

73 Titular/es:

**KUKA ROBOTER GMBH (100.0%)
Zugspitzstrasse 140
86165 Augsburg, DE**

72 Inventor/es:

**BERNHARD, CHRISTIAN;
BONGARDT, THOMAS y
HAAG, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 663 537 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 y dispositivo de simulación para la medición de un componente y la optimización de la medición real correspondiente

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo para la medición de una característica de un componente, por medio de un dispositivo de detección, especialmente guiado por un manipulador.

10 Por ejemplo en la fabricación automatizada, frecuentemente se usan sistemas de medición para reconocer componentes o determinar su posición, orientación o dimensiones. Para ello, por ejemplo, se emplean sistemas de medición ópticos en los que un láser proyecta un patrón óptico sobre el componente, que es grabado por una cámara. Mediante la evaluación de la imagen de la cámara pueden determinarse la distancia, la orientación y las dimensiones de la característica. El documento EP1524492B1 describe este tipo de medición tridimensional de componentes por medio de una unidad de proyector y detector guiada por robot.

15 Hasta ahora, la posición del proyector y del detector así como otros parámetros de medición como por ejemplo un patrón proyectado que ha de ser detectado, se ajustan generalmente de forma manual in situ. Esto no sólo requiere mucho tiempo, sino que además puede conducir a que la medición no pueda realizarse de forma óptima o, en casos extremos, incluso no pueda realizarse, por ejemplo, porque el emisor o el receptor no pueden ponerse en una posición adecuada, no tienen vista hacia la característica que ha de ser medida, o similares.

20 El documento DE202006020299U1 propone para ello prever varios sensores 3D distintos y seleccionar respectivamente el adecuado. Por el documento DE102005048136A1 se conoce el modo de desplazar un TCP virtual de un sensor de sección luminosa guiado por robot, mediante el movimiento del robot a un punto de medición de una característica de referencia.

25 El documento EP1026637A2 da a conocer dispositivos y procedimientos para la simulación de un sistema de inspección basado en visión, mediante el que se miden características de objetos de fabricación. Para ello, se emplean modelos gráficos de los objetos que han de ser medidos en un mundo virtual y modelos para describir los efectos de lente de la cámara.

30 El documento EP1881383A2 da a conocer un dispositivo de simulación para un sistema de medición a base de un sistema de robot con cámara para permitir la fijación de la posición adecuada de la cámara y permitir la adaptación de parámetros de detección adicionales y transferirlos posteriormente al sistema de medición.

35 El documento EP1527850A2 da a conocer un dispositivo de simulación para un sistema de medición a base de un sistema de robot con cámara para identificar offline la posición óptima de la cámara y permitir la adaptación de parámetros de detección adicionales.

40 El documento US6,249,285B1 da a conocer un procedimiento y un dispositivo para configurar un dispositivo de medición basado en cámara. El procedimiento se realiza de forma iterativa hasta que el usuario haya obtenido a su juicio una estimación fiable de la capacidad de medición.

La presente invención tiene el objetivo de mejorar la medición de una característica de un componente.

45 Este objetivo se consigue mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1. La reivindicación 12 protege un dispositivo, la reivindicación 13 o 14 un programa informático o un producto de programa informático, especialmente un soporte de datos o un medio de memoria, para la realización de un procedimiento según la reivindicación 1. Las reivindicaciones subordinadas se refieren a variantes ventajosas.

50 Según la invención, se propone medir virtualmente, a modo de prueba, un modelo virtual de la característica que ha de ser medida, por medio de un modelo virtual de un dispositivo de detección, es decir, simular la medición virtualmente. Esto permite una prueba, una garantía u optimización rápidas y económicas del proceso de medición. La medición mejorada según la invención de una característica de un componente, por ejemplo, de un contorno geométrico o de un patrón de zonas reflejadas de distintas maneras, puede comprender por ejemplo la detección de la posición, es decir, de la situación y/u orientación de la característica con respecto al dispositivo de detección o a un sistema de referencia, la detección de su forma y/o dimensiones, la detección de una desviación de una configuración de referencia o similares, y usarse por ejemplo para la medición de geometría absoluta o relativa de componentes, para el reconocimiento de componentes o para el guiado de un manipulador, especialmente de un robot, por ejemplo, en el seguimiento de cordones de soldadura, la orientación de componentes durante el montaje o la calibración de un manipulador.

Para ello, se prepara una situación de medición con un dispositivo de detección y con el componente y la o las características se miden con el dispositivo de detección. El dispositivo de detección puede presentar uno o varios emisores, especialmente emisores para la emisión de radiación electromagnética como por ejemplo luz visible o invisible, especialmente luz ultravioleta, radiación X u ondas de radio tales como se usan en la tecnología de radar.

Adicionalmente o alternativamente, pueden estar previstos uno o varios emisores para la emisión de sonido, especialmente ultrasonido. De manera correspondiente, el dispositivo de detección puede presentar uno o varios receptores, especialmente para la recepción de tal radiación electromagnética, por ejemplo en forma de una o varias cámaras CCD o CMOS o de sensores de posición ópticos ("Position Sensitive Detektor", PSD / detector sensitivo de posición) o para la recepción de sonido.

Según la invención, uno o varios emisores proyectan sobre la característica un patrón, por ejemplo un punto, una raya, un rectángulo, otra figura geométrica o similares, por ejemplo, de tal forma que un láser proyecta un patrón óptico correspondiente mediante deflexión, diafragmas o similar. Uno o varios receptores toman una imagen en la que una evaluación de imágenes, especialmente una detección de imágenes, detecta el patrón reflejado o complementario y, a partir de la reproducción del patrón, determina por ejemplo la posición, la forma, las dimensiones, la desviación de la característica de una configuración de referencia o similar. Preferentemente se puede emplear una triangulación, especialmente una triangulación de línea luminosa o de sección luminosa. Pero para medir la característica también se puede emplear un escaneado en el que por ejemplo uno o varios puntos, preferentemente una nube de puntos tridimensional, se proyectan sobre la característica, o la exploración de la característica por medio de rayos de radar, ondas acústicas o similares.

Por situación de medición se denomina especialmente la configuración del dispositivo de detección así como la constelación entre el dispositivo de detección y el componente o la característica. Por consiguiente, la preparación de la situación de medición, especialmente la preparación del dispositivo de detección, del componente y/o del entorno de medición, por ejemplo de la luminosidad o iluminación ambiente.

Por consiguiente, la preparación puede comprender especialmente el posicionamiento del dispositivo de detección y/o de la característica uno respecto a otra. El componente, el emisor y/o el receptor pueden ser respectivamente estacionarios o móviles, especialmente estar guiados por manipulador. Por ejemplo, en un componente estacionario, un emisor puede estar dispuesto en un elemento, especialmente en la brida de herramienta, de un manipulador, pudiendo ponerse mediante este en una posición predefinida, definida por ejemplo por coordenadas cartesianas en un sistema de referencia fijo al entorno o al manipulador, y/o en una orientación predefinida que puede describirse por ejemplo por ángulos de EULER o CARDÁN con respecto al sistema de referencia. Entonces, un receptor estacionario puede orientarse, por ejemplo deslizarse y/o girarse, de tal forma que detecte el patrón proyectado por el emisor y reflejado por la característica. De forma análoga se puede disponer un receptor en un elemento del manipulador y ponerse mediante este en una posición predefinida para grabar un patrón proyectado por el emisor sobre la característica y reflejado por esta al menos en parte. En una forma de realización preferible, el dispositivo de detección estacionario o móvil, especialmente guiado por manipulador, comprende tanto al menos un emisor como al menos un receptor, por ejemplo en forma de un cabezal de láser, radar o acústico y de un detector correspondiente, por ejemplo en forma de una cámara, que pueden posicionarse juntos con respecto a la característica y, dado el caso, deslizarse y/o girarse uno respecto a otro. La preparación del dispositivo de detección puede comprender entonces el posicionamiento del dispositivo de detección fijado por ejemplo a un elemento, especialmente a una brida de herramienta, de un manipulador, con respecto a la característica, y/o el deslizamiento o el giro del emisor y del receptor uno respecto a otro.

Adicionalmente o alternativamente, la preparación puede comprender también la definición de parámetros de medición del dispositivo de detección. Los parámetros de medición pueden comprender por ejemplo el patrón proyectado, especialmente su forma, tamaño y/u orientación, el tipo, la intensidad, la frecuencia y/o la potencia de la radiación, el tipo, la precisión o el procedimiento de una evaluación de imágenes, o similares.

El modelo virtual del dispositivo de detección describe preferentemente una o varias, preferentemente todas las propiedades o funciones del dispositivo de detección que son esenciales para la medición. Por ejemplo, puede describir dimensiones geométricas del dispositivo de detección, posibilidades de preparación, especialmente posiciones de posicionamiento, ejes de emisor y/o de receptor, por ejemplo ejes ópticos de un láser o de una cámara, y/u otras magnitudes de radiación tales como puntos focales, planos de reproducción, diafragmas, aberturas, distorsiones o similares en función de una posición y/o de parámetros de medición. En una forma de realización preferible, el modelo virtual del dispositivo de detección se adapta automáticamente al dispositivo de detección real, por ejemplo, de tal forma que ajustes que se realizan en uno de los dispositivos de detección virtual y real se transmiten al otro de los dispositivos de detección virtual y real.

El modelo virtual de la característica describe de manera correspondiente preferentemente una o varias, preferentemente todas las propiedades de la característica, esenciales para la medición. Puede describir a su vez por ejemplo dimensiones geométricas de la característica, su estructura, sus propiedades de superficie, como por ejemplo su color, y especialmente magnitudes de radiación como por ejemplo propiedades de reflexión, por ejemplo los grados de reflexión y/o grados de absorción, índices de refracción, la polarización o similares.

Un modelo virtual puede crearse de forma manual o automática, por ejemplo, seleccionarse de un catálogo de modelos predefinidos. Preferentemente, el modelo virtual usado del dispositivo de detección o de la característica se predefine automáticamente en función del dispositivo de detección usado o de la característica que ha de ser medida.

Una medición virtual simula de manera correspondiente la medición de la característica (virtual) por el dispositivo de detección (virtual). Especialmente, la medición virtual puede comprender una grabación de imagen simulada de una imagen de un patrón reflejado por la característica virtual, detectada por el dispositivo de detección virtual. En una forma de realización preferible, la señal virtual, es decir simulada, detectada por el dispositivo de detección virtual, por ejemplo, una imagen virtual de un patrón, se procesa con un procesamiento de señales, por ejemplo una evaluación de imágenes, empleada también en el dispositivo de detección real. De esta manera, se pueden evitar diferencias entre el procesamiento de señales simulado y el procesamiento de señales real. Además, generalmente, el procesamiento de señales real ya está disponible, lo que reduce el gasto de la medición virtual, especialmente en cuanto al software.

Para aumentar el valor informativo y la precisión, en la medición virtual se pueden tener en cuenta interferencias en el proceso de medición. Por ejemplo, durante la medición virtual a modo de prueba se pueden simular adicionalmente luz extraña parásita, reflexiones en el componente u otras superficies, componentes adicionales, características de componentes o elementos del entorno como por ejemplo elementos de manipulador que ensombrecen la característica o entorpecen un posicionamiento del dispositivo de detección, errores cromáticos, errores esféricos, curvaturas de campo, distorsiones, daños o ensuciamientos del dispositivo de detección y/o de la característica del componente, y similares.

En base a la medición virtual pueden realizarse entonces la preparación de la situación de medición, especialmente del dispositivo de detección, y/o la medición de la característica. Por ejemplo, la posición y/o el parámetro de medición que se comprobaron en la simulación, pueden aceptarse de forma manual o automática para el dispositivo de detección real. De esta manera, especialmente, en dispositivos de detección guiados por manipulador pueden generarse o planificarse vías de medición para el manipulador.

Según una forma de realización de la presente invención, la simulación de la comprobación de parámetros predefinidos para el dispositivo de detección y/o para el proceso de medición, por ejemplo de un proceso de medición planificado manualmente con condiciones marginales predefinidas, como las que pueden existir por ejemplo en dispositivos de detección estacionarios. En una forma de realización preferible, sin embargo, se varían diferentes posiciones y/o parámetros de medición para el dispositivo de detección y/o diferentes parámetros, por ejemplo condiciones de iluminación ambiental y similares, para el proceso de medición, y se realiza respectivamente una medición virtual y esta se valora por ejemplo en forma de una función de calidad para así optimizar previamente la medición, preferentemente offline.

Según la invención, se crea un modelo virtual del dispositivo de detección y con este se mide a modo de prueba virtualmente, es decir de forma simulada, un modelo virtual de la característica. Esto puede realizarse durante la preparación real de la situación de medición real y/o durante la medición real de la característica real. En una forma de realización preferible, se realiza previamente offline en el marco de una simulación.

Anteriormente se ha hecho referencia a que el dispositivo de detección puede posicionarse de forma guiada por manipulador. Pero, dado que en la medición importa esencialmente la posición uno respecto a otro del dispositivo de detección y del componente que ha de ser medido, adicionalmente o alternativamente, también el componente puede posicionarse de forma guiada por manipulador. De manera correspondiente, también en la simulación, el modelo de dispositivo de detección y/o el modelo de componente se pueden posicionar en un entorno virtual, para determinar así por ejemplo tanto la posición óptima de un manipulador, especialmente un robot industrial, que lleva el dispositivo de detección, como la posición de medición óptima del componente, por ejemplo sobre una mesa giratoria. Por consiguiente, la preparación de la situación de medición puede comprender la selección o la predefinición de la posición del dispositivo de detección y del componente que ha de ser medido, uno respecto a otro.

Más ventajas y características resultan de las reivindicaciones subordinadas y los ejemplos de realización. Para ello, muestran, en parte de forma esquematizada:

- 5 la figura 1: una situación de medición desfavorable;
- la figura 2: una situación de medición optimizada según una forma de realización de la presente invención; y
- la figura 3: la secuencia de un procedimiento según la invención.

10 Las figuras 1, 2 muestran un robot industrial 4 de seis ejes que en su brida de herramienta lleva un dispositivo de detección en forma de un cabezal emisor-receptor 1 con un láser y con una cámara CCD. El láser emite una cortina de luz realizada en forma de abanico por una óptica correspondiente, para proyectar sobre una superficie diferentes patrones 3 ópticos, en el ejemplo de realización por ejemplo un rectángulo con una cruz central inscrita (véase la figura 2).

15 Con el dispositivo de detección 1 debe medirse una característica en forma de un escalón 2.1 de un componente 2 escalonado.

20 La figura 1 muestra como situación de partida una situación de medición desfavorable entre el componente 2 estacionario, cuya posición con respecto a la base del rotor está predefinida, y el dispositivo de detección 1. Se puede apreciar que el patrón óptico 3 no es óptimo para medir el escalón 2.1, ya que el rayo láser indicado con puntos y rayas discurre sustancialmente de forma paralela al escalón 2.1, y la cruz central se encuentra a la altura del canto del escalón y, por tanto, no se ilumina el escalón 2.1.

25 La figura 3 muestra la secuencia de un procedimiento según la invención. En primer lugar, se prepara una situación de medición virtual, es decir, la situación de medición real descrita anteriormente se reproduce en un entorno virtual. Para ello, en un paso S10 se prepara un modelo virtual 1' del dispositivo de detección 1, que describe las funciones esenciales del cabezal emisor-receptor 1, por ejemplo, el patrón 3' proyectado por este en función de su posición con respecto a la superficie de proyección. En un paso S20 se prepara de manera correspondiente un modelo virtual 2.1' de la característica 2.1 del componente 2, que reproduce las características esenciales de este, por ejemplo, la reflexión de un patrón proyectado. Los modelos virtuales pueden ser seleccionados por ejemplo por el usuario en una biblioteca de modelos y ser configurados de manera correspondiente. Igualmente, es posible seleccionar los modelos automáticamente, por ejemplo, con la ayuda del cabezal emisor-receptor 1 abridado, reconocido por el dispositivo para la medición. Como posición de base del dispositivo de detección 1' virtual puede predefinirse por ejemplo la posición que corresponda a una posición cero o de referencia del robot 4.

35 Entonces, en una simulación se mide virtualmente el modelo de característica 2.1' con el modelo de dispositivo de detección 1'. Para ello, se simula la imagen del patrón 3' que la cámara graba en la situación de medición virtual, es decir, la posición del modelo de dispositivo de detección y de componente 1', 2' uno respecto a otro, del modelo 3' proyectado virtualmente. Esta imagen se evalúa con el software de evaluación de imágenes empleado también en el proceso de medición real (paso S30).

40 El resultado de la evaluación de imágenes se valora con una función de calidad que por ejemplo tiene en consideración si y cuánto de la característica 2.1' que ha de ser medida se cubre con el patrón 3', qué parte del rayo láser se refleja de vuelta a la cámara CCD, cómo exactamente la geometría detectada de la característica virtual coincide con los parámetros de modelo de esta, o similares. Preferentemente, se valora un criterio de calidad mixto, como suma preferentemente ponderada de varios criterios individuales.

45 A continuación, se varía la situación de medición, por ejemplo disponiendo el cabezal emisor-receptor virtual 1' en otra posición con respecto al modelo de componente 2' y/o variando, por ejemplo aumentando, el patrón 3' proyectado. De esta manera, por un optimizador se modifican de manera selectiva parámetros del proceso de medición, especialmente la posición del modelo de dispositivo de detección 1' y el tamaño del patrón óptico 3' virtual, hasta que la función de calidad indica una situación de medición suficientemente buena, definida entonces como óptima.

55 Adicionalmente, en la simulación se tiene en consideración la influencia de la luminosidad ambiental, por ejemplo de luces parásitas, de tal forma que esto se tiene en consideración en la determinación de la imagen simulada del patrón 3', que la cámara graba virtualmente en la situación de medición virtual. Por consiguiente, por ejemplo, es posible detectar una luminosidad ambiental óptima o adaptar a las condiciones ambientales el patrón 3' que ha de ser proyectado, especialmente su forma, su tamaño o la potencia del láser. En una variante no representada se puede variar también el tipo de dispositivo de detección. Por ejemplo, se puede cambiar a un cabezal emisor-receptor ultrasónico virtual, si se detecta que a causa de la luminosidad ambiental no variable no se puede realizar una medición óptica.

5 En la simulación se tiene en consideración también la posibilidad de movimiento del robot 4. Por ejemplo, en la simulación se excluye un descenso adicional del dispositivo receptor virtual 1' verticalmente hacia abajo en la situación de medición representada en la figura 1, ya que ello conduciría a una autocolisión del balancín con el carrusel del robot 4.

10 Los parámetros óptimos encontrados de esta manera, especialmente la posición y la potencia de láser del dispositivo de detección 1'* virtual óptimo así como el patrón óptico 3'* óptimo se transfieren a un control del robot 4, que para la medición del componente 2 real prepara la situación de medición óptima, representada en la figura 2, de tal forma que pone el cabezal de emisor-receptor 1' en una posición en la que este proyecta al escalón 2.1 un patrón 3 suficientemente grande y rico en contraste.

Lista de signos de referencia

- 15 1(') Cabezal emisor-receptor (virtual) (dispositivo de detección)
2(') Componente (virtual)
2.1(') Escalón (característica) (virtual)
3(') Patrón (virtual)
20 4 Robot industrial (manipulador)

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para la medición de una característica (2.1) de un componente (2), con los pasos:
- 5 a) la preparación de una situación de medición con un dispositivo de detección (1) y con el componente (2);
 b) la medición de la característica (2.1) con el dispositivo de detección;
 c) la preparación (S10, S20) de una situación de medición virtual con un modelo virtual (1') del dispositivo de
 detección (1) y con un modelo virtual (2.1') de la característica (2.1); y
 10 d) la medición virtual (S30) del modelo de característica (2.1') con el modelo de dispositivo de detección (1'),
caracterizado porque la medición virtual comprende una toma de imagen virtual (S30) de una imagen, reflejada
 por la característica virtual (2.1') y detectada por el dispositivo de detección virtual (1'), de un patrón (3') reflejado
 por la característica virtual (2.1'), siendo proyectado virtualmente el patrón reflejado (3') sobre la característica
 virtual (2.1') por al menos un emisor.
- 15 2.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la preparación de la
 situación de medición y/o la medición de la característica (2.1) se realizan sobre la base de la medición virtual.
- 20 3.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la preparación comprende el
 posicionamiento del dispositivo de detección (1) y de la característica (2.1) uno respecto a otra o del modelo de
 dispositivo de detección (1') y del modelo virtual (2.1') de la característica (2.1) uno respecto a otro.
- 25 4.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la preparación comprende la
 definición de parámetros de medición del dispositivo de detección (1) o del modelo de dispositivo de detección (1').
- 5.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los pasos c) y/o d) se
 repiten, en donde se varían, especialmente se optimizan (S40) parámetros del proceso de medición, especialmente
 una posición y/o parámetros de medición del modelo de dispositivo de detección.
- 30 6.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el dispositivo de detección
 (1) o el modelo de dispositivo de detección (1') presentan al menos un emisor, especialmente para la emisión de
 radiación electromagnética, preferentemente luz u ondas de radio, y/o sonido.
- 35 7.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el dispositivo de detección
 (1) o el modelo de dispositivo de detección (1') presentan al menos un receptor, especialmente para la recepción de
 radiación electromagnética, preferentemente luz u ondas de radio, y/o sonido.
- 8.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la medición o la medición
 virtual comprende una evaluación de imágenes.
- 40 9.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el modelo de característica
 virtual (2.1') describe propiedades de superficie de la característica (2.1), especialmente el color, la estructura y/o el
 grado de reflexión.
- 45 10.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la medición virtual tiene en
 consideración interferencias, especialmente luz extraña, reflexiones, otros componentes o características del
 componente.
- 50 11.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el dispositivo de detección
 (1), el dispositivo de detección virtual (1'), el componente (2) que ha de ser medido y/o el modelo de componente
 virtual (2') se posicionan automáticamente, especialmente de forma guiada por manipulador.
- 55 12.- Dispositivo para la medición de una característica (2.1) de un componente (2) por medio de un dispositivo de
 detección (1) perteneciente al dispositivo, especialmente guiado por manipulador, **caracterizado por** un dispositivo
 de simulación que está preparado para la realización de un procedimiento según una de las reivindicaciones
 anteriores.
- 13.- Programa informático que realiza un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11, cuando se está
 ejecutando en un dispositivo de simulación según la reivindicación 12.
- 60 14.- Producto de programa informático con el código de programa que está almacenado en un soporte legible a
 máquina y que comprende un programa informático según la reivindicación 13.

Fig. 1

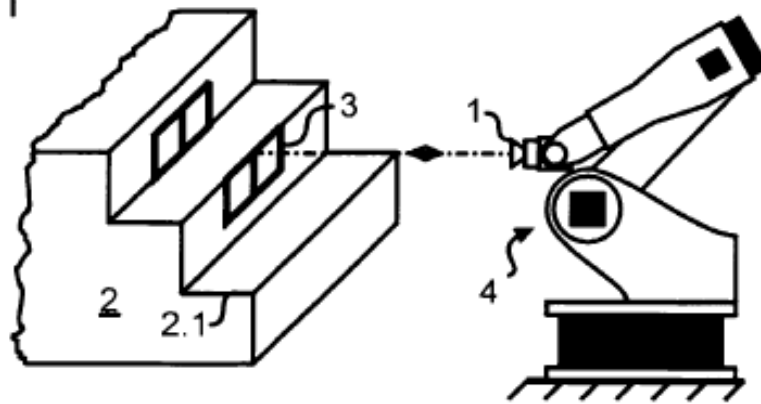


Fig. 2

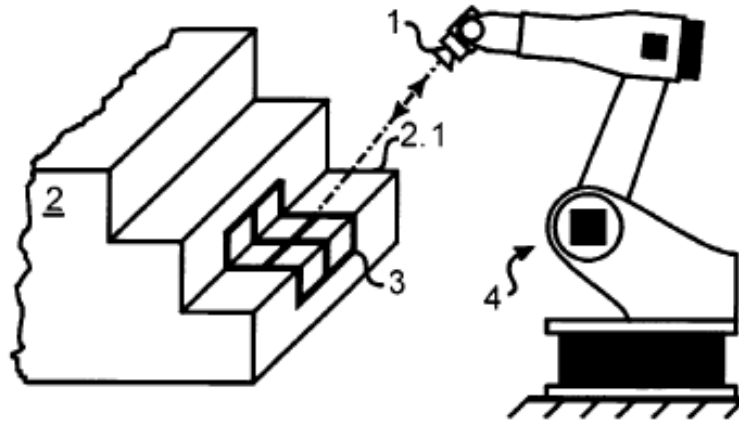


Fig. 3

