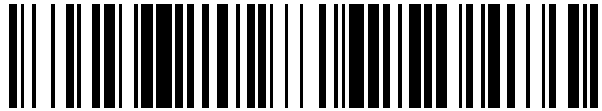


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 639 744**

51 Int. Cl.:

**B25J 9/16**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.01.2003** **E 03000274 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017** **EP 1332841**

54 Título: **Procedimiento de control de un robot y unidad de control para un robot**

30 Prioridad:

**16.01.2002 DE 10201488**

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

**30.10.2017**

73 Titular/es:

**DÜRR SYSTEMS GMBH (100.0%)  
CARL-BENZ-STR. 34  
74321 BIETIGHEIM-BISSINGEN, DE**

72 Inventor/es:

**SCHUMACHER, HANS, DR.;  
JOST, JÜRGEN;  
SANDMANN, MANFRED;  
BLOCK, TORSTEN;  
FREY, MARCUS y  
MEISSNER, ALEXANDER, DR.**

74 Agente/Representante:

**CURELL AGUILÁ, Mireia**

**ES 2 639 744 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 de control de un robot y unidad de control para un robot.

5 La invención se refiere a un procedimiento para controlar un robot según la reivindicación 1 así como a una unidad de control correspondientemente estructurada para un robot según la reivindicación 8.

10 Durante la utilización de robots existe, a causa de las relaciones de espacio frecuentemente estrechas, por ejemplo, en cabinas de robot, el peligro de que el robot atreviese, a causa de las velocidades de regulación parcialmente muy altas, limitaciones espaciales tales como la pared de la cabina, lo que puede conducir a una lesión de las personas que se encuentren detrás de ella. Un ejemplo típico lo constituyen los robots de pintado para el revestimiento en serie de piezas tales como carrocerías de vehículos automóviles en cabinas de pulverización.

15 Por ello se conocen controles de robot en los cuales el operador puede cerrar así llamadas áreas cerradas para el movimiento del robot, con el fin de evitar una colisión. De este modo el operador puede predeterminedar, por ejemplo, que el llamado TCP (Tool Center Point) no pueda superar un valor de la coordenada x predeterminedo ni un valor de la coordenada y predeterminedo. Al superar los límites del área cerrada definida por el operador el control del robot detiene el movimiento del robot, con el fin de impedir una colisión.

20 Aquí es problemático que el movimiento del robot, en caso de una señal de parada del control del robot, se detiene únicamente con un retraso temporal y tras recorrer un recorrido de detención, de manera que el operador debe mantener una distancia de seguridad notable durante el establecimiento de los límites del área cerrada, con lo cual se limita el espacio de trabajo disponible del robot.

25 Por el documento EP-A-0 382 231 se conoce un control de movimiento para una grúa giratoria. Para ello se determina, en función de la posición momentánea de la grúa, es decir de la distancia del elemento de la grúa que hay que vigilar con respecto a una limitación, la velocidad de movimiento máxima admisible de la grúa, cuando el elemento de la grúa que hay que vigilar debe detenerse antes de la limitación. El movimiento de la grúa es frenado con ello cuando la velocidad de movimiento medida de la grúa supera la velocidad de movimiento máxima admisible. De esta manera se asegura que la grúa se detenga todavía antes de la limitación en caso de una eventual parada de emergencia. Esta publicación no contiene, sin embargo, indicación alguna de una posible utilización para controlar el movimiento de un robot de pintado. Esta publicación prevé además únicamente una vigilancia de la velocidad, pero ninguna vigilancia de la posición en el sentido en que la posición de un punto de referencia en la grúa sea comparada con una distancia de seguridad predeterminedada para una limitación.

35 Por el documento JP H11 347983 A se conoce un procedimiento para controlar un robot industrial, en el cual se detecta por lo menos la posición de un punto de referencia en el robot. La posición del punto de referencia se compara entonces con por lo menos un valor límite predeterminedo, definiendo el valor límite una zona bloqueada para el movimiento del robot. Dependiendo de la distancia entre la posición del punto de referencia y el valor límite predeterminedo se influye entonces sobre el movimiento del robot. Además se detecta también la velocidad del robot y se determina, en función de la posición del punto de referencia, una velocidad máxima para el robot, influyéndose sobre el movimiento del robot cuando la velocidad de robot alcanza o supera la velocidad máxima. Esta publicación da a conocer por lo tanto únicamente una vigilancia de la velocidad.

El documento DE 28 50 455 A1 divulga un procedimiento para controlar un brazo articulado en el espacio con las etapas siguientes:

- 50
- detectar la posición de por lo menos un punto de referencia en el brazo,
  - comparar la posición del punto de referencia con por lo menos un valor límite predeterminedo, definiendo el valor límite una zona bloqueada para el movimiento del brazo,
  - influir en el movimiento del robot, en función de la distancia entre la posición del punto de referencia y el valor límite predeterminedo,
- 55
- detectar la velocidad del robot determinándose, en función de la velocidad del brazo, una distancia de seguridad e influyéndose sobre el movimiento del brazo, cuando la posición del punto de referencia alcanza la distancia de seguridad con respecto al valor límite predeterminedo.

60 De todos modos, esta publicación no se refiere a ningún procedimiento para controlar un robot de pintado, de manera que esta publicación no es genérica.

La invención se plantea, por consiguiente, el problema de mejorar el control de seguridad descrito con anterioridad para un robot en cuanto a que se evite de forma segura una colisión del robot con objetos y personas situados en su entorno, sin que limite innecesariamente la zona de trabajo del robot.

65

El problema se resuelve, en lo referente a un procedimiento de control correspondiente, mediante las características de la reivindicación 1 y, en cuanto a una unidad de control correspondientemente estructurada para un robot, mediante las características de la reivindicación 8.

5 La invención comprende la enseñanza técnica general de tener en cuenta la velocidad actual del robot, durante el control de un robot.

10 Se calcula la distancia de seguridad o el recorrido de detención correspondiente del robot en función del valor y/o de la dirección de la velocidad del robot. Para una velocidad baja del robot esto conduce también a una distancia de seguridad pequeña, de manera que el robot puede acercarse más a los límites del área cerrada. Para una velocidad del robot mayor son, por el contrario, mayores el recorrido de detención y con ello también la distancia de seguridad necesaria, de manera que el robot debe mantener una distancia mayor con respecto a los límites del área cerrada.

15 La velocidad del robot se puede comparar también con valores límite predeterminados para la velocidad del robot, los cuales se determinan en función de la posición del robot. De este modo el robot puede desplazarse, por ejemplo, a velocidades relativamente altas en el centro de su zona de trabajo, mientras que por el contrario puede moverse únicamente a velocidades bajas en las zonas del margen de su zona de trabajo en las proximidades de los límites del área cerrada.

20 La velocidad del robot máxima admisible se puede calcular, por ejemplo, en función de las coordenadas de posición de uno o varios puntos de referencia en el robot. Sin embargo, es también posible calcular la velocidad del robot máxima admisible en función de la posición del robot en los grados de libertad de movimiento individuales. Por último se pueden combinar también entre sí las dos posibilidades descritas con anterioridad, gracias a que durante el cálculo de la velocidad del robot máxima admisible se tengan en cuenta, durante el  
25 cálculo de la velocidad del robot máxima admisible, tanto las coordenadas de posición de uno o varios puntos de referencia como también la posición del robot en los grados de libertad de movimiento individuales.

30 Preferentemente se detecta la velocidad del robot, al mismo tiempo, mediante sensores o unidades de medición, por separado para los grados de libertad de movimiento individuales de rotación o translación el robot. Sin embargo de también posible, de manera alternativa, medir únicamente la velocidad de un punto de referencia como, por ejemplo, el TCP en el robot.

35 La determinación de la posición del robot tiene lugar, preferentemente, mediante una medición de las coordenadas de posición de un punto de referencia en el robot en las direcciones espaciales individuales preferentemente de un sistema de coordenadas cartesiano. Durante la determinación de la posición del robot es, sin embargo, también posible de manera alternativa medir la posición angular o de desplazamiento en los grados de libertad de movimiento individuales del robot.

40 Durante la determinación de la distancia de seguridad dependiente de la velocidad o del correspondiente recorrido de detención se tiene en cuenta, preferentemente, también otras magnitudes de funcionamiento las cuales influyen sobre el recorrido de detención. Entre estas se encuentran, por ejemplo, el tiempo de exploración del sensor, el tiempo de reacción del control del robot, los tiempos de recorrido de la señal así como los tiempos e conmutación. El recorrido de detención y con el l distancia de seguridad necesaria se calcula por ello,  
45 preferentemente, como función del tiempo de exploración, del tiempo de reacción, del tiempo de conmutación, de la inercia y geometría predeterminadas del robot, de la velocidad actual de robot y/o de la aceleración máxima del robot. Tener en cuenta la aceleración máxima del robot para calcular la distancia de seguridad o del recorrido de detención correspondiente es ventajoso debido a que existe la posibilidad de que el robot haya sido acelerado al máximo justo ante de la detención.

50 De forma alternativa es, sin embargo, también posible leer el recorrido de detención o la distancia de seguridad correspondiente, en función de una o varias de las magnitudes de funcionamiento explicadas con anterioridad del robot, en una tabla la cual está almacenada en un elemento de memoria.

55 De manera similar se puede calcular también la velocidad de movimiento máxima admisible del robot, en correspondencia con una función matemática predeterminada, a partir de la posición del robot. De manera alternativa es, sin embargo, también posible que la velocidad máxima admisible para un robot se lea en una tabla.

60 Cabe mencionar además que el procedimiento según la invención no está limitado a un único punto de referencia en el robot. Más bien es también posible que en el robot se definan una pluralidad de puntos de referencia, llevándose a cabo el procedimiento según la invención de manera separada para cada punto de referencia, con el fin de conseguir una seguridad máxima. Los puntos de referencia individuales se distribuyen, preferentemente, aquí sobre los brazos de robot individuales, de manera que sobre cada brazo de robot está dispuesto,  
65 preferentemente, por lo menos un punto de referencia.

Otros perfeccionamientos ventajosos de la invención están caracterizados en las reivindicaciones subordinadas o se explican a continuación, sobre la base de las figuras, con mayor detalle junto con la descripción del ejemplo de realización preferido. Se muestra, en:

- 5 la Figura 1, una representación esquemática de un robot con tres grados de libertad con los límites de un área cerrada,
- las Figuras 2a y 2b, procedimientos de control según la invención a modo de diagramas de flujo, así como
- 10 la Figura 3, una unidad de control, según la invención para un robot a modo de esquema funcional.

La Figura 1 muestra, en una representación fuertemente esquematizada, un robot con una parte de suelo 1, la cual está anclada sobre un fundamento 2, presentando el robot tres brazos de robot 3 – 5, que hacen posible un movimiento del robot en tres grados de libertad de movimiento.

De este modo puede ser girado el brazo de robot 3, con una velocidad de giro  $v_1$ , alrededor de la parte de suelo 1, mientras que el brazo de robot 4 puede ser girado, con una velocidad de giro  $v_2$ , alrededor de una articulación giratoria dispuesta en el extremo distal del brazo del robot 3. Por último, el brazo de robot 5 puede ser desplazado en translación, con la velocidad  $v_3$ , en una guía dispuesta en el extremo distal del brazo de robot 4.

El movimiento de los brazos de robot individuales tiene lugar al mismo tiempo de manera convencional mediante motores eléctricos o actores neumáticos o hidráulicos, los cuales no se han representado por simplificación.

Mediante el movimiento de los brazos de robot 3 – 5 se puede posicionar de esta manera, casi de manera discrecional, un punto de referencia que se encuentra en la punta del brazo de robot 5, el TCP (Tool Center Point), dentro del espacio de trabajo del robot

Al mismo tiempo es importante que el brazo de robot 5 no atravesase una limitación 6 del espacio de trabajo, dado que esto, a causa de las velocidades de regulación parcialmente muy altas, puede conducir a una lesión de las personas que se encuentren detrás de ella. En el ejemplo de realización representado el límite 6 del espacio de trabajo del robot forma un área cerrada representada rayada, en la cual el robot no debe penetrar y que corresponde, por ejemplo, a las paredes de una cabina de robot. Las coordenadas espaciales  $x$ ,  $y$  del TCP no pueden por ello caer por debajo de los valores límite  $x_s$ ,  $y_s$ , definiendo los valores límite  $x_s$ ,  $y_s$  los límites del área cerrada y que pueden ser establecidos por el operador en correspondencia con el entorno espacial de trabajo.

El movimiento del robot no es detenido sin embargo al mismo tiempo cuando el TCP ha sobrepasado el límite 6 del espacio de trabajo del robot, ya que entonces se ha dado ya una colisión. Más bien se detiene el movimiento del robot ya cuando el TCP supera una determinada distancia de seguridad  $\Delta x$  o  $\Delta y$  con respecto a los valores límite  $x_s$  o  $y_s$ , para que el robot puede llegar al reposo con seguridad dentro de la distancia de seguridad  $\Delta x$  o  $\Delta y$  que queda,

A continuación se describe, haciendo referencia a las Figuras 2a y 2b, el procedimiento de control según la invención.

45 Antes del funcionamiento propiamente dicho el operador del control del robot debe introducir, en un modo de introducción único, los límites  $x_s$ ,  $y_s$ ,  $z_s$  del área cerrada, en la cual el robot no debe penetrar. La definición del área cerrada tiene lugar, en el caso más sencillo, al mismo tiempo de la manera mostrada en la Figura 1, gracias a que se adoptan únicamente limitaciones superficiales. Sin embargo, es también posible formar el área cerrada de una forma más compleja, en correspondencia con el entorno de trabajo del robot.

50 A continuación el control del robot detecta, en el marco de un bucle sin fin, en primer lugar las coordenadas de posición  $x$ ,  $y$ ,  $z$  del TCP, para determinar la posición del robot.

55 En la etapa siguiente se calculan, en función de la posición del TCP determinada de esta forma, las velocidades de eje  $v_{1,max}$ ,  $v_{2,max}$  y  $v_{3,max}$  máximas admisibles. El cálculo de las velocidades de eje máximas admisibles tiene lugar, al mismo tiempo, preferentemente mediante funciones matemáticas predeterminadas, las cuales tienen en cuenta la geometría del robot y la geometría del entorno de trabajo del robot. Al mismo tiempo se permiten en el centro de la zona de trabajo del robot velocidades de eje relativamente altas, mientras que por el contrario en la zona del margen de la zona de trabajo, cerca de los límites del área cerrada, se permiten únicamente velocidades de eje relativamente bajas, con el fin de impedir de forma segura una colisión.

60 Existe además la posibilidad de que durante el cálculo de la velocidad de movimiento máxima admisible se tengan en cuenta también la posición  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ ,  $\varphi_3$ , de los brazos de robot 3 – 5 individuales, las coordenadas de posición  $x$ ,  $y$ ,  $z$  del TCP así como la aceleración del robot  $a_{1,MAX}$ ,  $a_{2,MAX}$ ,  $a_{3,MAX}$  máxima posible en los tres grados de libertad de movimiento.

En la etapa siguiente se mide entonces la velocidad del robot  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$  real en los ejes de movimiento individuales del robot, para comparar los valores de medición con las velocidades de eje máximas admisibles.

5 La comparación tiene lugar aquí por separado para los ejes de movimiento individuales en tres etapas consecutivas, deteniéndose el movimiento el robot cuando la velocidad de movimiento real en el eje de robot supera el valor de la velocidad máximo admisible medido. En el caso de una parada de este tipo del robot se pone fin al procedimiento.

10 En caso contrario el procedimiento de control según la invención se continua, por el contrario, con las etapas representadas en la Figura 2b, calculándose en primer lugar el recorrido de frenado del robot en los tres ejes espaciales, teniéndose en cuenta la velocidad real del robot mediada en los ejes de movimiento individuales.

15 A continuación se comprueba, a lo largo de tres etapas consecutivas, si la posición  $x$ ,  $y$ ,  $z$  medida con anterioridad cae por debajo de la distancia de seguridad  $\Delta y$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$  con respecto a los límites  $x_s$ ,  $y_s$ ,  $z_s$  del área cerrada. En un caso como éste se detiene inmediatamente el robot, para evitar una colisión, y se pone fin al procedimiento.

20 En caso contrario se continúa con el procedimiento en un bucle sin fin con la detección, representada en la Figura 2a, de las coordenadas de posición  $x$ ,  $y$ ,  $z$  del TCP.

A continuación se describe la estructura de una unidad de control 7 según la invención, que se muestra de forma fuertemente esquematizada en la Figura 3.

25 Para la medición de las coordenadas de posición  $x$ ,  $y$ ,  $z$  actuales la unidad de control 7 presenta una unidad de medición 8, la cual funciona de manera convencional.

30 La unidad de medición 8 está conectada, por el lado de salida, con una unidad de ordenador 9, la cual calcula, en función de las coordenadas de posición  $x$ ,  $y$ ,  $z$  actuales del TCP del robot las velocidades  $v_{1,MAX}$ ,  $v_{2,MAX}$ ,  $v_{3,MAX}$  máximas admisibles del robot en los tres grados de libertad de movimiento. El cálculo de las velocidades de movimiento máximas admisibles del robot por parte de la unidad de ordenador 9 tiene lugar, al mismo tiempo, de tal manera que en el centro de la zona de trabajo son admisibles velocidades de movimiento relativamente altas, mientras que por el contrario en las zonas del margen del espacio de trabajo del robot, cerca de los límites del área cerrada, son admisibles únicamente velocidades de movimiento relativamente bajas.

35 La unidad de control 7 presenta, además, una unidad de medición 10, la cual mide la velocidad de movimiento  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$  actual en los grados de libertad de movimiento individuales del robot.

40 La unidad de medición 10 está conectada, por el lado de salida, con una unidad de evaluación 11, la cual compara las velocidades de movimiento  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$  reales con las velocidades de movimiento  $v_{1,MAX}$ ,  $v_{2,MAX}$ ,  $v_{3,MAX}$  máximas admisibles y genera una señal de parada en caso de una superación de la velocidad de movimiento máxima admisible en uno o varios de los ejes de movimiento, que es transmitida a través de un elemento-O 12 al control el motor 13, accionando el control del motor 13 tres motores eléctricos 14 – 16. Al superarse la velocidad de movimiento máxima admisible el robot es detenido por ello inmediatamente, con lo cual se impide una colisión.

45 La unidad de medición 10 está conectada además, por el lado de salida, con otra unidad de ordenador 17 la cual calcula, en función de las velocidades de movimiento  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$  en los diferentes grados de libertad de movimiento del robot, el recorrido de frenado o la distancia de seguridad  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$  necesaria, teniéndose en cuenta además tiempos de exploración, tiempos de recorrido de la señal y tiempos de conmutación.

50 La unidad de ordenador 17 está conectada, por el lado de salida, con una unidad de evaluación 18, la cual comprueba si la posición del robot real medida por la unidad de medición 8 cae por debajo de la distancia de seguridad calculada por la unidad de ordenador 17. En un caso como éste la unidad de evaluación 18 emite una señal de parada a través del elemento-O 12 al control del motor 13, el cual detiene a continuación los motores eléctricos 14 – 16. De esta manera se impide de forma segura una colisión del robot con los límites del área cerrada, sin que sea limitada innecesariamente la zona de trabajo existente.

55 La invención no está limitada a los ejemplos de formas de realización preferidos descritos con anterioridad. Más bien es imaginable un gran número de variantes y modificaciones las cuales caen asimismo en el ámbito de protección de los objetos de las reivindicaciones 1 – 8 independientes.

60

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para controlar un robot de pintado para el revestimiento en serie de piezas, presentando el robot de pintado una pluralidad de ejes de movimiento, con las etapas siguientes:

- detectar la posición (x, y, z) de por lo menos un punto de referencia (TCP) en el robot de pintado,
- comparar la posición (x, y, z) del punto de referencia (TCP) con por lo menos un valor límite ( $x_s, y_s, z_s$ ) predeterminado, definiendo el valor límite ( $x_s, y_s, z_s$ ) una zona bloqueada para el movimiento del robot,
- influir en el movimiento del robot en función de la distancia entre la posición (x, y, z) del punto de referencia (TCP) y el valor límite ( $x_s, y_s, z_s$ ) predeterminado,
- detectar la velocidad del robot ( $v_1, v_2, v_3$ ),

caracterizado por que

- a) una distancia de seguridad ( $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ ) se determina en función de la velocidad del robot ( $v_1, v_2, v_3$ ), siendo influida la velocidad de rotación cuando la posición (x, y, z) del punto de referencia alcanza o cae por debajo de la distancia de seguridad ( $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ ) con respecto al valor límite ( $x_s, y_s, z_s$ ) predeterminado,
- b) la velocidad del robot ( $v_1, v_2, v_3$ ) se detecta en la pluralidad de ejes de movimientos del robot de pintado, y
- c) la distancia de seguridad ( $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ ) para una pluralidad de direcciones espaciales, se determina en función del valor absoluto de la velocidad del robot ( $v_1, v_2, v_3$ ) en los diferentes ejes de movimiento y/o de la dirección del movimiento del robot en los ejes de movimientos individuales y/o de la posición del robot de pintado en los diferentes ejes de movimiento.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que una velocidad máxima ( $v_{1,MAX}, v_{2,MAX}, v_{3,MAX}$ ) para el robot de pintado se determina en función de la posición (x, y, z) del punto de referencia (TCP), siendo influido el movimiento del robot cuando la velocidad del robot ( $v_1, v_2, v_3$ ) alcanza o supera la velocidad máxima ( $v_{1,MAX}, v_{2,MAX}, v_{3,MAX}$ ).

3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado por que el movimiento del robot es frenado y/o detenido cuando la posición (x, y, z) del punto de referencia (TCP) alcanza o cae por debajo de la distancia de seguridad ( $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ ) con respecto al valor límite ( $x_s, y_s, z_s$ ) predeterminado y/o cuando la velocidad de robot alcanza o supera la velocidad máxima ( $v_{1,MAX}, v_{2,MAX}, v_{3,MAX}$ ).

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la distancia de seguridad ( $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ ) es calculada en función de la velocidad del robot ( $v_1, v_2, v_3$ ) en los ejes de movimiento individuales en correspondencia con una función matemática predeterminada o es leída en una tabla.

5. Procedimiento según por lo menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la posición (x, y, z) del punto de referencia (TCP) se detecta en una pluralidad de direcciones espaciales.

6. Procedimiento según la reivindicación 5 y una de las reivindicaciones 2 o 3, caracterizado por que la velocidad máxima ( $v_{1,MAX}, v_{2,MAX}, v_{3,MAX}$ ) para el robot de pintado para los ejes de movimiento individuales se determina por separado y en función de la posición (x, y, z) en las diferentes direcciones espaciales.

7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado por que la velocidad máxima ( $v_{1,MAX}, v_{2,MAX}, v_{3,MAX}$ ) se calcula en correspondencia con una función matemática predeterminada a partir de la posición (x, y, z) del punto de referencia (TCP) o es leída en una tabla.

8. Unidad de control para un robot de pintado, que presenta una pluralidad de ejes de movimiento, con

- a) una primera unidad de medición (8) para detectar la posición (x, y, z) de un punto de referencia (TCP) en el robot de pintado,
- b) una segunda unidad de medición (10) para detectar la velocidad del robot ( $v_1, v_2, v_3$ ) en la pluralidad de ejes de movimiento del robot de pintado,
- c) una unidad de ordenador para calcular una distancia de seguridad ( $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ ) en función de la velocidad del robot ( $v_1, v_2, v_3$ ), determinándose la distancia de seguridad ( $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ ) para una pluralidad de direcciones espaciales en función del valor absoluto de la velocidad del robot ( $v_1, v_2, v_3$ ) en los diferentes ejes de movimiento y/o de la dirección del movimiento del robot en los ejes de movimiento individuales y/o de la posición del robot de pintado en los ejes de movimiento individuales, y

d) una unidad de evaluación para comparar la posición (x, y, z) del punto de referencia (TCP) con respecto a la distancia de seguridad ( $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$ ) y para generar una señal de control en función de la comparación.

5 9. Unidad de control según la reivindicación 8, caracterizada por que la primera unidad de medición detecta la posición (x, y, z) del punto de referencia (TCP) en una pluralidad de direcciones espaciales.

10 10. Unidad de control según la reivindicación 8 o 9, caracterizada por que el robot de pintado presenta una pluralidad de ejes de movimiento, detectando la segunda unidad de medición la velocidad del robot ( $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$ ) por separado para los ejes de movimientos individuales.

15 11. Unidad de control según por lo menos una de las reivindicaciones anteriores 8 a 10, caracterizada por que la unidad de evaluación está conectada con un mecanismo de detención con el fin de poder detener el robot de pintado con la señal de control.

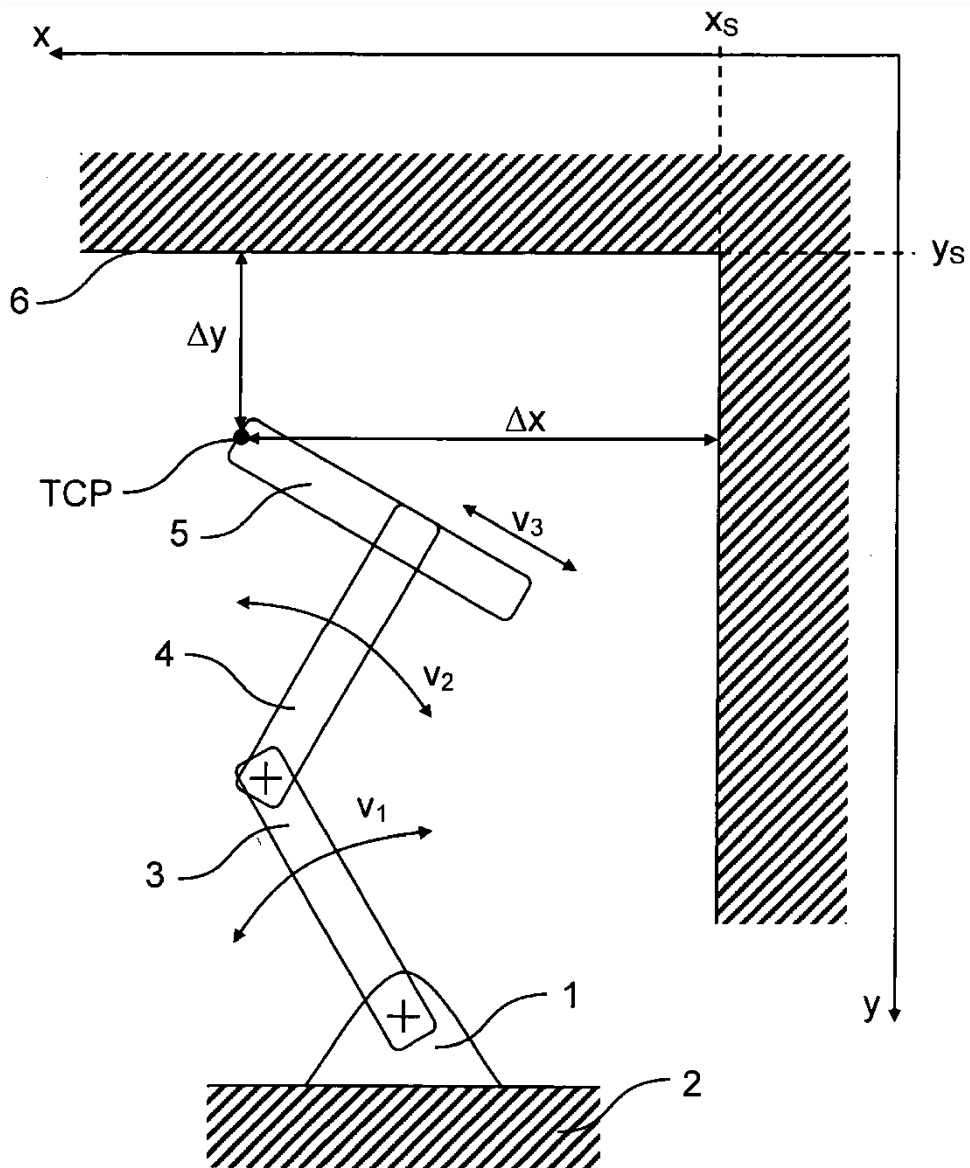


Fig. 1



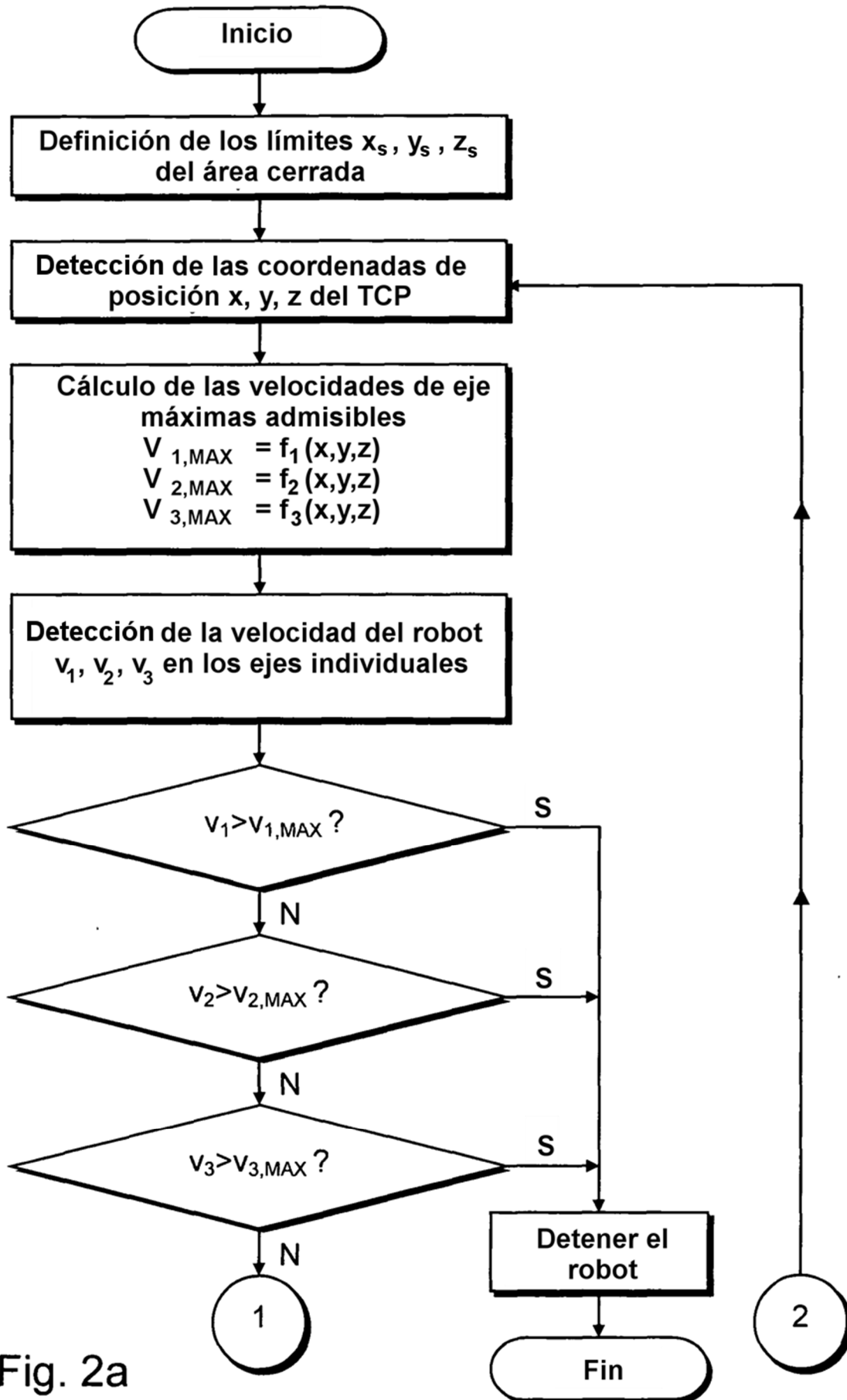


Fig. 2a

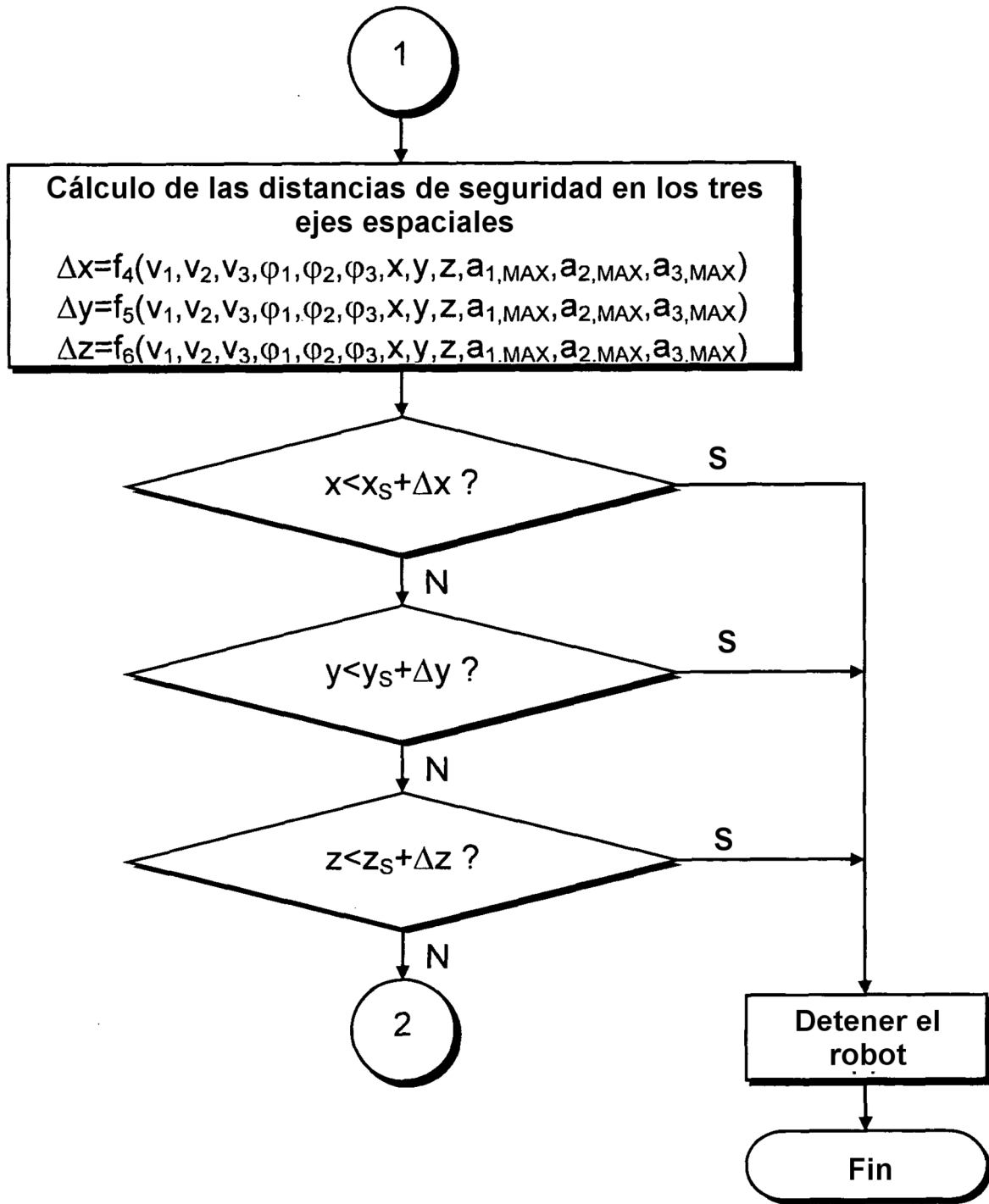


Fig. 2b

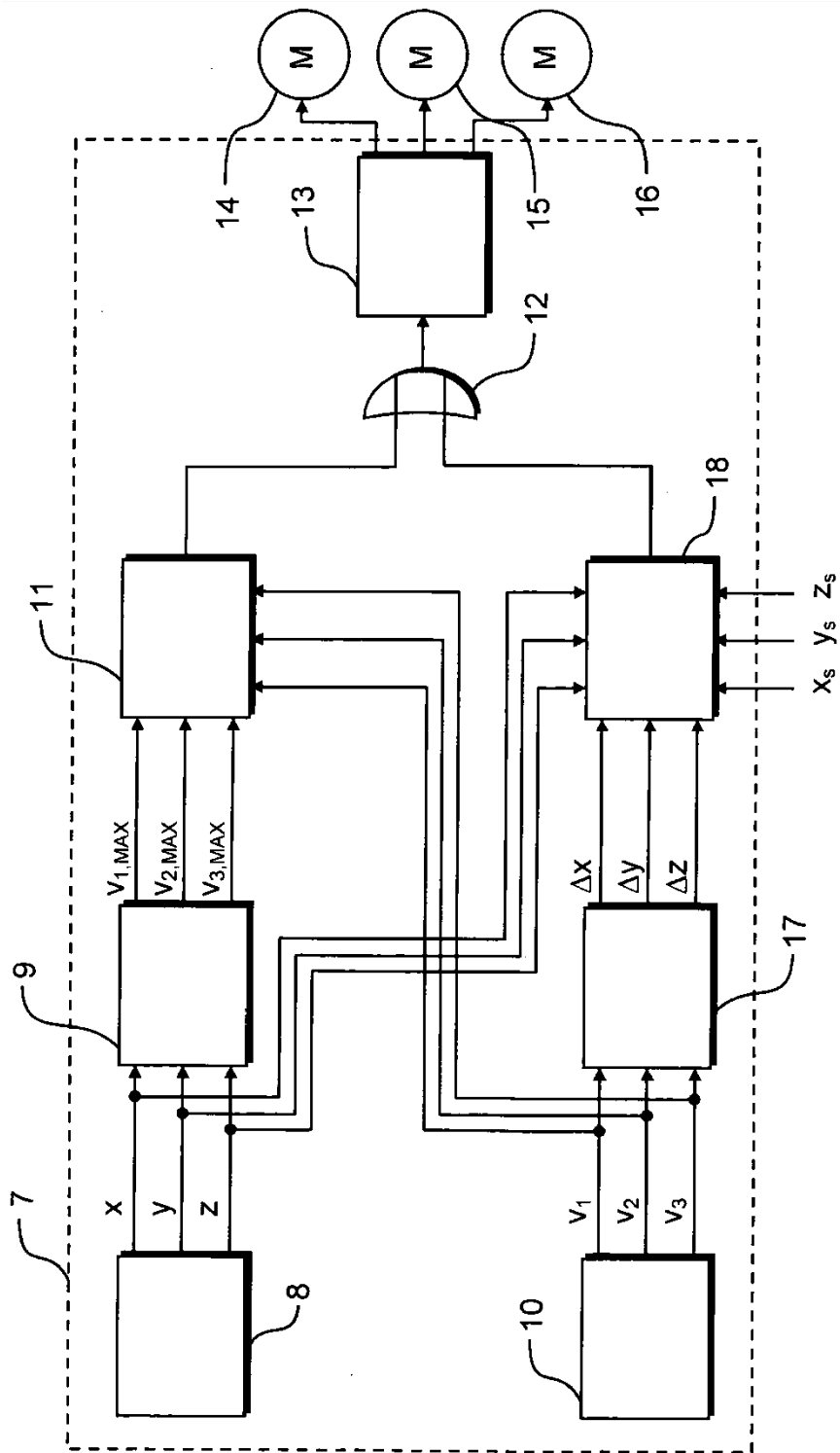


Fig. 3