

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 875 833**

51 Int. Cl.:

G05B 19/416 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.02.2012 PCT/EP2012/000531**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.08.2012 WO12107199**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.02.2012 E 12702769 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.03.2021 EP 2673679**

54 Título: **Adaptación de la dinámica de por lo menos un robot**

30 Prioridad:

07.02.2011 DE 102011010505

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

11.11.2021

73 Titular/es:

**DÜRR SYSTEMS AG (100.0%)
Carl-Benz-Straße 34
74321 Bietigheim-Bissingen, DE**

72 Inventor/es:

HERRE, FRANK

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 875 833 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

Adaptación de la dinámica de por lo menos un robot

5 La invención se refiere a un procedimiento de funcionamiento para un robot de aplicación o un primer robot y por lo menos un segundo robot adicional, preferentemente un robot de recubrimiento, para recubrir por lo menos una pieza de trabajo o varias piezas de trabajo. La invención también se refiere a un sistema de control correspondiente y a un programa informático correspondiente y a uno o varios robots de aplicación correspondientes. La invención se utiliza ventajosamente en una instalación de pintura, en particular en el pintado de carrocerías de vehículos
10 automóviles, piezas complementarias para carrocerías de vehículos automóviles, piezas pequeñas, parachoques, elementos de barras de parachoques, barras de parachoques, listones de parachoques, etc.

Del estado de la técnica se hace referencia en primer lugar al documento DE 196 37 730 C1, que divulga un procedimiento para el recubrimiento automático de piezas de trabajo que pasan dispuestas en serie en un dispositivo transportador por al menos dos dispositivos de recubrimiento dispuestos uno detrás del otro a lo largo de la dirección de transporte, que bajo el control de un ordenador de control electrónico, en cada caso con una frecuencia de oscilación ajustable entre dos puntos terminales transversalmente o verticalmente con respecto a la dirección de transporte se mueven hacia atrás y hacia adelante y, de esta forma, aplican trayectorias superpuestas del material de recubrimiento con una anchura ajustable a la pieza de trabajo que pasa por los mismos, en el que
15 en el ordenador de control se introduce un comando de control correspondiente a la magnitud de una frecuencia de oscilación deseada y el ordenador de control ajusta la frecuencia de oscilación de los dispositivos de recubrimiento a esta magnitud, y en el que se introduce un comando de control adicional mediante el cual el ordenador de control desplaza los puntos de impacto del material de recubrimiento de por lo menos uno de los dispositivos de recubrimiento con respecto a los puntos de impacto de por lo menos otro dispositivo de recubrimiento a lo largo de la dirección de transporte. Remítase también al documento US 2003/014156 A1.

En las instalaciones de pintura modernas para el pintado de carrocerías de vehículos automóviles y piezas complementarias para carrocerías de vehículos automóviles se utilizan convencionalmente robots de pintura de varios ejes para guiar la tecnología de aplicación, por ejemplo, de un atomizador giratorio.

En el estado de la técnica se conocen básicamente dos posibilidades para lograr un grado óptimo de utilización de un robot de pintura durante el pintado.

Una posibilidad es que el robot de pintura, si la tecnología de accionamiento lo permite, ejecute una trayectoria de pintado completamente especificada a velocidad constante y no se desvíe de la trayectoria de pintado especificada. Por tanto, no se produce ninguna desviación de la trayectoria ni de la velocidad. Esta versión conduce a la carga máxima del robot de pintura y a la mejor distribución y reproducibilidad teóricas del espesor de la capa de pintura en la pieza que se va a pintar. Si esta versión no se puede ejecutar, por ejemplo, debido a determinadas restricciones, en particular si se sobrepasa el par motor máximo o un par máximo admisible del robot de pintura, existen sustancialmente las cuatro opciones descritas a continuación (A, B, C y D) para dar respuesta a esta situación.

A. El robot se detiene en el punto crítico y el maestro (programador de trayectoria) tiene que cambiar su programa de pintura para que el robot de pintura pueda ejecutar el programa en el futuro.

B. La trayectoria se ejecuta correctamente. Sin embargo, el robot de pintura reduce la velocidad para poder ejecutar la trayectoria correctamente.

C. La velocidad se mantiene constante. Sin embargo, el robot de pintura se desvía de la trayectoria de pintado (por ejemplo, ejecuta un radio en lugar de una esquina, ejecuta un radio grande en lugar de un radio pequeño, ejecuta otros fragmentos de trayectoria/desarrollos no descritos en detalle que acortan la trayectoria entre dos puntos especificados).

D. Combinación de B y C. Tanto el curso de la trayectoria como la velocidad no corresponden a las especificaciones (programa maestro).

La otra posibilidad es que el robot de pintura ejecute los programas de pintura que se han especificado en el contexto de su aceleración o velocidad máxima posible. Un modelo de cálculo que calcula la carga en los ejes individuales del robot de pintura evita la sobrecarga de los componentes mecánicos mediante la reducción del par de accionamiento o la reducción de la aceleración o de la velocidad, lo que se conoce como modelo de robot dinámico. Como resultado, la vida útil o la durabilidad del robot de pintura se puede aumentar o su rendimiento se puede aprovechar de forma casi óptima. Sin embargo, la reducción da lugar a una disminución de la velocidad y/o a una desviación de la trayectoria. Esto significa, por ejemplo, que, en el rango cercano del robot de pintura, donde generalmente existen cargas relativamente reducidas, son posibles altas aceleraciones, y en el rango lejano, por ejemplo, en caso de un estado extendido del robot de pintura, donde generalmente existen cargas relativamente elevadas, solo son posibles bajas aceleraciones.

Lo que es ahora deseable para el uso del robot de pintura, es desventajoso para el resultado del proceso de pintado. Los mejores resultados de pintado se obtienen generalmente cuando se pueden mantener constantes los parámetros de pintado, que incluyen en particular la velocidad de pintado, la aceleración y la trayectoria de pintado o la reproducibilidad de la trayectoria. La compensación de algunas desviaciones de parámetros del robot de pintura solo se puede compensar con gran dificultad o no se puede compensar en absoluto mediante la tecnología de pintura. Como mínimo, el coste es muy elevado y haría muy complejo el pintado. Para muchos operadores de instalaciones de pintura, no obstante, esto no sería controlable ni aceptable. En particular, una instalación de pintura deberá diseñarse para poder trabajar de la forma más sencilla posible y, al mismo tiempo, para lograr muy buenos resultados del proceso de pintado.

Un efecto que se produce en el estado de la técnica al pintar carrocerías de vehículos automóviles y sus piezas complementarias, especialmente al pintar con el modelo de robot dinámico, es que las desviaciones de la velocidad o la aceleración y/o la trayectoria de pintado dan lugar a desviaciones en la aplicación óptima de pintura o a un resultado desigual del pintado, tales como, por ejemplo, desviaciones en el espesor de la capa, desviaciones de tono de color y una apariencia desigual de la pintura. Además, el tiempo de ejecución o el tiempo de ciclo del programa de pintura puede verse influenciado (en particular, alargado o acortado) y puede ser más difícil de predecir.

Además, habitualmente se producen cambios de ejecuciones de trayectorias de pintado en una instalación de pintura. Muchos procesos en una instalación de pintura o una cabina de pintura pueden generar desviaciones en el inicio del programa o una compensación de los programas (por ejemplo, medición de la pieza pintada y compensación de la posición incorrecta de la pieza de trabajo de pintado, comportamiento en caso de mal funcionamiento y reinicio, esperar a la liberación del proceso mediante la tecnología de procesamiento tal como, por ejemplo, frecuencia de giro, alta tensión, programas de lavado, acoplamiento, etc.). También existe el comportamiento por el que, si el robot de pintura no funciona correctamente, el programa de pintura, el modelo de pintura o la trayectoria de pintado se completa o se ejecuta, aunque la cinta transportadora que transporta la pieza de trabajo se haya detenido. Entonces, las trayectorias del robot discurren de manera diferente a lo habitual. El desplazamiento da lugar a una ejecución de trayectoria modificada. Las trayectorias del robot modificadas pueden encontrarse ahora en zonas de accesibilidad menos favorable para el robot de pintura. Esto, a su vez, puede dar lugar a una reducción o una caída de la aceleración o la velocidad o, en caso de desviación de la trayectoria del robot, a problemas de reproducibilidad.

Otro problema es la copiabilidad de programas de pintura, que se explica, a modo de ejemplo, en el pintado de piezas complementarias. Al pintar piezas complementarias, a menudo se disponen varias piezas complementarias una encima de la otra. Cada pieza complementaria es esencialmente idéntica, por lo que debe pintarse de la misma manera y, en aras de la simplicidad, también debe especificarse de la misma manera para que un copiado sea posible. Si ahora se copian los programas, puede surgir el problema, por ejemplo, de que una pieza complementaria sea fácilmente accesible (especialmente en el rango cercano del robot, por ejemplo, en la parte inferior del soporte de mercancías) y sea difícil acceder a otra pieza complementaria (especialmente en el rango lejano del robot, por ejemplo, en la parte superior del soporte de mercancías). Esto ahora da lugar a que las piezas complementarias se pinten a diferentes velocidades o aceleraciones y/o trayectorias del robot, dado que los programas se ejecutan en la parte inferior sin ninguna reducción o caída y/o desviación, pero en la parte superior con las mismas. Por lo tanto, el resultado del proceso de pintado puede ser diferente, aunque los programas especificados o las trayectorias de pintado especificadas sean idénticos. Las desviaciones pueden tener lugar de arriba a abajo, de derecha a izquierda, de adelante hacia atrás, dependiendo de la disposición del robot de pintura, del objeto que se va a pintar y de los programas de pintura.

Los problemas anteriores se han abordado, a modo de ejemplo, con referencia a los procesos de pintura. Sin embargo, algunos de los problemas anteriores también se producen en otros procesos de aplicación, por ejemplo, al aplicar materiales de hermetización o sellado (por ejemplo, en el sellado de costuras), materiales adhesivos, etc. en carrocerías de vehículos automóviles o sus piezas complementarias.

En cuanto a los antecedentes tecnológicos generales, remítase a los documentos DE 101 33 624 A1, DE 10 2004 026 813 A1, DE 20 2005 007 654 A1, WO 2005/063454 A1, DE 10 2004 028 557 A1, DE 10 2004 028 565 A1 y DE 103 49 361 A1.

En vista de lo anterior, resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de la presente divulgación que existe la necesidad de resolver o superar los problemas o las desventajas que se han descrito anteriormente.

Los objetos resultantes de lo mencionado anteriormente se pueden lograr sustancialmente con las características de las reivindicaciones independientes.

La invención comprende la enseñanza técnica general de adaptar entre sí el comportamiento dinámico y/o los valores característicos de carga divergentes entre sí de un robot o de varios robots, en particular adaptarlos por lo menos aproximadamente entre sí, preferentemente para que se correspondan sustancialmente, es decir, sean

sustancialmente idénticos o simétricos (en particular especularmente simétricos).

La invención comprende un procedimiento de funcionamiento para un robot o varios robots, en particular un procedimiento para controlar un robot o varios robots, preferentemente un primer robot y por lo menos un segundo robot adicional. El procedimiento de funcionamiento puede ser preferentemente un procedimiento de adaptación y/o recubrimiento. La invención no se limita a un primer y un segundo robot, sino que también puede comprender tres o incluso más de tres robots.

Es posible que un robot y/o un primer robot y por lo menos un segundo robot adicional ocupen o recorran varios rangos de posicionamiento durante el funcionamiento, por ejemplo, durante la ejecución de una trayectoria de robot (por ejemplo, en forma de meandros) o varias trayectorias de robot o por lo menos tramos de las mismas.

Por lo general, los robots están sometidos a diferentes cargas máximas admisibles durante el funcionamiento en diferentes rangos de posicionamiento (por ejemplo, rango cercano y rango lejano del robot), lo que da lugar a diferentes comportamientos dinámicos máximos admisibles (por ejemplo, diferentes aceleraciones máximas admisibles, diferentes velocidades máximas admisibles y/o trayectorias de robot por lo menos ligeramente diferentes).

También es habitual que incluso los robots de igual diseño en rangos de posicionamiento idénticos o correspondientes entre sí, por ejemplo, cuando los robots están dispuestos en forma de imagen especular o uno al lado del otro o uno detrás del otro, presenten valores característicos de carga diferentes y/o un comportamiento dinámico diferente. Las diferencias pueden deberse a tolerancias en los componentes mecánicos (ejes, engranajes, guías, cojinetes, etc.), tolerancias en los accionamientos (controladores, componentes dinámicos, motores, transmisores, etc.), desviaciones en el peso, antigüedad del robot, estado de mantenimiento, pero también ser consecuencia de una utilización o un desgaste diferentes. Las diferencias de peso pueden producirse en particular por medio de la tecnología de aplicación. La tecnología de aplicación es habitualmente la carga útil para la que están diseñados los robots. Esta varía mucho según el tipo de pintura que se va a aplicar, la versión de aplicación, la pieza de trabajo que se va a recubrir, la tarea de pintado y los requisitos del cliente, etc., desde unos pocos kilogramos hasta altas cargas en el eje de la muñeca y en los brazos del robot. Esto da lugar al hecho de que incluso los robots del mismo diseño tienen diferentes dinámicas de robot en rangos de posicionamiento idénticos o correspondientes entre sí.

Las dinámicas de robot divergentes entre sí en robots de pintura para la aplicación de pintura pueden dar lugar a resultados de pintado no deseados o divergentes. Esto es desventajoso porque es deseable que el resultado de pintado de una carrocería de automóvil sea correspondiente (sea idéntico o simétrico), por ejemplo, a izquierda y derecha, o que varias piezas complementarias estructuralmente idénticas o varias carrocerías de automóvil estructuralmente idénticas presenten un resultado de pintado correspondiente (idéntico o simétrico).

En el contexto de la invención, es posible que un comportamiento dinámico y/o un valor característico de carga del robot en por lo menos un primer rango de posicionamiento del robot esté adaptado o se adapte a un comportamiento dinámico y/o un valor característico de carga del robot en por lo menos un segundo rango de posicionamiento del robot, preferentemente de forma que el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del primer rango de posicionamiento se corresponda esencialmente con el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del segundo rango de posicionamiento, es decir, sea esencialmente idéntico o simétrico.

En el contexto de la invención, también es posible que un comportamiento dinámico y/o un valor característico de carga del primer robot en por lo menos un primer rango de posicionamiento del primer robot esté adaptado o se adapte a un comportamiento dinámico y/o un valor característico de carga del segundo robot en por lo menos un segundo rango de posicionamiento del segundo robot, preferentemente de forma que el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del primer rango de posicionamiento se corresponda esencialmente con el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del segundo rango de posicionamiento, es decir, sea esencialmente idéntico o simétrico.

La invención permite que un robot presente un comportamiento dinámico esencialmente correspondiente en diferentes rangos de posicionamiento y/o un primer robot y un segundo robot presenten un comportamiento dinámico esencialmente correspondiente a pesar de por lo menos pequeñas diferencias (por ejemplo, tolerancias, peso, desgaste, etc.). Por ejemplo, así es posible una adaptación entre varios robots que tienen que realizar esencialmente las mismas tareas de pintado una tras otra o que tienen que ejecutar trayectorias de robot o de pintado esencialmente idénticas, entre varios robots de diferentes zonas de pintura y/o entre varios robots de diferentes líneas de pintura (que deben cumplir esencialmente la misma tarea de pintado o ejecutar las mismas trayectorias de robot). Puede tener lugar una señalización y/o una adaptación en las zonas de pintura, las líneas de pintura y/o el taller de pintura.

Debe tenerse en cuenta que en la práctica no se puede lograr un comportamiento dinámico absolutamente exactamente correspondiente o idéntico o simétrico y/o exactamente el mismo valor característico de carga. Sin

embargo, en el contexto de la invención es suficiente con que el comportamiento dinámico adaptado y/o el valor característico de carga adaptado se encuentran dentro de un intervalo de tolerancia de, por ejemplo, $\pm 10\%$, $\pm 5\%$, $\pm 2\%$, $\pm 1\%$.

5 La invención permite ventajosamente, por ejemplo, que los resultados/la calidad del pintado sean independientes de las posiciones del robot o rangos de posicionamiento de un robot que se desvían entre sí (por ejemplo, en el rango cercano y el rango lejano del robot) y/o son independientes de por lo menos pequeñas diferencias entre el primer robot y el segundo robot.

10 Según la invención, se puede lograr ventajosamente que después de la puesta en marcha del o de los robots el pintado con un robot que pinte trayectorias idénticas o simétricas o que haya ejecutado trayectorias de robot idénticas o simétricas se realice preferentemente en todos los puntos afectados por el rendimiento del o de los robots. Los rangos de posicionamiento o puntos de trayectoria y/o los puntos de giro o de curva que requieren menos rendimiento se pintan ventajosamente de la misma forma que los rangos de posicionamiento o puntos de trayectoria y/o los puntos de giro o de curva que requieren el máximo de rendimiento del o de los robots. Varios robots con una tarea de pintado idéntica o simétrica o unas trayectorias de robot que se deben ejecutar idénticas o simétricas (por ejemplo, el mismo lado, uno tras otro, o uno frente al otro en una imagen especular) también se pueden coordinar entre sí, de modo que ventajosamente no influya qué robot asume la tarea de pintado. Por ejemplo, existen ámbitos de pintura rotatorios para diferentes robots, de modo que varios robots se cargan por igual o uno está presente como reserva o uno puede limpiarse, encontrarse en espera o repararse.

Por lo tanto, es particularmente ventajoso que el resultado del pintado sea independiente del rendimiento del o de un robot o independientemente de qué robot asuma la tarea de pintado en una zona de pintura o una línea de pintura. Este no es el caso del estado de la técnica.

25 La equiparación o la adaptación del comportamiento dinámico o del valor característico de carga se puede realizar de forma manual o automática.

Además, un programa de robot, en particular un programa de pintura, se puede copiar, ventajosamente sin efectos desfavorables sobre la, por lo menos una, pieza de trabajo que se va a pintar.

Además, la durabilidad del robot y/o la vida útil del robot pueden determinarse por lo menos aproximadamente y/o modificarse de forma específica, en particular optimizarse.

35 El primer rango de posicionamiento puede comprender, por ejemplo, una primera posición determinada o una pluralidad de posiciones. El primer rango de posicionamiento se refiere preferentemente a un tramo de trayectoria de robot determinado que debe ser ejecutado por el robot, el primer robot y/o el segundo robot, en particular un elemento de aplicación montado en el mismo.

40 El segundo rango de posicionamiento puede comprender, por ejemplo, una segunda posición determinada o una pluralidad de posiciones. El segundo rango de posicionamiento se refiere preferentemente a un tramo de trayectoria de robot determinado que debe ser ejecutado por el robot, el primer robot y/o el segundo robot, en particular un elemento de aplicación montado en el mismo.

45 El robot, el primer robot y/o el segundo robot es preferentemente un robot de pintura para pintar una pieza de trabajo o varias piezas de trabajo (por ejemplo, carrocerías de vehículos automóviles, piezas complementarias para carrocerías de vehículos automóviles, etc.) o en general un robot de aplicación convenientemente diseñado para aplicar un fluido.

50 En particular, el comportamiento dinámico y/o el primer valor característico de carga del primer rango de posicionamiento se pueden adaptar al comportamiento dinámico y/o al valor característico de carga del segundo rango de posicionamiento para lograr una calidad del pintado o unos resultados de pintado esencialmente correspondientes (idénticos o simétricos) por lo menos en el primer rango de posicionamiento y en el segundo rango de posicionamiento.

55 La calidad del pintado o el resultado del pintado comprende, por ejemplo, una distribución de espesor de capa esencialmente idéntica y/o un tono esencialmente idéntico y/o un comportamiento de flujo esencialmente idéntico y/o una estructura esencialmente idéntica y/o un brillo esencialmente idéntico, etc. de la pintura aplicada o generalmente una apariencia de pintado sustancialmente correspondiente (idéntica o simétrica).

60 El robot, el primer robot y/o el segundo robot son preferentemente programables y/o de varios ejes.

El comportamiento dinámico comprende en particular un comportamiento de velocidad y/o un comportamiento de aceleración positivo y/o negativo.

65 El comportamiento dinámico puede comprender también un comportamiento de movimiento basado en, o a lo largo

de, una trayectoria de robot o una pluralidad de trayectorias de robot o por lo menos tramos de las mismas, que preferentemente pueden presentar por lo menos una sección curva y/o una sección en forma de meandro.

5 En particular, un robot puede mantener esencialmente la misma trayectoria del robot en diferentes primeros y segundos rangos de posicionamiento (por ejemplo, rango cercano y rango lejano). Asimismo, el primer robot y el segundo robot pueden mantener preferentemente trayectorias de robot esencialmente correspondientes (idénticas o simétricas) en el primer rango de posicionamiento y en el segundo rango de posicionamiento.

10 Es posible que el o los robots ejecuten el programa de robot preferentemente exactamente idéntico o "simétrico". También es posible que el o los robots se desplacen exactamente a lo largo de trayectorias de robot exactamente idénticas o "simétricas" o por lo menos tramos de las mismas.

15 Las trayectorias de robot que van a ejecutar el robot, el primer robot y/o el segundo robot, por lo menos los tramos de trayectoria de robot asignadas al primer rango de posicionamiento y al segundo rango de posicionamiento, se corresponden preferentemente entre sí. Este es particularmente el caso en el que las trayectorias del robot, o por lo menos los tramos de trayectoria del robot asignados al primer rango de posicionamiento y al segundo rango de posicionamiento, son esencialmente las mismas y/o pueden copiarse o reproducirse. Este también es el caso, por ejemplo, en el que las trayectorias del robot, o por lo menos los tramos de la trayectoria del robot asignados al primer rango de posicionamiento y al segundo rango de posicionamiento, son esencialmente simétricas, en particular especularmente simétricas, y/o deben ejecutarse esencialmente de la misma forma pero desplazada (por ejemplo, se ejecutan con un desplazamiento temporal y/o espacial (por ejemplo, una tras otra)).

25 El primer rango de posicionamiento del primer robot y el segundo rango de posicionamiento del segundo robot se corresponden preferentemente entre sí. Este es particularmente el caso en el que el primer rango de posicionamiento del primer robot y el segundo rango de posicionamiento del segundo robot son por lo menos aproximadamente y/o esencialmente idénticos (pero, por ejemplo, están desplazados espacialmente y/o temporalmente) o deberían ser los mismos, pero por ejemplo debido a las tolerancias difieren uno del otro, o son esencialmente simétricos, en particular, son especularmente simétricos.

30 Por ejemplo, el primer rango de posicionamiento del primer robot y el segundo rango de posicionamiento del segundo robot se corresponden entre sí si las trayectorias del robot del primer robot y del segundo robot, o por lo menos los tramos de trayectoria del robot asignados al primer rango de posicionamiento del primer robot y al segundo rango de posicionamiento del segundo robot, son esencialmente idénticas (por ejemplo, se ejecutan de una forma desplazada temporalmente y/o espacialmente) y/o pueden copiarse o reproducirse, pero también si las trayectorias de robot del primer robot y del segundo robot, o por lo menos los tramos de trayectoria de robot asignados al primer rango de posicionamiento del primer robot y al segundo rango de posicionamiento del segundo robot, son esencialmente simétricas, en particular especularmente simétricas.

40 Debe tenerse en cuenta que en la práctica no se pueden lograr rangos de posicionamiento absolutamente exactamente correspondientes o absolutamente exactamente idénticos o absolutamente exactamente simétricos. Sin embargo, en el contexto de la invención es suficiente con que los rangos de posicionamiento se encuentren dentro de un intervalo de tolerancia de, por ejemplo, $\pm 10\%$, $\pm 5\%$, $\pm 2\%$, $\pm 1\%$.

45 El primer rango de posicionamiento y el segundo rango de posicionamiento de un robot son preferentemente rangos de posicionamiento diferentes (por ejemplo, rango cercano/rango lejano, muy extendido/poco extendido, etc.).

50 Es posible, en particular con una trayectoria de robot en forma de meandro o un modo de pintado en forma de meandro, que los puntos de giro o los puntos de curva de las trayectorias del robot sean esencialmente idénticos, independientemente de dónde se encuentren los puntos de giro o los puntos de curva con respecto a la o las piezas de trabajo. De esta forma es posible ventajosamente una planificación fiable de la trayectoria o se puede transferir un resultado de pintado de un punto de la o las piezas de trabajo a otro.

55 El valor característico de carga representa preferentemente una carga máxima admisible. La carga máxima admisible puede referirse, por ejemplo, al robot, al primer robot y/o al segundo robot en su conjunto, pero también en particular a por lo menos un eje del robot, grupo constitutivo, piezas individuales, engranajes, tecnología de accionamiento, guías, cojinetes, etc., del robot, el primer robot y/o el segundo robot.

60 Es posible que el valor característico de carga sea un valor característico de carga mecánico y/o dinámico. El valor característico de carga es preferentemente un valor característico de par y/o tensión, un valor característico de aceleración que puede estar relacionado con una aceleración positiva y/o negativa, un valor característico de velocidad, un valor característico de corriente y/o tensión de un motor de accionamiento para el robot, el primer robot y/o el segundo robot, o por lo menos un parámetro de regulación o de control de la tecnología de accionamiento para el robot, el primer robot y/o el segundo robot.

65 El comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del primer rango de posicionamiento permiten

preferentemente una carga mayor que el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del segundo rango de posicionamiento. En particular, el primer valor característico de carga se reduce al segundo valor característico de carga. Lo mismo puede aplicarse en consecuencia al comportamiento dinámico.

5 Es posible que un determinado valor característico de carga y/o un determinado comportamiento dinámico (por ejemplo, una determinada velocidad máxima y/o aceleración admisible) en un determinado tramo de la trayectoria del robot y/o un determinado rango de posicionamiento de un robot se transfiera a toda la trayectoria de robot del robot o por lo menos una parte de la misma o a una trayectoria del robot de uno o varios otros robots o por lo menos una parte de la misma y/o al programa del robot.

10 Preferentemente, esto permite que se adapte una trayectoria de robot completa de un robot o una pluralidad de trayectorias de robot de diferentes robots o por lo menos partes esenciales de las mismas a un comportamiento dinámico determinado y/o a un valor característico de carga determinado.

15 Ventajosamente, se pueden equiparar diferentes valores característicos de carga o cargas y, por lo tanto, trayectorias de robot, velocidades y/o aceleraciones por lo menos correspondientes (idénticas o simétricas) a tramos en la pieza de trabajo que se va a procesar (pintar) o en las diversas piezas de trabajo dispuestas, por ejemplo, en un portapiezas.

20 Es posible llevar a cabo una adaptación de trayectorias de robot individuales o tramos de trayectorias de robot, robots individuales o una adaptación de rangos de pintura de diferentes robots o una adaptación de una zona de pintura o una línea de pintura, varias zonas de pintura o líneas de pintura o incluso un taller de pintura completo. Esto podría hacerse, por ejemplo, registrando los momentos, los valores de corriente en el motor de accionamiento, los parámetros de control de los accionamientos, etc., siendo concebibles también otros procedimientos de medición, tales como una medición 3D, preferentemente en la cabina de pintura.

25 El comportamiento dinámico y/o el valor de carga característico del primer rango de posicionamiento se adapta al comportamiento dinámico y/o el valor de carga característico del segundo rango de posicionamiento para lograr o ejecutar un comportamiento dinámico esencialmente correspondiente (idéntico o simétrico), trayectorias de robot (o por lo menos tramos de las mismas) o desviaciones de trayectorias del robot esencialmente correspondientes (idénticas o simétricas), velocidades esencialmente idénticas, aceleraciones (positivas y/o negativas) esencialmente idénticas por lo menos en el primer rango de posicionamiento y en el segundo rango de posicionamiento.

30 Es posible pintar una pieza de trabajo (por ejemplo, una carrocería de vehículo automóvil o una pieza complementaria para una carrocería de vehículo automóvil) en su totalidad o por lo menos partes esenciales de la misma correspondientemente, en particular con una dinámica de robot idéntica o simétrica y/o un resultado de pintado o un aspecto del pintado idéntico o simétrico. También es posible pintar varias piezas de trabajo (por ejemplo, carrocerías de vehículos automóviles o piezas complementarias para carrocerías de vehículos automóviles) en su totalidad o por lo menos partes esenciales de las mismas correspondientemente, en particular con una dinámica de robot idéntica o simétrica y/o un resultado de pintado o aspecto del pintado idéntico o simétrico.

35 También es posible organizar un traslado de una zona a otra, de una línea a otra y/o de una capa de pintura a otra, siempre que las trayectorias del robot sean idénticas o simétricas. Ese puede ser el caso en talleres de pintura. En teoría, una trayectoria de robot óptima puede ser la misma para la imprimación, la capa base BC (BC1, BC2) ("*Base Coat*") y la capa transparente CC ("*Clear Coat*").

40 El objetivo es que la equiparación o la adaptación se realice en varios, preferentemente todos los robots que pintan la o las piezas trabajo, y por lo tanto varios, preferentemente todos los robots, cumplan las trayectorias de robot (en particular, también el desarrollo, la velocidad y/o la aceleración) por lo menos esencialmente idénticas o simétricas, preferentemente exactamente idénticas o simétricas. En particular, esto debe realizarse automáticamente en cada controlador de robot. En un estado de máxima extensión, los robots se equiparan directamente. La equiparación y/o el comportamiento dinámico se pueden evaluar o visualizar.

45 Mediante la invención es posible determinar qué rango de posicionamiento o qué robot representa un "cuello de botella" al que el robot o los otros robots tienen que ajustarse.

50 El robot "más débil" o el rango de posicionamiento "más débil" son los predeterminados para los demás.

55 Preferentemente, puede estar prevista una reserva en la dinámica del "más débil", de lo contrario los parámetros del o de los robots, de forma desventajosa, cambiarían continuamente. Después de una equiparación o adaptación del o de los robots, preferentemente una sola vez, el o los robots ya no deberían tener que coordinarse en absoluto o solo en casos excepcionales. De lo contrario, se corre el riesgo de influir negativamente en los resultados del pintado. Después la primera adaptación del o de los robots con reserva en la dinámica del "más débil", debería interpretar el seguimiento del o de los robots más bien una desviación como una tarea para revisión técnica, para

mantenimiento o para reparación.

La invención también incluye estadísticas para evaluar qué pieza que se va a pintar, qué capa de pintura, qué zona de pintura, qué robot tiene qué limitación o limitaciones en la dinámica o el valor característico de carga y/o el robot o el desarrollo de la trayectoria de pintado.

Además, la invención comprende una evaluación de valor límite cuando los cambios indican mal funcionamiento, envejecimiento, rigidez de movimiento o un defectos o defectos inminentes y debe intervenir, por ejemplo, mediante lubricación, mantenimiento, reparación, etc.

Por ejemplo, el robot, el primer robot y/o el segundo robot pueden ejecutar una trayectoria de robot completa o varias trayectorias de robot completas (por ejemplo, desplazadas temporalmente y/o espacialmente) o por lo menos partes esenciales de las mismas con una dinámica de robot esencialmente correspondiente (idéntica o simétrica).

El robot, el primer robot y/o el segundo robot pueden ejecutar un programa de robot preprogramado para determinar el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga, lo que puede realizarse en línea o fuera de línea, por ejemplo, utilizando una herramienta de simulación.

También es posible medir el robot, el primer robot y/o el segundo robot o que se mida a sí mismo para determinar el valor característico de carga o el comportamiento dinámico y/o identificar diferencias en el comportamiento dinámico en el primer rango de posicionamiento y en el segundo rango de posicionamiento.

La medición se lleva a cabo preferentemente después del montaje del robot, el primer robot y/o el segundo robot y la instalación de la tecnología de aplicación. En su mayor parte, los efectos de los pesos se pueden simular y determinar de antemano mediante CAD (diseño asistido por ordenador) y simulación de movimiento. Las tolerancias de los componentes mecánicos y los accionamientos, por ejemplo, no. Sin embargo, estas se pueden determinar mediante la medición.

El comportamiento dinámico o los valores característicos de carga se determinan preferentemente de forma continua durante el funcionamiento del robot, el primer robot y/o el segundo robot, por lo que los cambios se pueden detectar ventajosamente durante el funcionamiento y preferentemente se puede dar respuesta a los mismos inmediatamente.

Es posible que el comportamiento dinámico o los valores característicos de carga se adapten entre sí de forma cíclica o esencialmente continua durante el funcionamiento del robot, el primer robot y/o el segundo robot.

Una adaptación del comportamiento dinámico o del valor característico de carga del primer rango de posicionamiento al comportamiento dinámico o al valor característico de carga del segundo rango de posicionamiento da lugar a un cambio en la durabilidad y/o vida útil del robot, el primer robot y/o el segundo robot o por lo menos partes individuales de los mismos.

Es posible determinar la durabilidad y/o la vida útil por lo menos aproximada del robot, el primer robot y/o el segundo robot o por lo menos partes individuales de los mismos, que resulta cuando se adapta el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del primer rango de posicionamiento al comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del segundo rango de posicionamiento, y mostrarla, por ejemplo, a una persona encargada del seguimiento o a un programador en la programación del robot, el primer robot y/o el segundo robot, por ejemplo mediante una pantalla.

Es posible que si, por ejemplo, un programador, al programar el robot, el primer robot y/o el segundo robot, adapta el valor característico de carga o el comportamiento dinámico del primer rango de posicionamiento al valor característico de carga o al comportamiento dinámico del segundo rango de posicionamiento, se determine la durabilidad y/o la vida útil por lo menos aproximada que se modifica del robot, el primer robot y/o el segundo robot o por lo menos partes individuales de los mismos y se haga accesible para el programador, por ejemplo, por medio de una pantalla. Esto también podría transmitirse a un control de nivel superior (por ejemplo, control de zona) y/o un sistema de control central.

Preferentemente, al programador se le muestra la reducción o la prolongación de la vida útil/durabilidad como un porcentaje, por ejemplo, a través de una pantalla o en el software de simulación a través de los "ajustes dinámicos" del robot, el primer robot y/o el segundo robot.

Es posible que el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del primer rango de posicionamiento se adapte al comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del segundo rango de posicionamiento para influir específicamente en la vida útil y/o la durabilidad por lo menos aproximada del robot, el primer robot y/o el segundo robot o por lo menos partes individuales de los mismos, en particular para prolongar y/o reducir una medida definida o una medida deseada por el operador (por ejemplo, un programador).

En el contexto de la invención, es posible que a pesar de las diferentes posibilidades dinámicas o específicas del rendimiento del robot, el primer robot y/o el segundo robot, se puedan ejecutar en particular trayectorias de robot idénticas o iguales, pero que se ejecutan de forma espacialmente y/o temporalmente desplazada, o simétricas, preferentemente en forma de imagen especular, o por lo menos tramos de las mismas y/o se logren resultados de pintado esencialmente correspondientes (idénticos o simétricos).

También se debe mencionar que al fabricar o configurar el o los robots, puede estar previsto un valor característico en una curva maestra, en particular un programa de prueba con una carga más alta para varios ejes, o los ejes pueden recorrer una curva predeterminada con la carga admisible más alta y, como resultado de ello, se calculan la desviación positiva o negativa de los rendimientos de eje o las posibles trayectorias de movimiento que se ejecutan en el espacio y se indican como valor característico del o de los robots. Con este valor característico se puede realizar una primera comparación del o de los robots en una zona de pintura, línea de pintura y/o taller de pintura.

También debe mencionarse que el robot, el primer robot y/o dicho por lo menos un segundo robot pueden diseñarse en particular como un robot de aplicación para aplicar fluidos, por ejemplo a una o varias piezas de trabajo (por ejemplo, como un robot de aplicación para aplicar material de hermetización o de sellado (por ejemplo, para el sellado de costuras o para la producción de un sellado de los bajos de la carrocería), para aplicar un dobladillo a los rebordes, para la aplicación de material adhesivo u otros materiales deseados). Las características descritas en el presente documento con referencia particular a robots de pintura o al pintado, por lo tanto, también se aplican en particular en general a otros robots de aplicación u otros tipos de aplicación. En el contexto de la invención, el o los robots también pueden diseñarse como los denominados robots de manejo o de manipulación.

La invención comprende además hardware y software que son adecuados y están configurados para permitir que se lleve a cabo el procedimiento de funcionamiento descrito en el presente documento.

En particular, la invención comprende un sistema de control que comprende un sistema de adaptación, programación y/o recubrimiento para un robot o un primer robot y por lo menos un segundo robot adicional. Preferentemente, el sistema de control está configurado y es adecuado para llevar a cabo el procedimiento de funcionamiento descrito en el presente documento.

Por ejemplo, el sistema de control puede comprender un procesador, unidades funcionales configuradas y adecuadas para realizar las etapas del procedimiento de funcionamiento descrito en el presente documento, una memoria, interfaces de entrada y salida y/o líneas de datos para la comunicación de datos. En términos de hardware, las unidades funcionales se pueden implementar preferentemente como componentes o grupos constitutivos separados. Alternativamente, sin embargo, existe la posibilidad de que la o las unidades funcionales respectivas se implementen como un módulo de software, por ejemplo, en un programa informático.

La invención también comprende un programa informático y/o un medio legible informáticamente que contiene instrucciones que, cuando son ejecutadas por un procesador o un ordenador, permiten llevar a cabo un procedimiento de funcionamiento tal como se describe en el presente documento. La invención comprende además un ordenador o una unidad de procesamiento de datos con dicho programa informático.

Otras características del sistema de control, el programa informático, la unidad de procesamiento de datos y/o el medio legible informáticamente se desprenden directamente del procedimiento de funcionamiento descrito en el presente documento.

Además, la invención también incluye un robot, en particular un robot de aplicación o de pintura, que se instala y se configura para llevar a cabo un procedimiento de funcionamiento tal como se describe en el presente documento, y/o que incluye un sistema de control tal como se describe en el presente documento.

La invención comprende además una disposición con por lo menos dos robots, en particular por lo menos dos robots de aplicación o de pintura, estando los robots diseñados y configurados para llevar a cabo un procedimiento de funcionamiento tal como se describe en la presente memoria, y/o un sistema de control tal como se describe en el presente documento.

Las características anteriores se pueden combinar entre sí según sea necesario. Otros desarrollos ventajosos de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes o se desprenden de la descripción siguiente de ejemplos de formas de realización preferidos junto con las figuras adjuntas. Estas muestran:

Figura 1: un robot de pintura ejemplar que se puede operar según la invención,

Figuras 2a a 2c: representaciones esquemáticas de un robot de pintura según la figura 1 en un primer rango de posicionamiento según un primer ejemplo de forma de realización de la invención,

Figura 3a a 3c: representaciones esquemáticas del robot de pintura según las figuras 2a a 2c en un segundo rango de posicionamiento según el primer ejemplo de forma de realización de la invención,

Figura 4: un diagrama de flujo de un procedimiento según un ejemplo de forma de realización de la invención,

Figuras 5a, 5b: representaciones esquemáticas de un primer robot de pintura según la figura 1 en un primer rango de posicionamiento y de un segundo robot de pintura según la figura 1 en un segundo rango de posicionamiento según un segundo ejemplo de forma de realización de la invención,

Figura 6: un diagrama de flujo de un procedimiento según un ejemplo de forma de realización de la invención, y

Figura 7: una representación esquemática de un primer robot de pintura en un primer rango de posicionamiento y un segundo robot de pintura en un segundo rango de posicionamiento según otro ejemplo de forma de realización de la invención.

La figura 1 muestra una vista en perspectiva de un ejemplo de robot de pintura LR de varios ejes convencional que se puede operar según la invención. El robot de pintura LR comprende un cuerpo base 1, una carcasa de accionamiento 2, que comprende un primer eje y un segundo eje, un primer brazo 3, una unidad de transmisión 4, que comprende un tercer eje, una carcasa de accionamiento 5, que comprende un cuarto eje, un quinto eje y un sexto eje, un segundo brazo 6 y un eje de muñeca 7. El robot de pintura LR puede estar montado de una forma estacionaria o desplazable longitudinalmente. También se puede observar un carro de acoplamiento y tuberías para pintura en el segundo brazo 6. Un elemento de aplicación AE (por ejemplo, un atomizador giratorio) para aplicar pintura está montado en el eje de muñeca 7.

Las figuras 2a y 3a son unas vistas laterales esquemáticas del robot de pintura LR mostrado en la figura 1 y las piezas de trabajo 11 que se van a pintar (por ejemplo, parachoques), que se disponen en un portapiezas 10. La pieza de trabajo 11, que se somete a un proceso de pintado en las figuras 2a a 2c y 3a a 3c, está indicada con un apóstrofe.

La figura 2a muestra una vista lateral del robot de pintura LR en funcionamiento en un primer rango de posicionamiento SB1 para pintar una pieza de trabajo 11' posicionada en el rango cercano del robot de pintura LR. La figura 2b muestra una vista superior del robot de pintura LR según la figura 2a. La figura 2c muestra un tramo de la trayectoria de pintado de una trayectoria de pintado LB ejemplar esquemática, que es ejecutada por el robot de pintura LR mostrado en las figuras 2a y 2b o el elemento de aplicación AE montado en el mismo.

Cuando ejecuta la trayectoria de pintado LB para pintar la pieza 11' en el rango cercano del robot de pintura LR (figuras 2a, 2b, 2c), el robot de pintura LR recorre una pluralidad de posiciones o rangos de posicionamiento, por ejemplo, pivotando o desplazándose alrededor de uno o varios ejes. Uno de estos rangos de posicionamiento se puede observar esquemáticamente en las figuras 2a a 2c y se identifica con el signo de referencia SB1.

A un punto de trayectoria de pintado determinado puede asignarse preferentemente una posición determinada del robot de pintura LR, mientras que a un tramo de trayectoria de pintado determinado puede asignarse en particular un rango de posicionamiento determinado del robot de pintura LR.

La figura 3a muestra una vista lateral del robot de pintura LR en funcionamiento en un segundo rango de posicionamiento SB2 para pintar una pieza de trabajo 11' posicionada en el rango lejano del robot de pintura LR. La figura 3b muestra una vista superior del robot de pintura LR según la figura 3a. La figura 3c muestra un tramo de la trayectoria de pintado de una trayectoria de pintado ejemplar esquemática LB', que es ejecutada por el robot de pintura LR representado en las figuras 3a y 3b o el elemento de aplicación AE montado en el mismo.

La trayectoria de pintado LB' mostrada en la figura 3c corresponde a la trayectoria de pintado LB mostrada en la figura 2c. La trayectoria de pintado LB' mostrada en la figura 3c es idéntica a la trayectoria de pintado LB mostrada en la figura 2c, pero se ejecuta de forma desplazada hacia arriba.

Cuando ejecuta la trayectoria de pintado LB' para pintar la pieza de trabajo 11' en el rango lejano del robot de pintura LR (figuras 3a, 3b, 3c), el robot de pintura LR recorre una pluralidad de rangos de posicionamiento, por ejemplo pivotando o desplazándose alrededor de uno o más ejes. Uno de estos rangos de posicionamiento se puede observar esquemáticamente en las figuras 3a a 3c y se identifica con el signo de referencia SB2.

El robot de pintura LR comprende, por ejemplo, en el primer rango de posicionamiento SB1 un primer comportamiento dinámico determinado y por lo menos un primer valor característico de carga determinado que representa una carga máxima admisible en el robot de pintura LR en el primer rango de posicionamiento SB1.

El robot de pintura LR incluye, por ejemplo, en el segundo rango de posicionamiento SB2 un segundo comportamiento dinámico determinado y por lo menos un segundo valor característico de carga determinado, que

representa una carga máxima admisible en el robot de pintura LR en el segundo rango de posicionamiento SB2.

Habitualmente son posibles velocidades y aceleraciones más altas en el rango cercano del robot de pintura LR que en el rango lejano debido a cargas más bajas (por ejemplo, pares, tensiones, etc.). Si se utilizan realmente, se producen resultados de pintado diferentes.

Para eludir esta desventaja, se determinan los valores característicos de carga, las cargas y/o el comportamiento dinámico del robot de pintura LR que se producen cuando se pintan las piezas de trabajo 11. Para este fin, el robot de pintura LR puede ejecutar el programa de pintura o tramos individuales de la trayectoria de pintado y, por ejemplo, medir o calcular el primer y el segundo valor característico de carga. Esto se puede hacer en línea o fuera de línea, por ejemplo, utilizando una herramienta de simulación. También es posible medir el robot de pintura LR o que este se mida a sí mismo para determinar los valores característicos de carga. Midiendo el robot de pintura LR, se pueden determinar en particular diferencias en el comportamiento dinámico del robot de pintura LR.

En el contexto de la invención, el primer comportamiento dinámico y/o el primer valor característico de carga del robot de pintura LR, que se asignan al primer rango de posicionamiento SB1, se adaptan al segundo comportamiento dinámico y/o al segundo valor característico de carga, que se asignan al segundo rango de posicionamiento SB2. De esta forma, es posible que las piezas de trabajo 11 puedan recorrerse y pintarse con la misma dinámica, en particular trayectorias de pintado LB, LB' correspondientes, es decir, idénticas pero ejecutadas de forma desplazada, las mismas velocidades y las mismas aceleraciones.

El ejemplo de forma de realización descrito anteriormente describe un caso en el que un robot se extiende en particular en la dirección de la altura ("hacia arriba o hacia abajo").

Sin embargo, también son posibles ejemplos de formas de realización en los que un robot tiene que extenderse en particular en la dirección de profundidad, por ejemplo, a través de una pieza de trabajo (en particular, piezas complementarias tales como parachoques, barras de parachoques, etc. o el capó de motor de una carrocería de vehículo) que se encuentra transversalmente a la dirección de transporte. En este caso, la carga dinámica suele ser incluso mayor que en el caso en el que un robot tiene que extenderse en dirección vertical ("hacia arriba o hacia abajo").

La figura 4 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de funcionamiento de un robot de pintura según un ejemplo de forma de realización de la invención, por ejemplo del robot de pintura LR de las figuras 2a a 2c y 3a a 3c.

En una etapa S1, se determina el comportamiento dinámico o los valores característicos de carga del robot de pintura LR cuando ejecuta un programa de pintura o una o más trayectorias de pintado para pintar las piezas de trabajo 11.

En una etapa S2, se equiparan diferentes comportamientos dinámicos o valores característicos de carga del robot de pintura LR (por lo menos el comportamiento dinámico o valores característicos de carga del primer rango de posicionamiento SB1 se adapta al comportamiento dinámico o valores característicos de carga del segundo rango de posicionamiento SB2).

En una etapa S3, las piezas de trabajo 11 se recorren y se pintan con un comportamiento dinámico equiparado o valores característicos de carga equiparados, en particular trayectorias de pintado correspondientes, las mismas velocidades y las mismas aceleraciones, con lo que se obtienen los mismos resultados de pintado en las piezas de trabajo 11.

El ejemplo de forma de realización según las figuras 5a y 5b corresponde parcialmente al ejemplo de forma de realización descrito anteriormente, en el que las partes similares o idénticas están provistas de los mismos signos de referencia, y para su explicación remítase también a la descripción del ejemplo de forma de realización descrito anteriormente para evitar repeticiones.

La figura 5a muestra una vista lateral esquemática de un primer robot de pintura LR1 y un segundo robot de pintura LR2 y una pieza de trabajo 12 que se va a pintar (por ejemplo, una carrocería de vehículo automóvil) que está dispuesta en una cinta transportadora 13. Los robots de pintura LR1 y LR2 pueden ser robots de pintura estructuralmente idénticos tal como se muestra en la figura 1. Pero también es posible que los robots de pintura LR1 y LR2 provengan de diferentes fabricantes. El signo de referencia 6 indica el segundo brazo y el signo de referencia AE el elemento de aplicación del primer robot de pintura LR1, mientras que el signo de referencia 6' indica el segundo brazo y el signo de referencia AE' indica el elemento de aplicación del segundo robot de pintura LR2.

En la figura 5a, se puede observar en funcionamiento el primer robot de pintura LR1 en un primer rango de posicionamiento SB1 para pintar un lado de la pieza de trabajo 12. La figura 5b muestra una vista superior del primer robot de pintura LR1 según la figura 5a.

En la figura 5a se puede observar en funcionamiento el segundo robot de pintura LR2 en un segundo rango de posicionamiento SB22 para pintar el otro lado de la pieza de trabajo 12. La figura 5b muestra una vista superior del segundo robot de pintura LR2 según la figura 5a.

El primer robot de pintura LR1 y el segundo robot de pintura LR2 se colocan uno frente al otro, en particular de forma axialmente o especularmente simétrica, para pintar los dos lados de la pieza 12 de trabajo.

Cuando ejecuta la trayectoria de pintado para pintar la pieza de trabajo 12 por un lado, el primer robot de pintura LR1 recorre una pluralidad de rangos de posicionamiento, por ejemplo, pivotando o desplazándose alrededor de uno o más ejes. Uno de estos rangos de posicionamiento puede observarse esquemáticamente en las figuras 5a y 5b y está identificada por el signo de referencia SB11.

A un punto de trayectoria de pintado determinado puede asignarse preferentemente una posición determinada del primer robot de pintura LR1, mientras que a un tramo de trayectoria de pintado determinado puede asignarse en particular un rango de posicionamiento determinado del primer robot de pintura LR1.

Cuando se desplaza a lo largo de una trayectoria de pintado para pintar la pieza de trabajo 12 por el otro lado, el segundo robot de pintura LR2 recorre una pluralidad de rangos de posicionamiento, por ejemplo, pivotando o desplazándose alrededor de uno o más ejes. Uno de estos rangos de posicionamiento se puede observar esquemáticamente en las figuras 5a y 5b y se identifica con el signo de referencia SB22.

A un punto de trayectoria de pintado determinado puede asignarse preferentemente una posición determinada del primer robot de pintura LR2, mientras que a un tramo de trayectoria de pintado determinado puede asignarse en particular un rango de posicionamiento determinado del primer robot de pintura LR2.

La trayectoria de pintado del primer robot de pintura LR1 corresponde a la trayectoria de pintado del segundo robot de pintura LR2. La trayectoria de pintado del primer robot de pintura LR1 y la trayectoria de pintado del segundo robot de pintura LR2 son simétricas axialmente o imágenes especulares entre sí.

Como puede observarse en las figuras 5a y 5b, el primer rango de posicionamiento SB11 del primer robot de pintura LR1 y el segundo rango de posicionamiento SB22 del segundo robot de pintura LR2 también se corresponden. El primer rango de posicionamiento SB11 del primer robot de pintura LR1 y el segundo rango de posicionamiento SB22 del segundo robot de pintura LR2 son simétricos axialmente o simétricos especularmente entre sí.

El primer robot de pintura LR1 comprende un primer comportamiento dinámico determinado y por lo menos un primer valor característico de carga determinado en el primer rango de posicionamiento SB11, que representa una carga máxima admisible en el primer robot de pintura LR1 en el primer rango de posicionamiento SB11.

El segundo robot de pintura LR2 comprende un segundo comportamiento dinámico determinado y por lo menos un segundo valor característico de carga determinado en el segundo rango de posicionamiento SB22, que representa una carga máxima admisible del segundo robot de pintura LR2 en el segundo rango de posicionamiento SB22.

Debido, por ejemplo, a un desgaste desigual, pero en particular debido a tolerancias de los componentes mecánicos (por ejemplo, ejes, engranajes, guías, cojinetes, etc.), el primer comportamiento dinámico y/o el primer valor característico de carga se desvía por lo menos ligeramente del segundo comportamiento dinámico y/o el segundo valor característico de carga.

Para eludir esta desventaja, se determinan los valores de carga característicos, las cargas y/o el comportamiento dinámico del primer robot de pintura LR1 y del segundo robot de pintura LR2. Esto se puede realizar como en el primer ejemplo de forma de realización; remítase a la descripción del mismo para evitar repeticiones.

En el contexto de la invención, es posible adaptar el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del primer robot de pintura LR1 en el primer rango de posicionamiento SB11 al comportamiento dinámico y/o al valor característico de carga del segundo robot de pintura LR2 en el segundo rango de posicionamiento SB22. De esta forma es posible recorrer y pintar los dos lados de la pieza de trabajo 12 con una dinámica idéntica o correspondiente, en particular trayectorias de pintado especulares, las mismas velocidades y las mismas aceleraciones.

Además, es posible que los valores característicos de carga, las cargas y/o el comportamiento dinámico del primer robot de pintura LR1 y del segundo robot de pintura LR2 se determinen esencialmente de forma continua o cíclica durante el funcionamiento del primer robot de pintura LR1 y el segundo robot de pintura LR2. Entonces es posible que el primer valor de carga característico o el primer comportamiento dinámico del primer robot de pintura LR1 se adapte cíclicamente o esencialmente de forma continua durante el funcionamiento al segundo valor de carga característico o al segundo comportamiento dinámico del segundo robot de pintura LR2.

La figura 6 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de funcionamiento para pintar robots según un ejemplo de forma de realización de la invención, por ejemplo el primer y segundo robot de pintura LR1 y LR2 de las figuras 5a y 5b.

En una etapa S1, se determina el comportamiento dinámico o valores característicos de carga del primer robot de pintura LR1 cuando se ejecuta un programa de pintura o una o más trayectorias de pintado o por lo menos tramos de las mismas para pintar un lado de la pieza de trabajo 12. Además, el comportamiento dinámico o los valores característicos de carga del segundo robot de pintura LR2 se determinan cuando se ejecuta un programa de pintura o una o varias trayectorias de pintado o por lo menos tramos de las mismas para pintar el otro lado de la pieza de trabajo 12.

En una etapa S2, se adaptan entre sí comportamientos dinámicos o valores característicos de carga divergentes entre el primer robot de pintura LR1 y el segundo robot de pintura LR2 (por lo menos el comportamiento dinámico o los valores característicos de carga en el primer rango de posicionamiento SB11 del primer robot de pintura LR1 se adaptan al comportamiento dinámico o los valores característicos de carga en el segundo rango de posicionamiento SB22 del segundo robot de pintura LR2).

En una etapa S3, el primer robot de pintura LR1 y el segundo robot de pintura LR2 recorren y pintan los dos lados de la pieza de trabajo 12 con un comportamiento dinámico coincidente o valores característicos de carga coincidentes, en particular trayectorias de pintado correspondientes (imagen especular), las mismas velocidades y las mismas aceleraciones, lográndose resultados de pintado correspondiente (idénticos o simétricos) a ambos lados de la pieza de trabajo 12.

El ejemplo de forma de realización según la figura 7 corresponde parcialmente a los ejemplos de formas de realización descritos anteriormente, en particular el ejemplo de forma de realización según las figuras 5a, 5b y 6, estando indicadas partes similares o idénticas con los mismos signos de referencia, y para su explicación remítase también a la descripción de los ejemplos de formas de realización descritos anteriormente para evitar repeticiones.

El ejemplo de forma de realización mostrado en las figuras 5a y 5b describe un caso en el que se ejecutan programas de pintura o trayectorias de robot especulares, en particular un robot de pintura pinta el lado izquierdo de la pieza de trabajo 12 y otro robot de pintura opuesto pinta el lado derecho de la pieza de trabajo 12. El primer rango de posicionamiento y el segundo rango de posicionamiento son simétricos axialmente entre sí.

El ejemplo de forma de realización mostrado en la figura 7, por otra parte, describe un caso en el que se ejecutan los mismos programas de pintura o trayectorias de robot, en particular un robot de pintura LR1 inicialmente, por ejemplo, aplica el 50% del espesor final de la capa de pintura al lado derecho de la pieza de trabajo 12 y después el segundo robot de pintura LR2 (temporalmente y espacialmente en sucesión) aplica el 50% restante del espesor de la capa de pintura final a la parte derecha de la pieza de trabajo 12. Los robots de pintura LR1 y LR2 mostrados en la figura 7 realizan así esencialmente la misma tarea de pintado uno tras otro.

La trayectoria de pintado del primer robot de pintura LR1 corresponde o es la misma que la trayectoria de pintado del segundo robot de pintura LR2. Como puede observarse en la figura 7, el primer rango de posicionamiento SB11' del primer robot de pintura LR1 y el segundo rango de posicionamiento SB22' del segundo robot de pintura LR2 también se corresponden. El primer rango de posicionamiento SB11' del primer robot de pintura LR1 es igual al segundo rango de posicionamiento SB22' del segundo robot de pintura LR2.

La flecha P indica la dirección de transporte de la cinta transportadora 13. También es posible que deba pintarse de nuevo en otra cabina de pintura (por ejemplo, capa base 1, capa base 2 o imprimación húmedo sobre húmedo, capa base, capa transparente). Posteriormente, por lo menos tres robots de pintura, si es necesario incluso más de tres robots de pintura, por ejemplo, también en el caso de parachoques y talleres de pintura con alta capacidad de pintado o varias líneas con la misma tarea de pintado, ejecutan exactamente el mismo programa de trayectoria.

La invención no se limita a los ejemplos de formas de realización preferidos descritos anteriormente. Por el contrario, son posibles una pluralidad de variantes y modificaciones que también hacen uso del concepto de la invención y, por lo tanto, se encuentran dentro del alcance de protección definido por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de funcionamiento para un robot de aplicación (LR) o para un primer robot de aplicación (LR1) y por lo menos un segundo robot de aplicación (LR2) adicional para aplicar un fluido sobre una o más piezas de trabajo, en el que el robot de aplicación (LR) durante el funcionamiento recorre un primer rango de posicionamiento (SB1), que es un rango cercano, y un segundo rango de posicionamiento (SB2), que es un rango lejano,

o en el que el primer robot de aplicación (LR1) y dicho por lo menos un segundo robot de aplicación (LR2) adicional recorren durante el funcionamiento una pluralidad de rangos de posicionamiento (SB11, SB22), caracterizado por que

S1) para los rangos de posicionamiento (SB1, SB2) del robot (LR), su comportamiento dinámico, que comprende una aceleración positiva o negativa máxima admisible y/o un valor característico de carga, que representa una carga máxima admisible del robot, se determinan durante la ejecución de un programa de robot,

o para los rangos de posicionamiento (SB11, SB22) del primer robot (LR1) y del segundo robot (LR2) adicional su comportamiento dinámico, que comprende una aceleración positiva o negativa máxima admisible y/o un valor característico de carga, que representa una carga máxima admisible del robot (LR1, LR2) en cuestión, se determinan durante la ejecución de un programa de robot,

S2) el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del robot (LR) en el primer rango de posicionamiento (SB1) se adaptan al comportamiento dinámico y/o al valor característico de carga en el segundo rango de posicionamiento (SB2) del robot (LR)

o el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del primer robot (LR1) en por lo menos un primer rango de posicionamiento (SB11) se adaptan al comportamiento dinámico y/o al valor característico de carga del segundo robot (LR2) en por lo menos un segundo rango de posicionamiento (SB22), y

S3) el fluido se aplica con el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga adaptados.

2. Procedimiento de funcionamiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del primer rango de posicionamiento (SB1; SB11) se adaptan al comportamiento dinámico y/o al valor característico de carga del segundo rango de posicionamiento (SB2; SB22) para adaptar esencialmente resultados de aplicación entre sí por lo menos en el primer rango de posicionamiento (SB1; SB11) y en el segundo rango de posicionamiento (SB2; SB22), y

por que la pieza de trabajo o la pluralidad de piezas de trabajo son una o más carrocerías de vehículos automóviles o una o más piezas complementarias para carrocerías de vehículos automóviles.

3. Procedimiento de funcionamiento según la reivindicación 2, caracterizado por que los resultados de la aplicación comprenden una apariencia del pintado sustancialmente correspondiente.

4. Procedimiento de funcionamiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el comportamiento dinámico del primer rango de posicionamiento (SB1; SB11) y el comportamiento dinámico del segundo rango de posicionamiento (SB2; SB22) comprenden un movimiento basado en una trayectoria de robot curvada por lo menos a tramos, o por lo menos tramos de la misma.

5. Procedimiento de funcionamiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el valor característico de carga del primer rango de posicionamiento (SB1; SB11) y el valor característico de carga del segundo rango de posicionamiento (SB2; SB22)

a) es un valor límite de carga máxima admisible, y/o

b) es un valor característico de carga eléctrica y/o mecánica y/o dinámica, y/o

c) es un valor característico de momento y/o tensión, y/o

d) es un valor característico de aceleración positiva y/o negativa, y/o

e) es un valor característico de velocidad, y/o

f) es un valor característico de corriente y/o tensión de un motor de accionamiento para el robot (LR), el primer robot (LR1) y/o el segundo robot (LR2), y/o

- g) es por lo menos un parámetro de regulación o de control del sistema de accionamiento para el robot (LR), el primer robot (LR1) y/o el segundo robot (LR2), y/o
- h) se refiere por lo menos a un eje del robot (LR), del primer robot (LR1) y/o del segundo robot (LR2).
- 5 6. Procedimiento de funcionamiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que
- a) el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del primer rango de posicionamiento (SB1; SB11) permite una carga mayor que el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del
10 segundo rango de posicionamiento (SB2; SB22), y/o
- b) el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del primer rango de posicionamiento (SB1; SB11) permite una aceleración positiva y/o negativa mayor que el comportamiento dinámico y/o el valor
15 característico de carga del segundo rango de posicionamiento (SB2; SB22).
7. Procedimiento de funcionamiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del primer rango de posicionamiento (SB1; SB11) se
20 adapta al comportamiento dinámico y/o al valor característico de carga del segundo rango de posicionamiento (SB2; SB22),
- a) para lograr un comportamiento dinámico sustancialmente correspondiente por lo menos en el primer rango de posicionamiento (SB1; SB11) y en el segundo rango de posicionamiento (SB2; SB22), y/o
- b) para lograr trayectorias de robot o desviaciones de trayectoria de robot sustancialmente correspondientes
25 o por lo menos tramos de las mismas por lo menos en el primer rango de posicionamiento (SB1; SB11) y en el segundo rango de posicionamiento (SB2; SB22), y/o
- c) para lograr velocidades sustancialmente idénticas por lo menos en el primer rango de posicionamiento (SB1; SB11) y en el segundo rango de posicionamiento (SB2; SB22), y/o
- 30 d) para lograr aceleraciones positivas y/o negativas sustancialmente idénticas por lo menos en el primer rango de posicionamiento (SB1; SB11) y en el segundo rango de posicionamiento (SB2; SB22).
8. Procedimiento de funcionamiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del primer rango de posicionamiento (SB1; SB11) y
35 el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del segundo rango de posicionamiento (SB2; SB22) se determinan en línea o fuera de línea.
9. Procedimiento de funcionamiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el robot (LR), el primer robot (LR1) y/o el segundo robot (LR2) se miden o se miden a sí mismos,
40
- a) para determinar el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del primer rango de posicionamiento (SB1; SB11) y del segundo rango de posicionamiento (SB2; SB22), y/o
- 45 b) para determinar diferencias entre el comportamiento dinámico en el primer rango de posicionamiento (SB1; SB11) y el comportamiento dinámico en el segundo rango de posicionamiento (SB2; SB22).
10. Procedimiento de funcionamiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del primer rango de posicionamiento (SB1; SB11) y
50 del segundo rango de posicionamiento (SB2; SB22) se determina de forma cíclica o sustancialmente continua durante el funcionamiento del robot (LR), del primer robot (LR1) y/o del segundo robot (LR2).
11. Procedimiento de funcionamiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del primer rango de posicionamiento (SB1; SB11) se
55 adapta de forma cíclica o sustancialmente continua durante el funcionamiento del robot (LR), del primer robot (LR1) y/o del segundo robot (LR2) al comportamiento dinámico y/o al valor característico de carga del segundo rango de posicionamiento (SB2; SB22).
12. Procedimiento de funcionamiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se determina la durabilidad y/o la vida útil por lo menos aproximada del robot (LR), del primer robot (LR1) y/o del
60 segundo robot (LR2), o por lo menos de partes individuales de los mismos, que resulta si el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del primer rango de posicionamiento se adapta al comportamiento dinámico y/o al valor característico de carga del segundo rango de posicionamiento.
- 65 13. Procedimiento de funcionamiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el comportamiento dinámico y/o el valor característico de carga del primer rango de posicionamiento (SB1, SB11) se

adapta al comportamiento dinámico y/o al valor característico de carga del segundo rango de posicionamiento (SB2, SB22) para influir de forma selectiva en la durabilidad y/o la vida útil por lo menos aproximada del robot (LR), del primer robot (LR1) y/o del segundo robot (LR2), o por lo menos de partes individuales de los mismos.

- 5 14. Procedimiento de funcionamiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el primer rango de posicionamiento y el segundo rango de posicionamiento son diferentes o sustancialmente correspondientes.
- 10 15. Sistema de control para un robot (LR) o un primer robot (LR1) y por lo menos un segundo robot (LR2) adicional, en el que el robot (LR) o el primer robot (LR1) y dicho por lo menos un segundo robot (LR2) adicional están diseñados para recorrer una pluralidad de rangos de posicionamiento durante el funcionamiento, caracterizado por que el sistema de control está configurado para ejecutar el procedimiento de funcionamiento según una de las reivindicaciones anteriores.
- 15 16. Robot de aplicación (LR), que está diseñado y configurado para ejecutar un procedimiento de funcionamiento según una de las reivindicaciones 1 a 14, y que comprende un sistema de control según la reivindicación 15.
- 20 17. Disposición que presenta por lo menos dos robots de aplicación (LR1, LR2), que están diseñados y configurados para ejecutar un procedimiento de funcionamiento según una de las reivindicaciones 1 a 14, y que comprenden un sistema de control según la reivindicación 15.
- 25 18. Programa informático, en el que el programa informático, cuando es ejecutado por un procesador o una unidad de procesamiento de datos, inicia la ejecución de un procedimiento de funcionamiento según una de las reivindicaciones 1 a 14.
19. Programa informático según la reivindicación 18, que contiene instrucciones para ejecutar el procedimiento de funcionamiento.

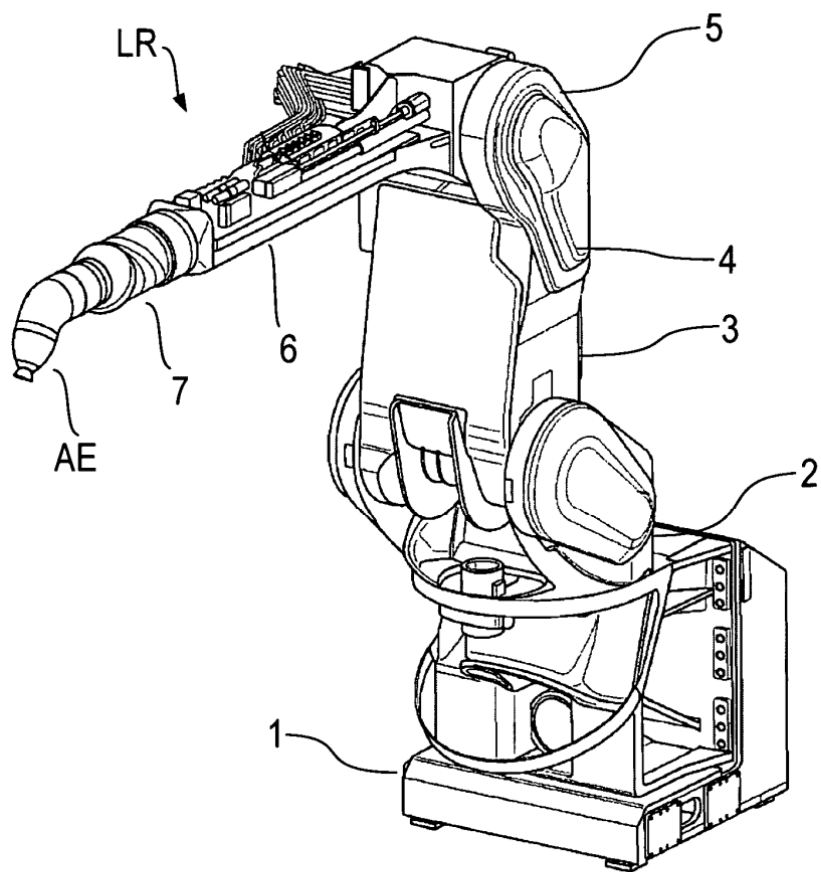


FIG. 1

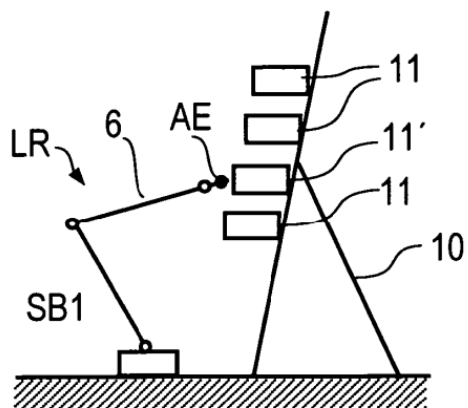


FIG. 2a

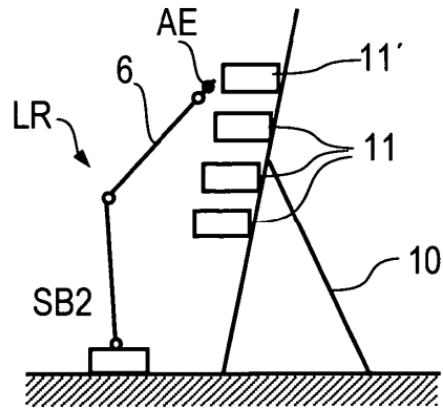


FIG. 3a

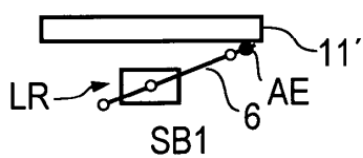


FIG. 2b

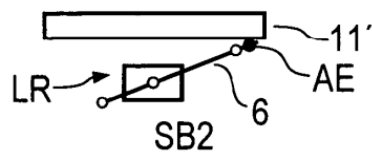


FIG. 3b

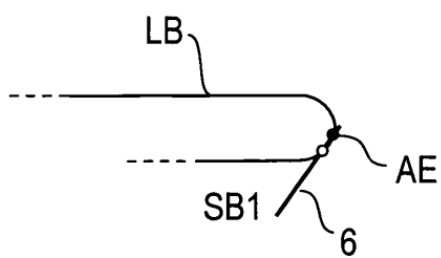


FIG. 2c

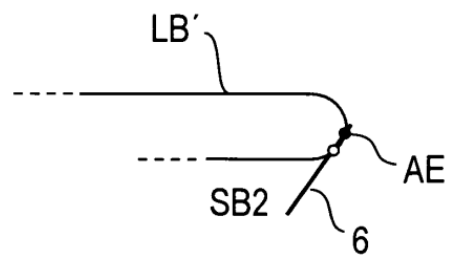


FIG. 3c

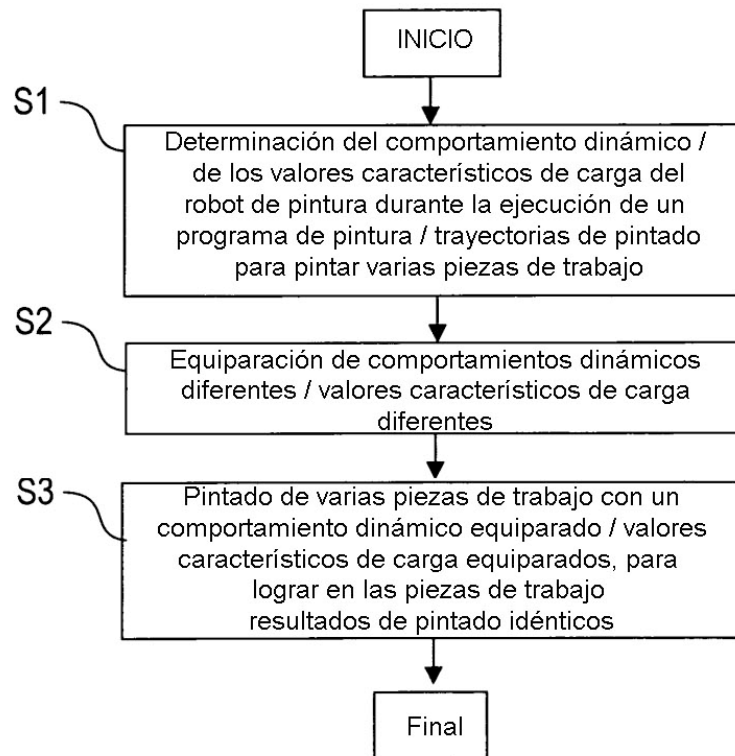
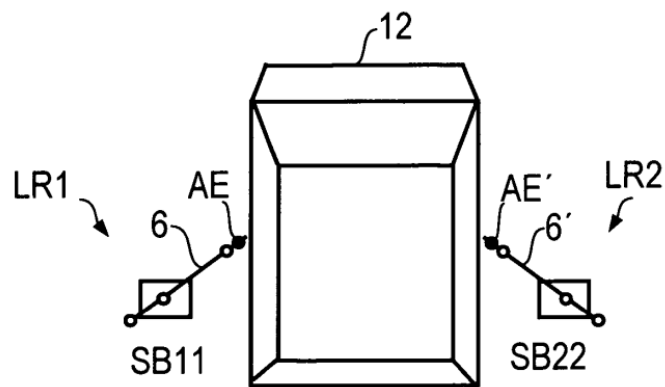
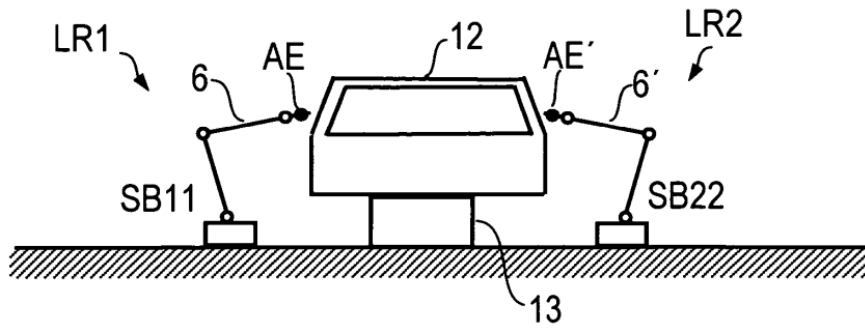


FIG. 4



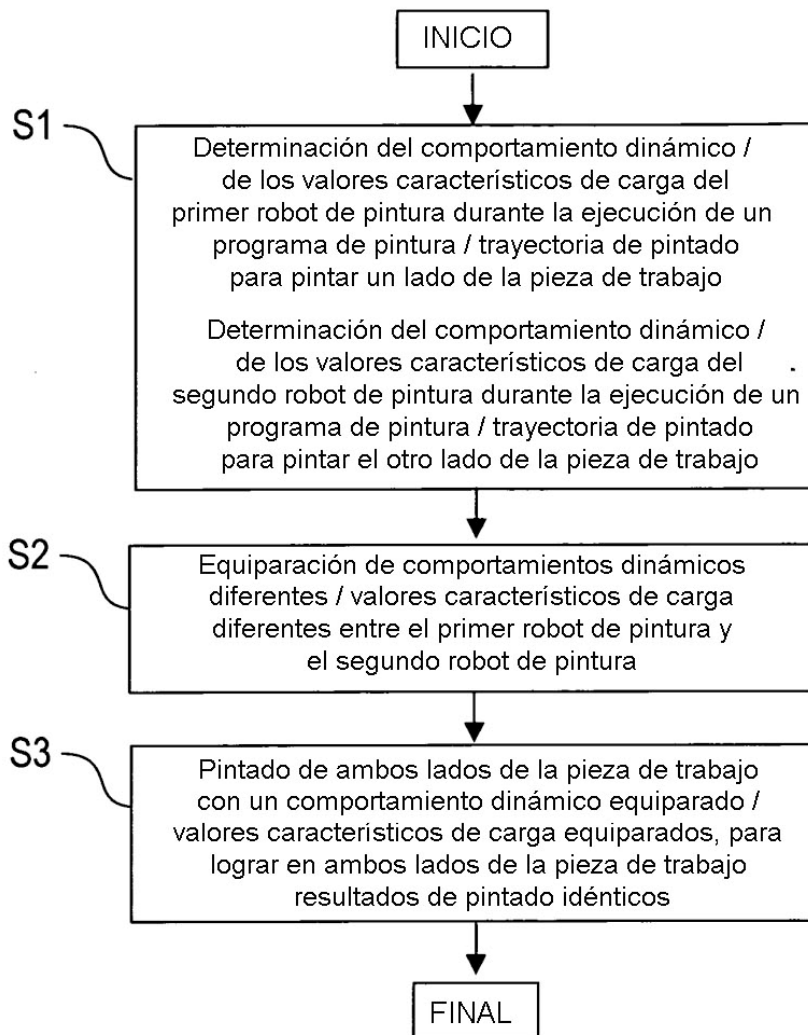


FIG. 6

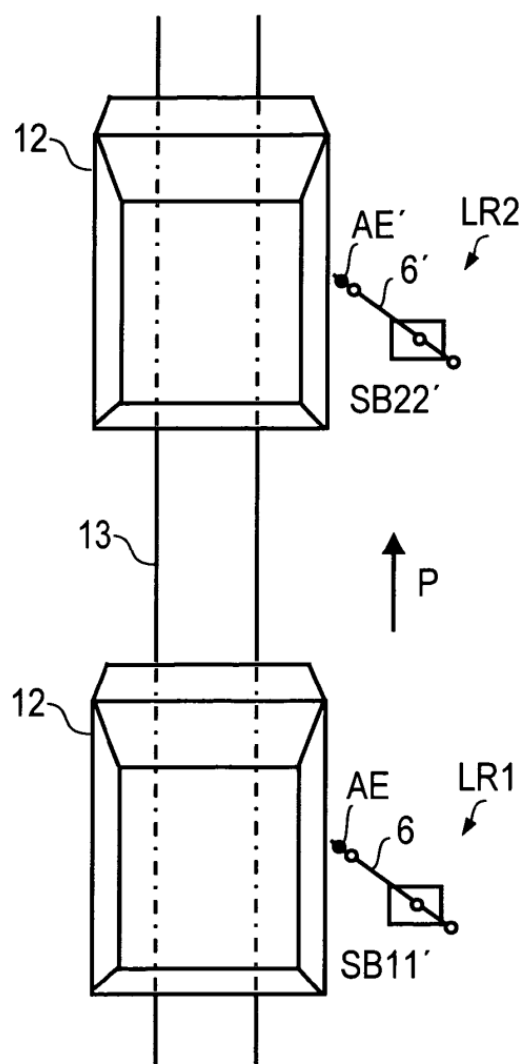


FIG. 7