

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 946 462**

51 Int. Cl.:

B25J 9/16 (2006.01)

B25J 11/00 (2006.01)

B25J 19/02 (2006.01)

B05B 13/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.05.2020 PCT/EP2020/062674**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.11.2020 WO20225350**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2020 E 20726718 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.04.2023 EP 3953113**

54 Título: **Procedimiento de revestimiento e instalación de revestimiento correspondiente**

30 Prioridad:

07.05.2019 DE 102019111760

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

19.07.2023

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KUNZ, HARALD;
BAUDER, MANFRED y
SPILLER, ALEXANDER**

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 946 462 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 revestimiento e instalación de revestimiento correspondiente

5 La invención se refiere a un procedimiento de revestimiento para revestir un componente (por ejemplo, un componente de carrocería de vehículo automóvil) con un agente de revestimiento (por ejemplo, pintura). Además, la invención se refiere a una instalación de revestimiento correspondiente.

10 En instalaciones de pintura modernas para pintar componentes de carrocería de vehículo automóvil, generalmente se utilizan atomizadores giratorios como dispositivos de aplicación, los cuales son guiados por medio de un robot de pintura multieje con una cinemática de robot en serie a lo largo de trayectorias de revestimiento predeterminadas sobre la superficie de componente de los componentes de carrocería de vehículo automóvil que se van a pintar. Los componentes de carrocería de vehículo automóvil que se van a pintar generalmente son transportados por medio de un transportador lineal a lo largo de una línea de pintura a través de la instalación de pintura, por lo cual
15 el transportador tiene tolerancias de posicionamiento. Adicionalmente, el robot de pintura multieje también tiene tolerancias de posicionamiento. Finalmente, los componentes de carrocería de vehículo automóvil que se van a pintar también tienen tolerancias de forma. Como resultado, estas tolerancias de posicionamiento pueden llevar a un posicionamiento incorrecto del pulverizador giratorio con respecto al componente de carrocería de vehículo que se va a pintar.

20 Se conocen varios conceptos de la técnica anterior para resolver este problema, pero todos ellos están asociados con desventajas específicas.

25 Un concepto conocido implica que los componentes de carrocería de vehículo automóvil que se van a pintar sean medidos por medio de un sistema de detección de posición antes de pintar, por lo cual el sistema de detección de posición puede operar con cuatro cámaras, por ejemplo. Dependiendo de la posición, orientación y forma medidas del componente de carrocería de vehículo que se va a pintar, después se pueden ajustar en consecuencia las trayectorias de revestimiento programadas predefinidas.

30 Otro concepto conocido, por otro lado, implica medir los componentes de carrocería de vehículo automóvil que se van a pintar utilizando sistemas móviles, guiados por robot, de manera que después se pueden ajustar las trayectorias de revestimiento predefinidas en función del resultado de medición. La medición de los componentes de carrocería de vehículo automóvil que se van a pintar se lleva a cabo en un proceso de medición separado, independientemente de las trayectorias de revestimiento programadas predefinidas.

35 Adicionalmente, los cambios de temperatura durante el funcionamiento también pueden llevar a un posicionamiento incorrecto del pulverizador giratorio guiado por robot con respecto a los componentes de carrocería de vehículo que se van a pintar. Por ejemplo, el robot de pintura se calienta durante el funcionamiento debido a la pérdida de calor eléctrico y la fricción, lo que provoca que cambie la geometría del robot, dando como resultado un posicionamiento incorrecto correspondiente. Pueden aparecer errores de posicionamiento relacionados con la temperatura de hasta 1 mm durante el funcionamiento del robot. Cuando se utiliza un pulverizador giratorio, la posición exacta de la superficie que se va a pintar es irrelevante, siempre que no esté fuera del alcance del cono de pulverización. Sin embargo, esto no se aplica cuando se pintan techos de contraste con un aplicador libre de exceso de pulverización (por ejemplo, cabezal de impresión).

45 Para compensar estos errores de posicionamiento relacionados con la temperatura, es conocido partir de la técnica anterior el hecho de medir las temperaturas de robot cíclicamente y adaptar el modelo de robot utilizado para el cálculo en función de los valores de temperatura medidos. De esta forma, se pueden reducir los errores de posicionamiento relacionados con la pintura.

50 Sin embargo, los conceptos conocidos descritos anteriormente están asociados con diferentes desventajas, las cuales se describen brevemente más adelante.

55 La medición global del componente utilizando múltiples cámaras generalmente no es suficiente para lograr la precisión de posicionamiento requerida, debido a que no se toman en cuenta las tolerancias de componente y las tolerancias de robot. Por ejemplo, el error de posicionamiento al pintar componentes de carrocería de automóvil debe ser menor que 1 mm.

60 En el caso de mediciones de componente móviles, guiadas por robot, sólo se pueden compensar localmente las regiones medidas a la vez. En aplicaciones de grandes áreas, sin embargo, los bordes de componente son solamente una fracción, mientras que el área encerrada no se puede medir ni compensar por medio de mediciones móviles guiadas por robot, porque no hay características (por ejemplo, bordes) que se puedan medir ahí.

65 La compensación de temperatura descrita anteriormente, por otro lado, es muy compleja y depende de la calidad de los artefactos, el número y la posición de los puntos de medición y la descripción del modelo de robot. Adicionalmente, los artefactos no están ubicados directamente en el área de aplicación, de manera que los robots

no se ven obstaculizados en su tarea de medición real. Dichos sistemas para la compensación de temperatura también son relativamente complejos, costosos y requieren un alto nivel de mantenimiento.

Para el antecedente técnico de la invención, también se debe hacer referencia al documento EP 1 184 139 A2, US 2015/0328773 A1, WO 2014/090323 A1, CN 108 297 097 A, DE 10 2016 014 944 A1; VOGEL, W.: "Eine interaktive räumliche Benutzerschnittstelle für die Programmierung von Industrierobotern", (Forschungsberichte IWB Bd. 228, Múnich 2009, también la tesis de disertación de la Universidad Tecnológica de Múnich 2008); "CAD-Systeme bilden Basis für Offline-Programmierung", (<https://www.computerwoche.de/a/cad-systeme-bilden-basis-fuer-offlineprogrammierung/1157492>; archivado en <https://archive.org/web/> el 04/12/2014) y el documento DE 90 01 451 U1.

Finalmente, GRUHLER, Gerhard: "ISW Forschung und Praxis - Sensorgeführte Programmierung bahngesteuerter Industrieroboter", (Vol. 67. Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH, 1987. - ISBN 978-3-662-09860-8) divulga un procedimiento de revestimiento para revestir un componente con agente de revestimiento. Sin embargo, este procedimiento conocido todavía no es completamente satisfactorio.

Por lo tanto, la invención se basa en la tarea de proporcionar un procedimiento de revestimiento correspondientemente mejorado y una instalación de revestimiento correspondiente.

Esta tarea se resuelve por medio de un procedimiento de revestimiento según la invención o una instalación de revestimiento de acuerdo con la invención de acuerdo con las reivindicaciones independientes.

A continuación, se explicarán detalles según la invención con respecto al desplazamiento de medición real. Por lo tanto, las trayectorias de revestimiento y la trayectoria de medición corren generalmente a través de una región de superficie del componente que se va a revestir, tal como un techo de una carrocería de vehículo automóvil, esta región de superficie estando delimitada por bordes que se puede medir. Aquí, los valores de referencia de las posiciones de punto de borde y/o las orientaciones de punto de borde espaciales se especifican para puntos de borde en los bordes de la región de superficie. Estos valores de referencia se pueden determinar, por ejemplo, según el modelo predefinido de diseño asistido por computadora (CAD, *Computer Aided Design*) o se miden por separado. Durante el desplazamiento de medición, se miden entonces los valores de medición de las posiciones de punto de borde y/o las orientaciones de punto de borde de los puntos de borde en los bordes de la región de superficie. Después, se determina la desviación entre los valores de medición, por un lado, y los valores de referencia, por el otro. Después, se ajusta la trayectoria de revestimiento en función de esta medición.

Por ejemplo, este ajuste se puede hacer por medio de un algoritmo de corrección, que puede incluir, por ejemplo, un polinomio de n-ésimo orden con n de 1 a 6, un *spline* cúbico, un *spline* quíntico, una curva de Bezier cúbica o una curva de Bezier quíntica, por citar algunos ejemplos.

A continuación, se describen detalles de un algoritmo de corrección posible se describen. La idea básica del algoritmo de corrección es que cuanto menor sea la distancia entre el punto de medición y el punto de trayectoria, más afectará el valor de corrección de un punto de medición a un punto de trayectoria.

Para el algoritmo de corrección, los bordes se aproximan sección por sección por medio de ecuaciones de línea recta. En cada caso, dos puntos de medición colindantes definen una línea recta, lo cual es válido entre los dos puntos de medición o - si no hay más puntos de medición en una dirección - también más allá. Para los puntos de medición en el borde izquierdo y derecho, las líneas rectas se representan en la forma $y = f(x)$, para el borde inicial y final en la forma $x = f(y)$. Por lo tanto, las ecuaciones de línea recta se pueden representar siempre como $y = m \cdot x + b$ o $x = m \cdot y + b$ sin problemas numéricos con m hacia el infinito.

Las líneas rectas se calculan para los puntos de medición programados (= puntos de medición en el cuerpo cero) y para los puntos de medición corregidos (= puntos de medición programados + valor de corrección de la computadora de medición).

Para la corrección en la dirección Y de un punto de trayectoria P, se utiliza la coordenada XP para determinar qué sección de las ecuaciones para los bordes izquierdo/derecho pertenece a este punto y después la coordenada XP se inserta en las ecuaciones correspondientes.

$$\begin{array}{ll} \text{Margen izquierdo: } Y_L = f_L(X_P) \text{ y } Y_{KorrL} = f_L(X_P) & \text{Esto da } \Delta L = Y_{KorrL} - Y_L \\ \text{Margen derecho: } Y_R = f_R(X_P) \text{ y } Y_{KorrR} = f_R(X_P) & \text{Esto da } \Delta R = Y_{KorrR} - Y_R \end{array}$$

Ahora, ΔL y ΔR se ponderan con la distancia del punto de trayectoria P desde los bordes izquierdo y derecho para obtener la corrección en la dirección Y:

Con $DistL = ABS(Y_P - Y_L)$ y $Dist = ABS(Y_R - Y_L)$ uno tiene las

ponderaciones:

$$fL = 1 - \text{DistL} / \text{Dis}$$

(¡se hace más grande cuando DistL se hace más pequeño!)

$$fR = \text{DistL} / \text{Dist}$$

con la propiedad $fL + fR = 1$

$$\text{Valor de corrección en la dirección Y: } \Delta L * fL + \Delta R * fR$$

Para la corrección en la dirección X de un punto de trayectoria P, se utiliza la coordenada YP para determinar qué sección de las ecuaciones para los bordes izquierdo/derecho pertenece a este punto y después la coordenada YP se inserta en las ecuaciones correspondientes.

$$\begin{array}{ll} \text{Margen inicial: } XS = fS(YP) \text{ y } XKorrS = fS(XP). & \text{Esto da } \Delta S = XKorrY - XS \\ \text{Margen derecho: } XE = fR(YP) \text{ y } XKorrE = fE(XP). & \text{Esto da } \Delta R = XKorrE - XE \end{array}$$

Ahora, ΔS y ΔE se ponderan con la distancia del punto de trayectoria P desde los bordes inicial y final para obtener la corrección en la dirección X:

Con $\text{DistS} = \text{ABS}(XP - XS)$ y $\text{Dist} = \text{ABS}(XE - XS)$ uno tiene las

ponderaciones:

$$fS = 1 - \text{DistS} / \text{Dist}$$

(¡se hace más grande cuando DistS se hace más pequeño!)

$$fE = \text{DistS} / \text{Dist}$$

con la propiedad $fS + fE = 1$

$$\text{Valor de corrección en la dirección X: } \Delta S * fS + \Delta E * fE$$

Para la corrección en la dirección Z, se puede utilizar la proyección en el plano XZ con el borde izquierdo y derecho o la proyección en el plano YZ con el borde inicial y el borde final. En el primer caso, uno tiene las ecuaciones de línea recta de la forma $z = f(x)$, en el segundo caso las ecuaciones de línea recta de la forma $z = f(y)$. En ambos planos, el cálculo es análogo al cálculo de las correcciones en la dirección Y o la dirección X. Se calculan ambas variantes y el valor medio de los resultados de las dos variantes se utiliza como la corrección en Z.

Además, dentro del alcance de la invención, es posible que la región de superficie delimitada (por ejemplo, techo de una carrocería de vehículo automóvil) en el componente que se va a revestir que será medido y recubierto por medio de dos robots de revestimiento, estando los dos robots de revestimiento dispuestos preferentemente en lados opuestos de la región de superficie, por ejemplo, en lados opuestos de una línea de pintura. Después, la región de superficie se puede dividir en dos subregiones que son directamente adyacentes entre sí. Por ejemplo, esto puede ser una mitad de techo izquierda y una mitad de techo derecha. El primer robot de revestimiento mide toda la región de superficie o una de las dos subregiones con su sistema de medición. A continuación, se ajusta la trayectoria de revestimiento en la medición espacial por medio del primer robot de revestimiento. Después, el primer robot de revestimiento reviste la primera subregión (por ejemplo, una mitad de techo) con el agente de revestimiento, de manera que el primer robot de revestimiento se mueva lo largo de la trayectoria de revestimiento optimizada, adaptada. Posteriormente, el segundo robot de revestimiento mide la segunda subregión y ajusta la trayectoria de revestimiento dependiendo de la medición espacial. Finalmente, el segundo robot de revestimiento reviste la segunda subregión (por ejemplo, la otra mitad del techo) con el agente de revestimiento. El segundo robot puede medir su área de aplicación restante midiendo la primera trayectoria de aplicación del primer robot, que representa simultáneamente el límite entre las dos subregiones.

Preferentemente, la invención adopta un planteamiento completamente diferente para resolver la tarea que los conceptos conocidos descritos anteriormente. Los conceptos conocidos apuntan a mejorar la precisión de posicionamiento del robot, por ejemplo, compensando los errores de posicionamiento relacionados con la temperatura. Por lo tanto, se hace un intento de acercar la posición real del aplicador tan cerca como sea posible a la posición objetivo especificada. El planteamiento según la invención, por otro lado, no consiste en mejorar generalmente la precisión absoluta del robot con respecto al posicionamiento con el fin de optimizar el resultado de aplicación, sino en detectar todas las desviaciones localmente por medio de medición directa sobre el mismo componente que se va a pintar y en aumentar la precisión de aplicación mediante la adaptación individual del programa del robot. De manera ideal, se debe utilizar el mismo desplazamiento para medir el componente que se

5 va a aplicar que para la aplicación posterior. De esta forma, el comportamiento del robot y la influencia de todos los errores durante la medición y la aplicación son iguales. Aquí, no es importante la causa exacta de un error de posicionamiento (por ejemplo, desviaciones en la posición del componente, forma del componente o errores de posicionamiento relacionados con la temperatura), ya que el valor medido individual refleja la suma de todos los errores en la posición respectiva, lo cual permite la compensación óptima.

10 El procedimiento de revestimiento según la invención se utiliza preferentemente para revestir componentes de carrocería de vehículo automóvil. En principio, sin embargo, el procedimiento de revestimiento según la invención también es apto para revestir otros tipos de componentes.

Además, se debe mencionar que el procedimiento de revestimiento según la invención sirve preferentemente para pintar componentes. Sin embargo, la invención tampoco se limita a pinturas con respecto al tipo de agente de revestimiento, sino que en principio también se puede implementar con otros tipos de agentes de revestimiento.

15 En el procedimiento de revestimiento según la invención, como en los métodos de revestimiento conocidos, se especifica una trayectoria de revestimiento. Por ejemplo, las trayectorias de revestimiento se pueden especificar por medio de una "enseñanza" manual. Alternativamente, la trayectoria de revestimiento se puede generar por medio de *software*, por ejemplo con un sistema de programación fuera de línea. En este caso, las trayectorias de aplicación se generan automáticamente sobre la base de los datos de CAD, que corren sobre la superficie del componente que se va a revestir. El punto de impacto de la pintura del dispositivo de aplicación (por ejemplo, pulverizador giratorio) después es guiado a lo largo de esta trayectoria de revestimiento sobre la superficie del componente que se va a revestir. La programación de dichas trayectorias de revestimiento se conoce a partir de la técnica anterior y también se denomina "enseñanza" según la terminología técnica general.

25 Adicionalmente, el procedimiento de revestimiento según la invención también proporciona preferentemente lo necesario para que el componente que se va a revestir (por ejemplo, componente de carrocería de vehículo automóvil) se mida por medio de un sistema de medición con respecto a la posición en el espacio tridimensional, orientación y/o forma.

30 Dependiendo de esta medición de componente, después se ajusta en consecuencia la trayectoria de revestimiento programada con el fin de evitar errores de posicionamiento.

35 Después, durante la aplicación real, el dispositivo de aplicación (por ejemplo, un cabezal de impresión u otro dispositivo de aplicación que aplica el agente de revestimiento con bordes nítidos y sin exceso de pulverización) es guiado preferentemente a lo largo de la trayectoria de revestimiento adaptada sobre la superficie del componente que se va a revestir, preferentemente por medio de un robot de revestimiento multieje. Después, durante este desplazamiento de aplicación, el dispositivo de aplicación dispensa el agente de revestimiento sobre la superficie del componente que se va a revestir.

40 El término dispositivo de aplicación se debe entender en un sentido general e incluye ambos aplicadores, que pulverizan el agente de revestimiento, por ejemplo, por medio de aire y/o elementos giratorios, y aquellos que aplican el agente de revestimiento sin pulverización, tales como cabezales de impresión o aquellos que emiten al menos un chorro de agente de revestimiento limitado estrechamente (como se describe, por ejemplo, en los documentos DE 10 2013 002 433 A1, DE 10 2013 002 413 A1, DE 10 2013 002 412 A1 o DE 10 2013 002 411 A1).

45 El procedimiento de revestimiento según la invención ahora difiere del procedimiento de revestimiento conocido descrito anteriormente con una medición de componente guiada por robot preferentemente de manera sustancial por las etapas para la medición espacial del componente que se va a revestir.

50 Para este propósito, se especifica preferentemente una trayectoria de medición, que pasa sobre la superficie del componente que se va a revestir, de manera que la trayectoria de medición corresponde sustancialmente a la trayectoria de revestimiento. Después, para medir el componente, un sistema de medición es guiado a lo largo de la trayectoria de medición especificada como parte de un desplazamiento de medición sobre la superficie del componente, de manera que el punto de impacto de pintura del dispositivo de aplicación sigue la trayectoria de medición especificada, es decir, un sensor de medición sigue la trayectoria de medición.

Después, durante este desplazamiento de medición, el sistema de medición lleva a cabo una medición espacial del componente que se va a revestir.

60 Es importante observar aquí que el desplazamiento de medición corresponde preferentemente de manera sustancial al desplazamiento de aplicación posterior, de manera que los mismos errores de posicionamiento relacionados con la temperatura se producen durante el desplazamiento de medición así como durante el desplazamiento de aplicación real. Por lo tanto, ya no es necesario compensar los errores de posicionamiento relacionados con la temperatura durante el desplazamiento de aplicación real por medio de mediciones de temperatura complejas. Más bien, se pueden aceptar los errores de posicionamiento relacionados con la temperatura durante el desplazamiento de aplicación real debido a que ya han sido tomados en cuenta durante el

desplazamiento de medición anterior.

5 Por lo tanto la invención difiere de las mediciones de componente con sistemas de medición guiados por robot descritas al comienzo preferentemente en que el desplazamiento de medición corresponde esencialmente al desplazamiento de aplicación. Contrario a esto, la medición con sistemas de medición guiados por robot se ha llevado a cabo hasta ahora con movimientos completamente diferentes.

10 Ya se ha mencionado anteriormente que el desplazamiento de medición corresponde preferentemente lo más exactamente posible con el desplazamiento de aplicación posterior. Esto se aplica primero que nada a las desviaciones entre la posición espacial del punto de impacto de pintura durante el desplazamiento de medición por un lado y durante el desplazamiento de aplicación por el otro. Por lo tanto, las desviaciones espaciales entre el desplazamiento de aplicación por un lado y el desplazamiento de medición por el otro deben ser preferentemente menores que 100 mm, 60 mm, 50 mm, 40 mm, 30 mm, 20 mm, 10 mm, 5 mm, 2 mm, o 1 mm.

15 Sin embargo, el desplazamiento de medición no sólo debe corresponder preferentemente lo más exactamente posible con el desplazamiento de aplicación posterior con respecto a la posición del punto de impacto de la pintura. Más bien, la orientación del dispositivo de aplicación durante el desplazamiento de medición también debe corresponder lo más exactamente posible a la orientación posterior durante el desplazamiento de aplicación. Por lo tanto, la desviación angular del dispositivo de aplicación durante el desplazamiento de medición, por un lado, y durante el desplazamiento de aplicación, por el otro, debe ser preferentemente menor que 45°, 30°, 20°, 10°, 5°, 2° o 1°.

20 Además, se debe tener en cuenta que una cierta posición y orientación del dispositivo de aplicación guiado por robot puede realizarse normalmente no sólo con una única pose de robot, sino con diferentes poses de robot. El término "pose de robot" utilizado en el contexto de la invención se refiere a la pluralidad de ángulos de eje del robot. Una cierta pose de robot puede definirse de manera única por medio de un vector, que contiene todos los ángulos de eje del robot como componentes. Preferentemente, el desplazamiento de medición también se lleva a cabo con las mismas poses de robot que el desplazamiento de aplicación posterior. Por lo tanto, las desviaciones angulares de los ejes de robot individuales entre el desplazamiento de aplicación por un lado y el desplazamiento de medición por el otro deben ser preferentemente menores que 20°, 10° o 5°.

30 Adicionalmente, el desplazamiento de medición también debe llevarse a cabo preferentemente con la misma dinámica de desplazamiento que el desplazamiento de aplicación posterior, es decir, con la misma velocidad de trayectoria del punto de impacto de pintura, la misma aceleración de trayectoria del punto de impacto de pintura, las mismas posiciones de eje de los ejes de robot, las mismas velocidades de eje de los ejes de robot y/o las mismas aceleraciones de eje de los ejes de robot.

35 Por lo tanto, la desviación de la velocidad de trayectoria del punto de impacto de pintura entre el desplazamiento de medición y el desplazamiento de aplicación debe ser preferentemente menor que el 60%, 50%, 40%, 30%, 20%, 10% o incluso menor que el 5%. En valores absolutos, la desviación de la velocidad de trayectoria debe ser preferentemente menor que 500 mm/s, 400 mm/s o 300 mm/s. Con respecto a la aceleración de trayectoria, las velocidades de eje de los ejes de robot y las aceleraciones de eje de los ejes de robot, las desviaciones entre el desplazamiento de medición por un lado y el desplazamiento de aplicación por el otro deben ser preferentemente menores que el 10% o el 5%.

45 Por lo tanto, la trayectoria de revestimiento está adaptada preferentemente de tal forma que se compensen las siguientes tolerancias al menos parcialmente:

- posición del componente,
- forma del componente,
- 50 - imprecisiones de posicionamiento estáticas del robot de revestimiento,
- imprecisiones de posicionamiento dinámicas del robot de revestimiento, y/o
- imprecisiones de posicionamiento relacionadas con la temperatura del robot de revestimiento.

55 Sin embargo, la invención no solamente reivindica la protección para el procedimiento de revestimiento según la invención descrito anteriormente. Más bien, la invención también reivindica la protección para una instalación de revestimiento correspondiente para revestir un componente. En particular, esta puede ser una instalación de revestimiento para revestir componentes de carrocería de vehículo automóvil.

60 En primer lugar, de acuerdo con la técnica anterior, la instalación de revestimiento según la invención comprende al menos un robot de revestimiento multieje que tiene preferentemente una cinemática de robot en serie y puede guiar un dispositivo de aplicación (por ejemplo, un pulverizador giratorio) a lo largo de una trayectoria de revestimiento predeterminada sobre la superficie de componente del componente que se va a revestir.

65 Adicionalmente, la instalación de revestimiento según la invención comprende, de acuerdo con el estado de la técnica, un sistema de medición para medición espacial del componente que se va a revestir.

Además, la instalación de revestimiento según la invención también comprende una unidad de control para controlar el dispositivo de aplicación y el robot de revestimiento y para interrogar el sistema de medición.

5 La instalación de revestimiento según la invención se caracteriza por el hecho de que la unidad de control controla el robot de revestimiento y el dispositivo de aplicación e interroga el sistema de medición, de tal forma que la instalación de revestimiento lleva a cabo el procedimiento de revestimiento de acuerdo con la invención.

10 En este caso, el sistema de medición es preferentemente guiado por un robot y está montado sobre el robot de revestimiento y es movido por medio del robot de revestimiento sobre la superficie del componente que se va a revestir. Por ejemplo, el sistema de medición puede tener un sensor de sección de luz o una cámara, por nombrar sólo algunos ejemplos.

15 El dispositivo de aplicación puede ser un pulverizador (por ejemplo, un pulverizador giratorio). Sin embargo, también es posible que el dispositivo de aplicación sea un dispositivo de aplicación libre de exceso de pulverización que, al contrario que un pulverizador, no emita un chorro de pulverización sino un chorro de agente de revestimiento estrechamente limitado espacialmente. Dichos dispositivos de aplicación libres de exceso de pulverización son conocidos de la técnica anterior de tiempos recientes y también se denominan cabezales de impresión.

20 Otras modalidades adicionales convenientes de la invención se indican en las reivindicaciones dependientes o se explican a mayor detalle más adelante junto con la descripción de los ejemplos de formas de realización preferidos de la invención haciendo referencia a las figuras. Las figuras muestran:

La figura 1 un diagrama de flujo que ilustra el procedimiento de revestimiento según la invención.

25 La figura 2A una representación esquemática de una instalación de revestimiento según la invención.

La figura 2B una vista detallada agrandada de la figura 2A.

30 La figura 3 un diagrama de flujo para ilustrar el proceso de medición real.

La figura 4A una superficie de componente sin corrección de la trayectoria de revestimiento.

La figura 4B una superficie de componente con trayectorias de revestimiento corregidas.

35 La figura 5 un diagrama de flujo que ilustra una variante de la invención.

La figura 6A una superficie de componente.

40 La figura 6B la superficie de componente de acuerdo con la figura 6A, donde está pintada una mitad.

La figura 6C la superficie de componente de las figuras 6A y 6B con la medición de la otra mitad del componente.

La figura 6D la superficie de componente de las figuras 6A a 6C con la otra mitad pintada.

45 En lo siguiente, se explicará el diagrama de flujo de acuerdo con la figura 1, que muestra el procedimiento de revestimiento de acuerdo con la invención.

50 En una primera etapa S1, primero se especifica una trayectoria de revestimiento que corre sobre la superficie del componente que se va a revestir y reproduce la trayectoria deseada del punto de impacto de pintura del dispositivo de aplicación utilizado (por ejemplo, pulverizador giratorio). Sin embargo, la trayectoria de revestimiento no solamente refleja el posicionamiento espacial del punto de impacto de pintura, sino también la orientación espacial del dispositivo de aplicación a lo largo de la trayectoria de revestimiento. La definición de dicha trayectoria de revestimiento generalmente se hace por medio de programación, que también se conoce como "enseñanza" en la técnica anterior. Sin embargo, la trayectoria de revestimiento también se puede definir fuera de línea.

55 Después, en una etapa adicional S2, se especifica una dinámica de desplazamiento deseada para la trayectoria de revestimiento. Aquí, la dinámica de desplazamiento comprende la velocidad y aceleración del punto de impacto de pintura a lo largo de la trayectoria de revestimiento especificada.

60 Después, en una etapa S3, se recorre una trayectoria de medición similar a la trayectoria de revestimiento especificada con dinámica de desplazamiento similar, por lo cual un dispositivo de medición guiado por el robot de pintura mide el componente. Aquí, es importante que el desplazamiento de medición tenga las desviaciones más pequeñas posibles del desplazamiento de aplicación posterior, de modo que los errores de posicionamiento durante el desplazamiento de medición correspondan lo más estrechamente posible con los errores de posicionamiento durante el desplazamiento de aplicación.

65

Después, en una etapa S4, se ajusta la trayectoria de revestimiento especificada en la etapa S1 en función de la medición espacial realizada en la etapa S3 durante el desplazamiento de medición.

5 Después, en una etapa S5, se recorre la trayectoria de revestimiento optimizada, con el dispositivo de aplicación que aplica el agente de revestimiento. Por lo tanto, las etapas S1-S4 reproducen la creación, medición y optimización de la trayectoria de revestimiento, mientras que la etapa S5 reproduce la operación de aplicación real.

10 Las figuras 2A y 2B muestran de forma esquemática una instalación de revestimiento según la invención con un robot de revestimiento 1 con una brida de robot 2 y un aplicador 3, tal como un pulverizador giratorio, fijado a la brida de robot 2. En funcionamiento, el aplicador 3 aplica un agente de revestimiento a un componente 4, que se muestra aquí sólo esquemáticamente.

15 Adicionalmente, un sensor 5 está montado sobre la brida de robot 2, el cual tiene una ventana de medición de sensor 6 y permite la medición del componente 4. Por ejemplo, el sensor 5 puede ser un sensor basado en cámara, pero también es posible un sensor de sección de luz, por ejemplo.

20 Además, la instalación de revestimiento comprende una unidad de control 7 que incluye un controlador de robot para controlar el robot de revestimiento 1. Además, la unidad de control 7 incluye una tecnología de medición para interrogar al sensor 5. La tecnología de medición no está integrada necesariamente en la unidad de control de robot. Más bien, puede estar ubicada en un sistema/PC independiente.

La unidad de control 7 controla entonces el robot de revestimiento 1 e interroga al sensor 5, de tal forma que se lleve a cabo el procedimiento de revestimiento según la invención.

25 A continuación, ahora se describe el diagrama de flujo de acuerdo con la figura 3, haciendo referencia a las figuras 4A y 4B.

30 En una primera etapa S1, se lleva a cabo una medición de contorno circunferencial de una superficie de componente 8, en la que esta puede ser, por ejemplo, un techo de una carrocería de vehículo automóvil.

La superficie de componente 8 tiene los bordes 9 a 12 que delimitan la superficie de componente 8.

35 Las trayectorias de revestimiento 13 predefinidas, las cuales sólo se muestran esquemáticamente aquí, corren dentro de la superficie de componente 8.

En una etapa S1, se lleva a cabo una medición de contorno circunferencial de la superficie de componente 8, de manera que se miden los puntos de borde 14 en los bordes 9 a 12 de la superficie de componente 8.

40 Después, en una etapa S2, se comparan las coordenadas de los puntos de borde 14 medidos con una medición de referencia, de manera que se pueden especificar los valores de referencia correspondientes, por ejemplo, por medio de un modelo de CAD.

45 Después, en una etapa S3, se calculan las desviaciones entre los valores de medición de los puntos de borde 14 y los valores de referencia predeterminados.

Después, en una etapa S4, se pasan los resultados de medición a un controlador de robot.

50 Después, en una etapa S5, se recalculan las trayectorias de revestimiento 13 para tener en cuenta los errores de posicionamiento.

Después, en una etapa S6, se lleva a cabo la aplicación real con las trayectorias de revestimiento 13 optimizadas.

55 La figura 4B muestra las trayectorias de revestimiento 13 deformadas correspondientes de acuerdo con la optimización.

En lo siguiente, se describe el diagrama de flujo según la figura 5, haciendo referencia a las figuras 6A a 6D.

60 Aquí, se debe mencionar que en esta variante de la invención, el procedimiento de revestimiento se lleva a cabo por medio de dos robots de revestimiento, que están dispuestos en lados opuestos de una línea de pintura.

La superficie de componente 8 aquí está dividida en dos subregiones A, B, de manera que pueden ser, por ejemplo, una mitad de techo izquierda y una derecha de una carrocería de vehículo automóvil.

65 En una etapa S1, primero se lleva a cabo una medición de contorno circunferencial de la primera subregión A del área de aplicación, por ejemplo de la mitad derecha de la superficie de componente 8 mostrada en la figura 6A.

Después, en una etapa S2, se comparan las coordenadas de los puntos de borde 14 con las coordenadas correspondientes de los valores de referencia de la manera ya descrita anteriormente.

Después, en una etapa S3, se calculan las diferencias de medición.

Después, en una etapa S4 se transmiten los resultados de medición a una unidad de control, que después recalcula las trayectorias de revestimiento en la subregión A (por ejemplo, mitad derecha del techo) en una etapa S5.

Después, en una etapa S6, se recubre la subárea A, como se muestra en la figura 6B.

En una etapa S7, también se lleva a cabo una medición de contorno de la segunda subregión B de la superficie de componente 8, que puede ser la otra mitad del techo, por ejemplo.

Después, en una etapa S8, se hace una comparación con el contorno de límite, que puede ser una trayectoria de revestimiento 15 previamente pintada en una etapa S6, cuya trayectoria de revestimiento 15 puede ser independiente de la trayectoria de revestimiento 13.

En una etapa S9, nuevamente se hace una comparación con la medición de referencia y se calculan las diferencias de medición en la etapa S10.

Posteriormente, se transmiten los resultados de medición a una unidad de control en la etapa S11, que después recalcula las trayectorias de revestimiento en la etapa S11.

Después, en la etapa S13, se lleva a cabo la aplicación de la segunda subregión B, como se muestra en la figura 6D.

Los ejemplos anteriores del procesamiento de una superficie de techo son solamente ejemplificativos. De la misma forma, se puede medir y revestir cualquier otra superficie, por ejemplo, de una carrocería de vehículo automóvil, por ejemplo un pilar A, larguero de techo o pilar C.

Listado de Números de Referencia

- 1 Robot de revestimiento
- 2 Brida de robot
- 3 Aplicador
- 4 Componente
- 5 Sensor
- 6 Ventana de medición de sensor
- 7 Unidad de control
- 8 Superficie de componente
- 9-12 Bordes de la superficie de componente
- 13 Trayectorias de revestimiento
- 14 Puntos de borde
- 15 Trayectoria de revestimiento

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de revestimiento para revestir un componente (4), con un agente de revestimiento, que presenta las siguientes etapas:

- 5 a) especificación de por lo menos una trayectoria de revestimiento (13, 15) de un robot de revestimiento (1) para desplazar un punto de impacto de pintura de un dispositivo de aplicación (3) a lo largo de dicha por lo menos una trayectoria de revestimiento (13, 15) sobre la superficie del componente (4) que se va a revestir, extendiéndose dicha por lo menos una trayectoria de revestimiento (13, 15) a través de una región de superficie del componente (4) que se va a revestir, el cual está delimitado por unos bordes,
- 10 b) especificación de valores de referencia de las posiciones de punto de borde y/o de las orientaciones de punto de borde espaciales para puntos de borde en los bordes de la región de superficie,
- 15 c) medición espacial de la posición, orientación y/o forma del componente (4) que se va a revestir o de una parte del componente (4) que se va a revestir por medio de un sistema de medición (5), siendo medidos los valores de medición de las posiciones de punto de borde y/o de las orientaciones de punto de borde de los puntos de borde en los bordes de la región de superficie,
- 20 d) determinación de la desviación entre los valores de medición de las posiciones de punto de borde y/o las orientaciones de punto de borde, por un lado, y los valores de referencia de las posiciones de punto de borde y/o las orientaciones de punto de borde, por el otro, y
- 25 e) adaptación de la trayectoria de revestimiento (13, 15) en función de la desviación entre los valores de referencia de los puntos de borde y los valores de medición de los puntos de borde,
- 30 f) desplazamiento de un dispositivo de aplicación (3) a lo largo de dicha por lo menos una trayectoria de revestimiento (13, 15) adaptada sobre la superficie del componente (4) que se va a revestir, y
- g) aplicación del agente de revestimiento por el dispositivo de aplicación (3) sobre la superficie del componente (4) que se va a revestir durante el desplazamiento del dispositivo de aplicación (3) a lo largo de dicha por lo menos una trayectoria de revestimiento (13, 15) adaptada.

2. Procedimiento de revestimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la etapa c) para la medición espacial de la posición, orientación y/o forma del componente (4) que se va a revestir o una parte del componente (4) que se va a revestir comprende asimismo las etapas siguientes:

- 35 c1) especificación de una trayectoria de medición para desplazar el sistema de medición (5) sobre la superficie del componente (4) que se va a revestir, correspondiendo la trayectoria de medición sustancialmente a la trayectoria de revestimiento (13, 15),
- 40 c2) desplazamiento de un sistema de medición (5) a lo largo de la trayectoria de medición predeterminada, siguiendo el punto de impacto de pintura del dispositivo de aplicación (3) la trayectoria de medición predeterminada, y
- 45 c3) medición espacial del componente (4) que se va a revestir por medio del sistema de medición (5) durante el desplazamiento de medición a lo largo de la trayectoria de medición.

3. Procedimiento de revestimiento según la reivindicación 2, caracterizado por que las desviaciones entre la posición espacial del punto de impacto de pintura durante el desplazamiento de medición a lo largo de la trayectoria de medición, por un lado, y la posición espacial del punto de impacto de pintura durante el desplazamiento de aplicación a lo largo de la trayectoria de revestimiento (13, 15), por el otro, son inferiores a 40 mm, 30 mm, 20 mm, 10 mm, 5 mm, 2 mm o 1 mm.

4. Procedimiento de revestimiento según la reivindicación 2 o 3, caracterizado por que el dispositivo de aplicación (3) presenta sustancialmente la misma orientación espacial durante el desplazamiento de medición que durante el desplazamiento de aplicación.

5. Procedimiento de revestimiento según la reivindicación 4, caracterizado por que,

- 55 a) las desviaciones angulares entre la orientación del dispositivo de aplicación (3) durante el desplazamiento de medición, por un lado, y la orientación del dispositivo de aplicación (3) durante el desplazamiento de aplicación, por el otro, son inferiores a 45°, 30°, 20°, 10°, 5°, 2° o 1°, y/o
- 60 b) las desviaciones angulares entre la orientación de los ejes de robot individuales durante el desplazamiento de medición, por un lado, y la orientación de los ejes de robot individuales durante el desplazamiento de
- 65

aplicación, por el otro, son inferiores a 20°, 10° o 5°.

- 5 6. Procedimiento de revestimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que,
- 10 a) el desplazamiento de aplicación a lo largo de dicha por lo menos una trayectoria de revestimiento (13, 15) se produce con una dinámica de desplazamiento específica,
- 15 b) el desplazamiento de medición a lo largo de la trayectoria de revestimiento (13, 15) se produce con una cierta dinámica de desplazamiento, y
- 20 c) el desplazamiento de medición se produce sustancialmente con la misma dinámica de desplazamiento que el desplazamiento de aplicación, es decir, con respecto a la velocidad de trayectoria del punto de impacto de pintura del dispositivo de aplicación (3) y/o con respecto a la aceleración de la trayectoria del punto de impacto de pintura del dispositivo de aplicación (3).
- 25 7. Procedimiento de revestimiento según la reivindicación 6, caracterizado por que,
- 30 a) las desviaciones entre la velocidad de trayectoria del punto de impacto de pintura durante el desplazamiento de medición, por un lado, y la velocidad de trayectoria del punto de impacto de pintura durante el desplazamiento de aplicación, por el otro, son inferiores al
- 35 a1) 60%, 50%, 40%, 30%, 20%, 10% o 5%, y/o
- 40 a2) 500 mm/s, 400 mm/s, 300 mm/s,
- 45 b) las desviaciones entre la aceleración de trayectoria del punto de impacto de pintura durante el desplazamiento de medición, por un lado, y la aceleración de trayectoria del punto de impacto de pintura durante el desplazamiento de aplicación, por el otro, son inferiores al 10% o al 5%.
- 50 8. Procedimiento de revestimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que,
- 55 a) el número de bordes medidos de la región de superficie está comprendido entre 2 y 8, y/o
- 60 b) la trayectoria de revestimiento (13, 15) está adaptada en función de la desviación entre los valores de referencia y los valores de medición a lo largo de los bordes individuales por medio de
- 65 b1) un polinomio de n-ésimo orden con n de 1 a 6,
- b2) un *spline* cúbico,
- b3) un *spline* quíntico,
- b4) una curva de Bezier cúbica, o
- b5) una curva de Bezier quíntica.
9. Procedimiento de revestimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que,
- 70 a) los valores de referencia de las posiciones de punto de borde se determinan sobre la base de un modelo de CAD del componente (4), o
- 75 b) los valores de referencia de las posiciones de punto de borde se miden por medio de una medición sobre un componente de referencia.
- 80 10. Procedimiento de revestimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que,
- 85 a) la región de superficie delimitada sobre el componente (4) que se va a revestir es medida y recubierta por dos robots de revestimiento, estando los dos robots de revestimiento (1) dispuestos sobre los lados opuestos de la región de superficie,
- 90 b) la región de superficie está dividida en dos subregiones, que son directamente adyacentes entre sí,
- 95 c) el primer robot de revestimiento (1) mide espacialmente toda la región de superficie o una de las subregiones con su sistema de medición (5),
- 100 d) la trayectoria de desplazamiento se adapta en función de la medición espacial por medio del primer robot

de revestimiento (1),

e) el primer robot de revestimiento (1) reviste la primera subregión con el agente de revestimiento,

5 f) el segundo robot de revestimiento (1) mide la segunda subregión espacialmente, incluyendo la trayectoria de aplicación de delimitación entre las dos subregiones, que se aplica por medio del primer robot de revestimiento,

10 g) la trayectoria de desplazamiento se adapta en función de la medición espacial por medio del segundo robot de revestimiento (1), y

h) el segundo robot de revestimiento (1) reviste la segunda subregión con el agente de revestimiento.

15 11. Procedimiento de revestimiento según la reivindicación 10, caracterizado por que por lo menos un límite de la segunda subregión es definido por el borde exterior de una trayectoria de pintura (15).

12. Procedimiento de revestimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la trayectoria de revestimiento (13, 15) está adaptada de tal manera que las siguientes variables estén dentro de las tolerancias predeterminadas:

20 a) posición del componente (4),

b) forma del componente (4),

25 c) imprecisión de posicionamiento estática del robot de revestimiento (1),

d) imprecisión de posicionamiento dinámica del robot de revestimiento (1),

30 e) imprecisión de posicionamiento relacionada con la temperatura del robot de revestimiento (1).

13. Instalación de revestimiento para revestir un componente (4) con un agente de revestimiento, que presenta:

a) un robot de revestimiento (1) multieje,

35 b) un dispositivo de aplicación (3), que es desplazado por el robot de revestimiento (1) a lo largo de una trayectoria de revestimiento (13, 15) predeterminada sobre la superficie del componente (4) que se va a revestir,

40 c) un sistema de medición (5) para la medición espacial del componente (4) que se va a revestir,

d) una unidad de control (7)

d1) para controlar el dispositivo de aplicación (3), y

45 d2) para controlar el robot de revestimiento (1) correspondiente a la trayectoria de revestimiento (13, 15) predeterminada, de manera que el dispositivo de aplicación (3) recorra la trayectoria de revestimiento (13, 15) predeterminada y recubra el componente (4) sobre la trayectoria de revestimiento (13, 15), y

50 d3) para interrogar el sistema de medición (5) para determinar la posición espacial del componente (4) que se va a revestir,

caracterizada por que,

55 e) la unidad de control (7) controla el robot de revestimiento (1) y el dispositivo de aplicación (3) e interroga el sistema de medición (5), de tal forma que la instalación de revestimiento lleve a cabo el procedimiento de revestimiento según una de las reivindicaciones anteriores.

60 14. Instalación de revestimiento según la reivindicación 13, caracterizada por que el sistema de medición (5) está montado sobre el robot de revestimiento (1) y es desplazado por el robot de revestimiento (1) sobre la superficie del componente (4) que se va a revestir.

15. Instalación de revestimiento según la reivindicación 13 o 14, caracterizada por que,

a) el sistema de medición (5) presenta lo siguiente:

65 a1) un sensor de sección de luz y/o

a2) una cámara,

b) el dispositivo de aplicación (3) es

5

b1) un pulverizador, o

b2) un dispositivo de aplicación (3) libre de exceso de pulverización que, al contrario que un pulverizador, no pulveriza el agente de revestimiento, sino un chorro de agente de revestimiento estrechamente limitado espacialmente, y/o

10

c) el agente de revestimiento es una pintura.

16. Instalación según una de las reivindicaciones 13 a 15, caracterizado por que están previstos dos robots de revestimiento para medir y revestir la región de superficie delimitada sobre el componente (4) que se va a revestir, estando los dos robots de revestimiento (1) dispuestos sobre los lados opuestos de la región de superficie.

15

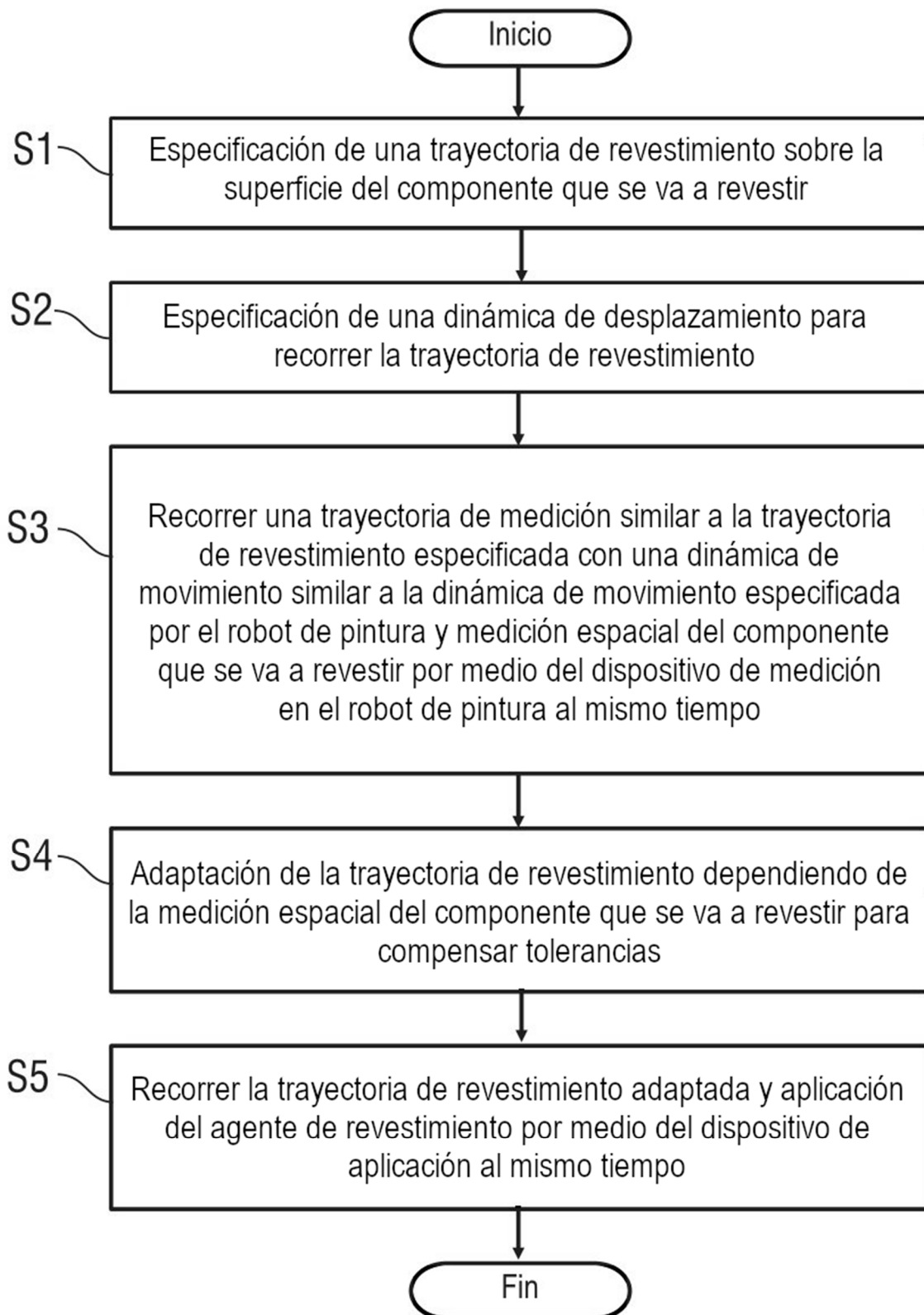


Fig. 1

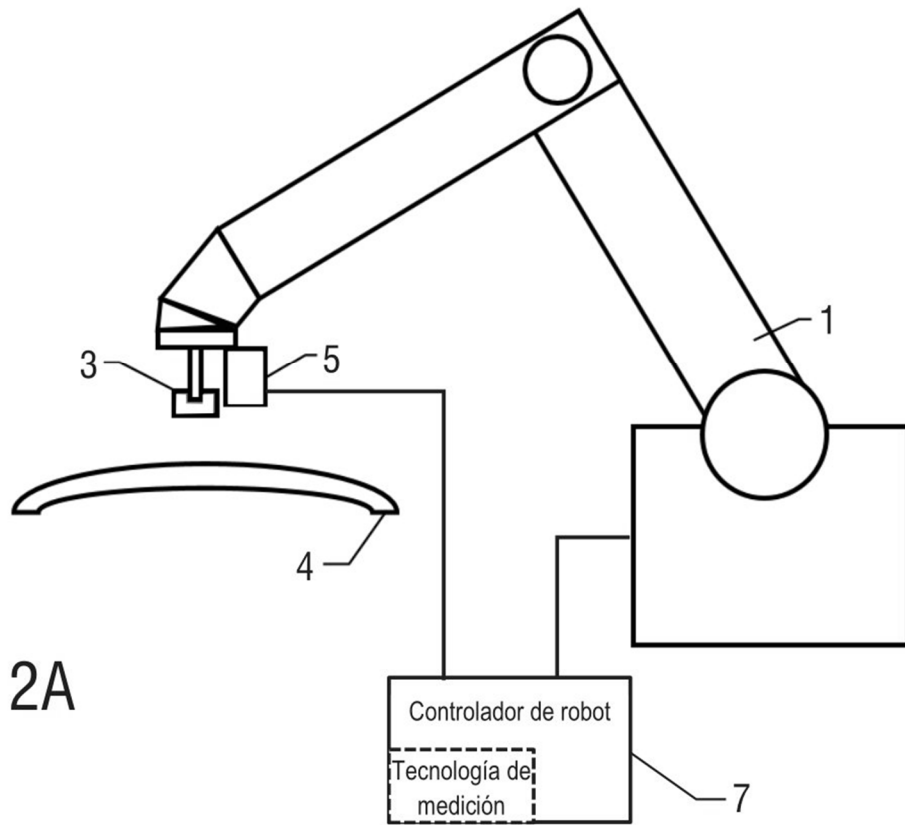


Fig. 2A

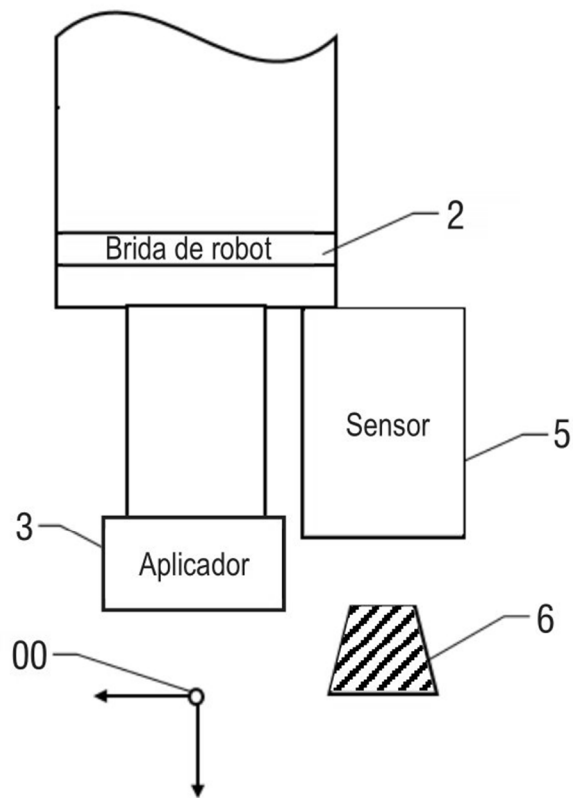


Fig. 2B

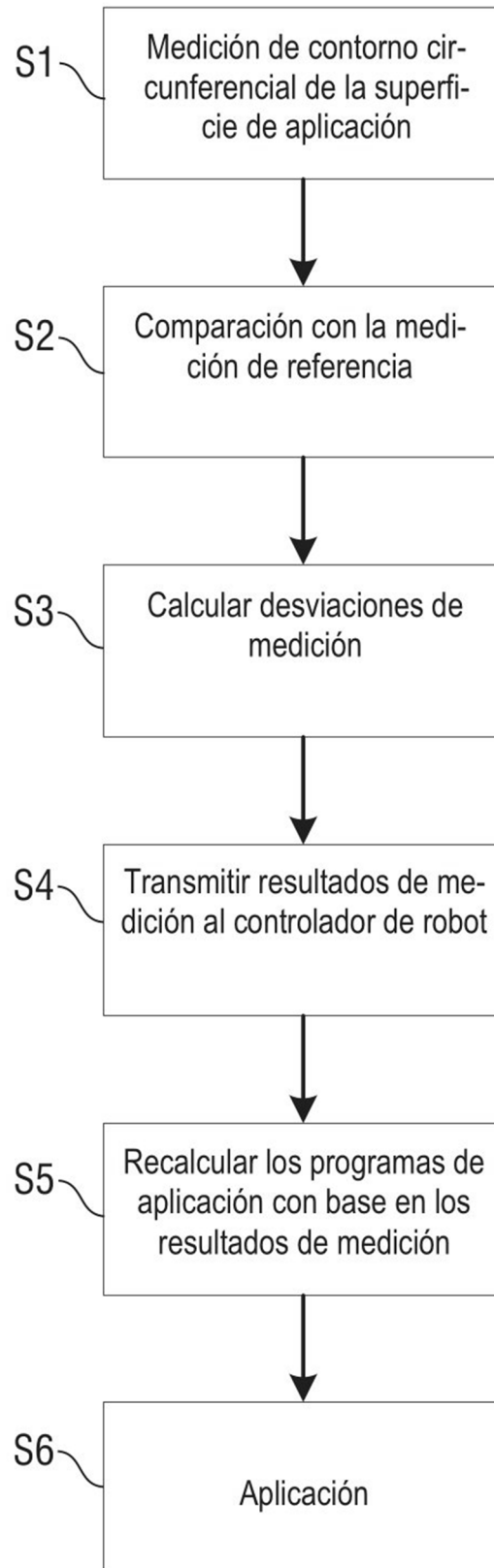
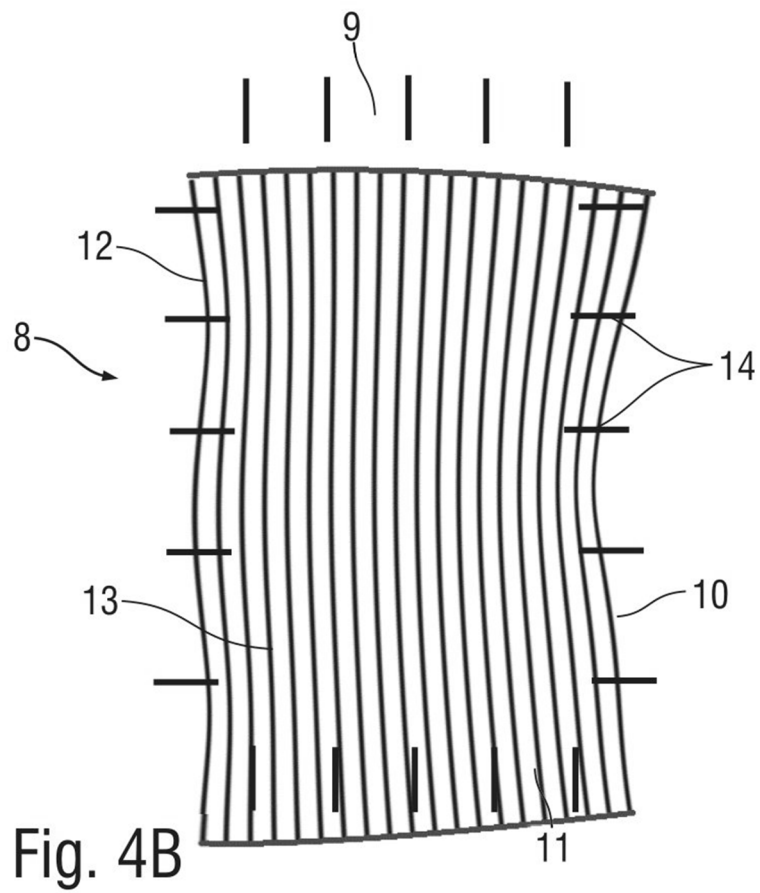
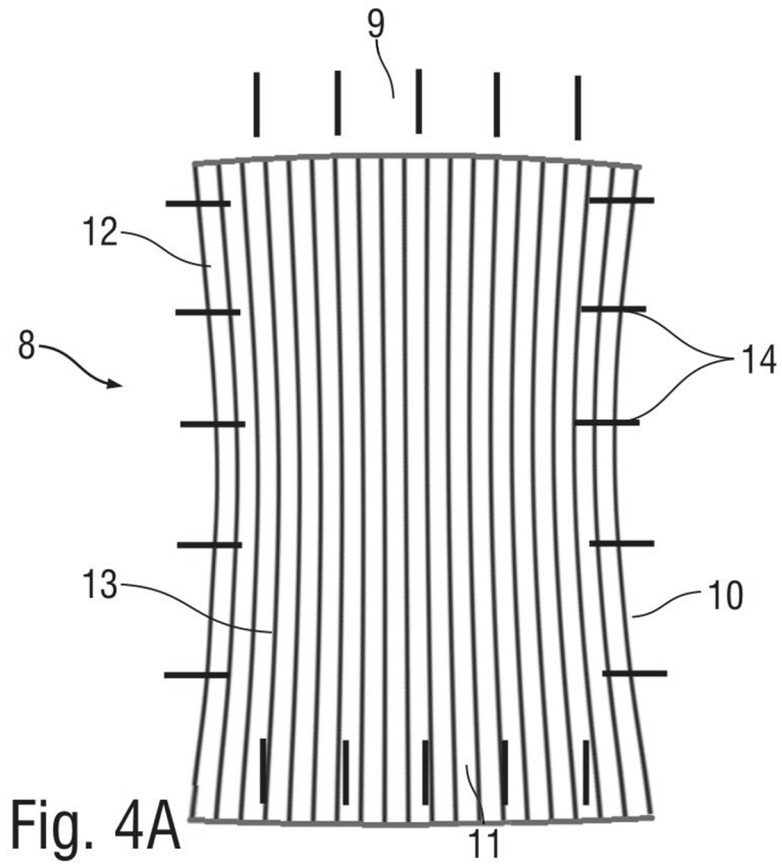


Fig. 3



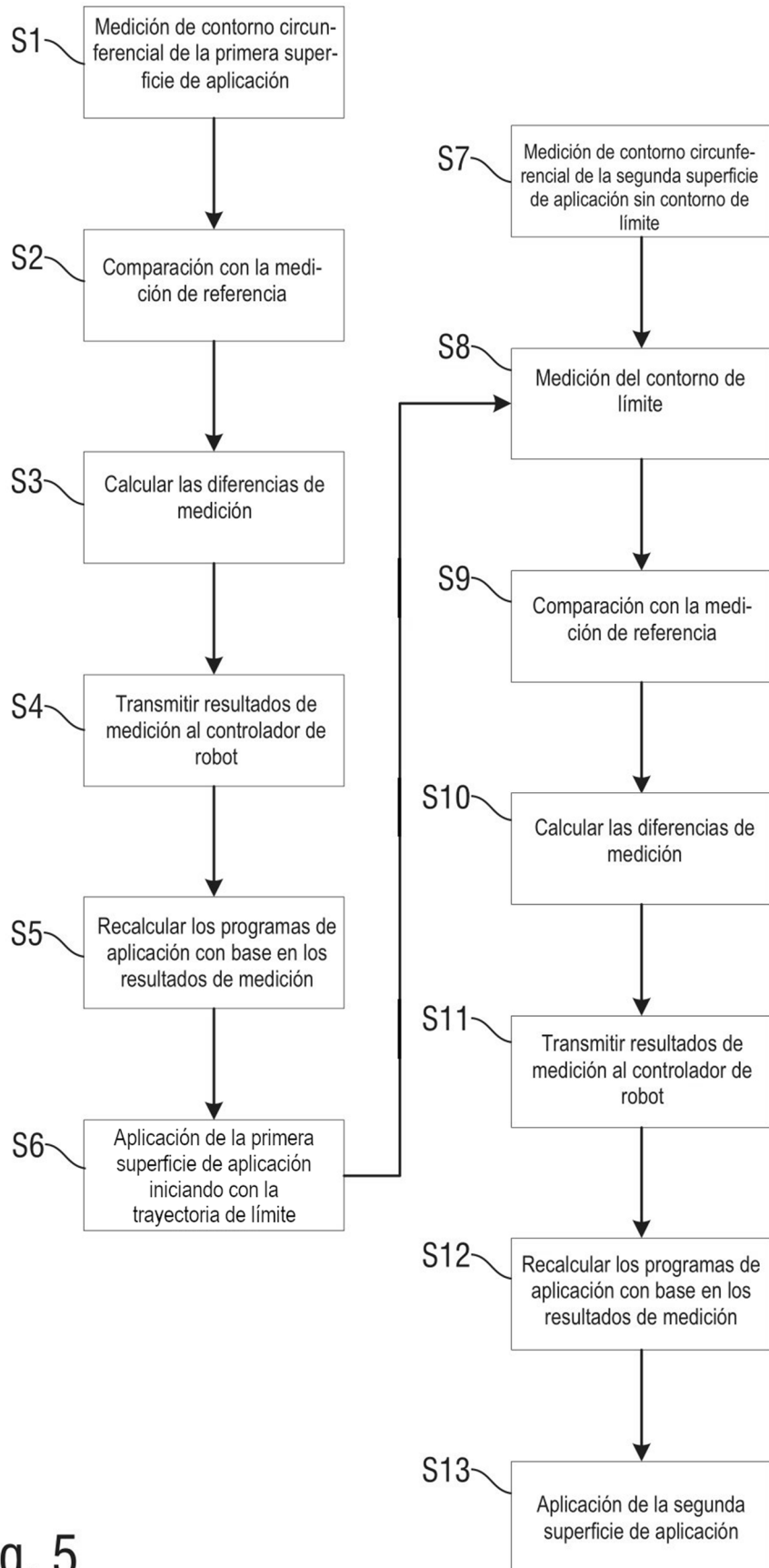
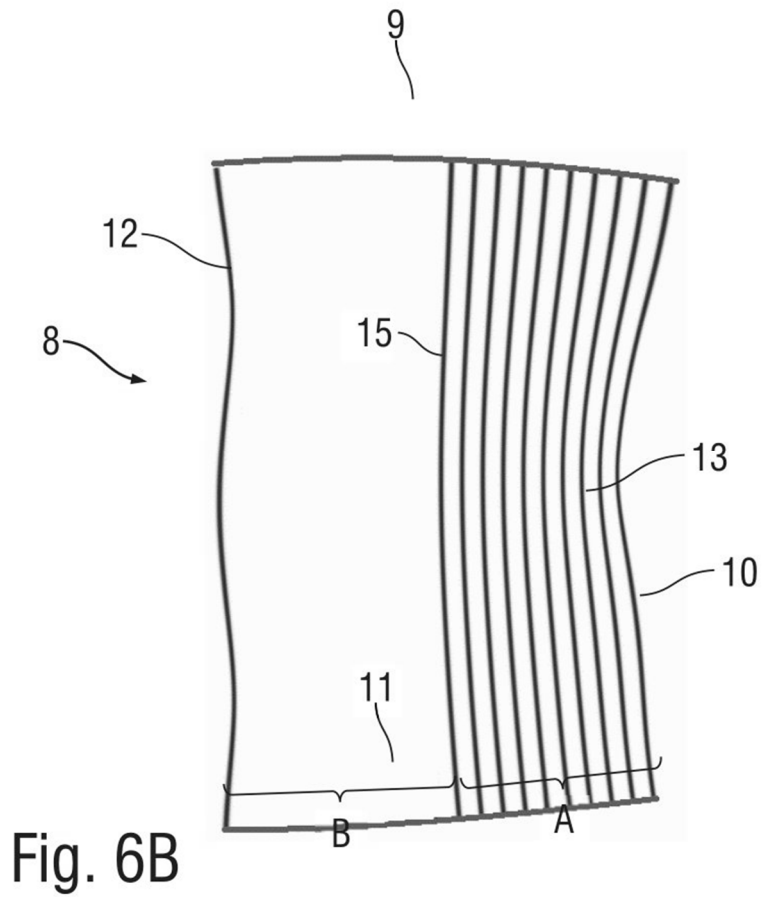
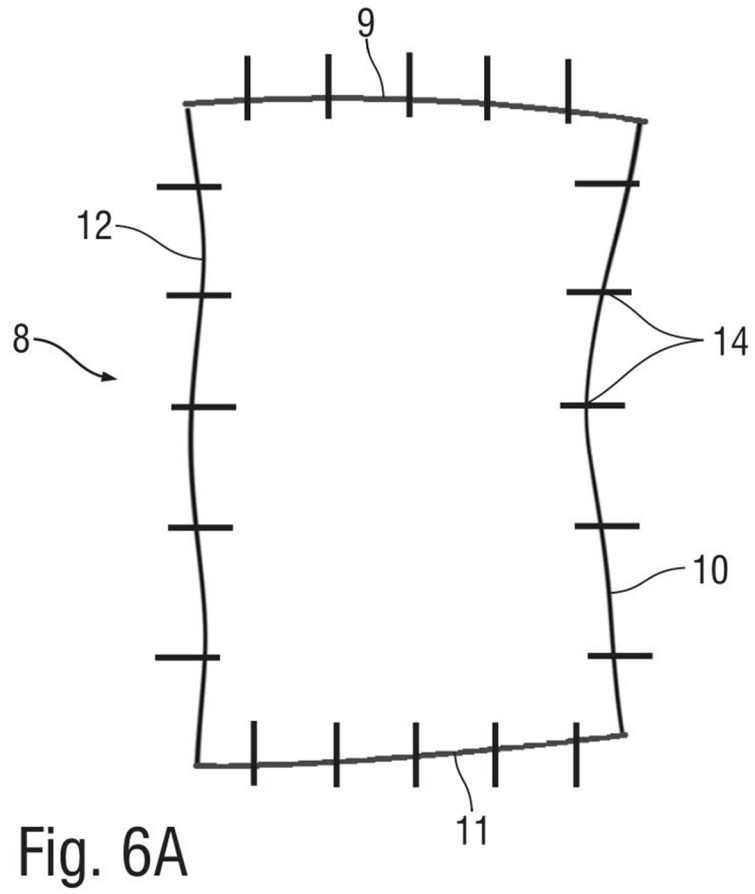


Fig. 5



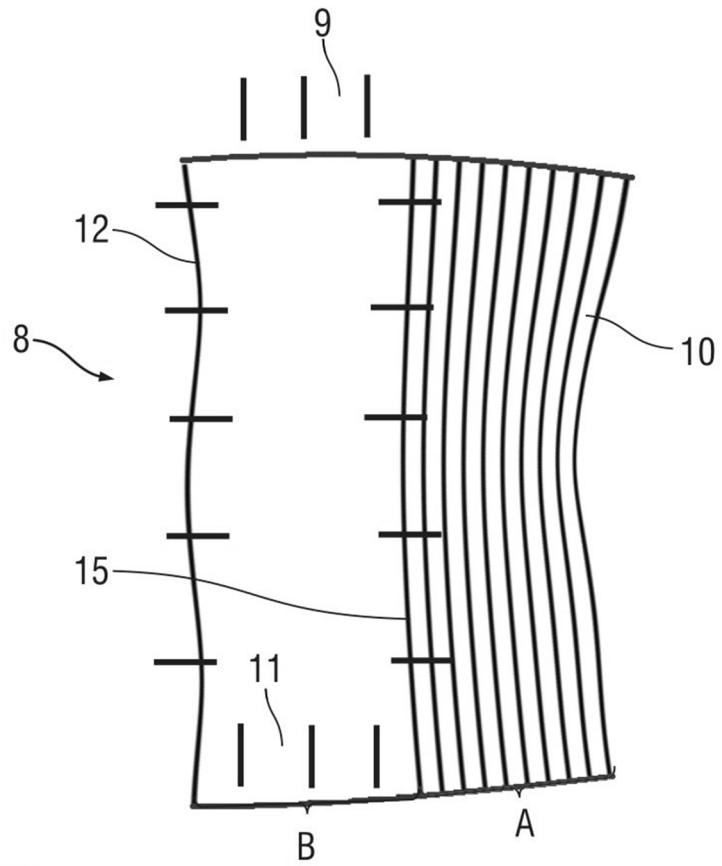


Fig. 6C

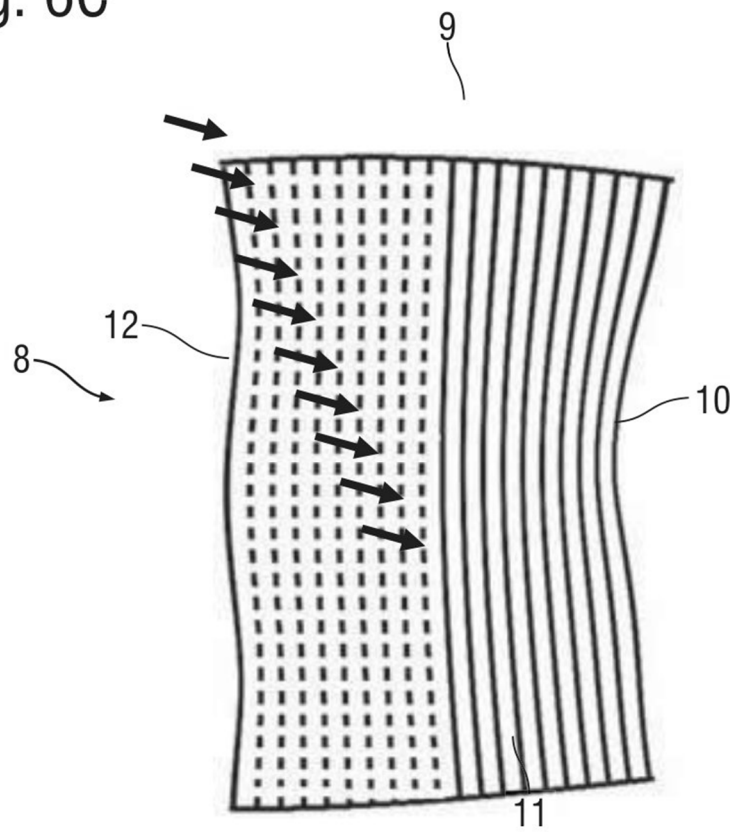


Fig. 6D