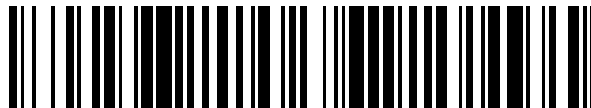


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 956 758**

51 Int. Cl.:

**B25J 11/00** (2006.01)

**B25J 15/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.10.2017 PCT/EP2017/075066**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.04.2018 WO18065408**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.10.2017 E 17777909 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.07.2023 EP 3519143**

54 Título: **Instalación que comprende un brazo articulado y una máquina de mecanizado, y procedimiento de mecanizado correspondiente**

30 Prioridad:

**03.10.2016 FR 1659519**

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

**27.12.2023**

73 Titular/es:

**FIVES MACHINING (100.0%)  
494 Rue Actipole les Tours  
46400 Saint-Laurent-les-Tours, FR**

72 Inventor/es:

**SOULIE, PASCAL;  
LUNGU, SINZIANA;  
CUMINAL, PHILIPPE;  
SARTORI, JEAN-FRANÇOIS y  
NICAISE, JEAN-PIERRE**

74 Agente/Representante:

**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

ES 2 956 758 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**

Instalación que comprende un brazo articulado y una máquina de mecanizado, y procedimiento de mecanizado correspondiente

5 La presente invención se refiere a una instalación para mecanizar un objeto, concretamente una parte de un ala de avión, definiendo el objeto una superficie a mecanizar, por ejemplo, el contorno de una escotilla, comprendiendo la instalación una máquina de mecanizado. La invención también se refiere a un procedimiento de mecanizado correspondiente.

10 Las alas de avión comprenden en general escotillas en su superficie inferior (intradós). En un momento normal, estas escotillas están cerradas mediante una pieza de obturación en continuidad con el resto del ala. Cuando se retira la pieza de obturación, la escotilla proporciona un acceso al interior del ala, por ejemplo, para realizar mantenimiento.

15 El contorno de una escotilla de este tipo se mecaniza generalmente cuando la parte inferior del ala ya está ensamblada. Por tanto, esta parte presenta una gran extensión. Por tanto, la escotilla es una apertura, por ejemplo, elíptica, en una superficie irregular de gran extensión.

20 El número de escotillas que deben mecanizarse es normalmente de algunas decenas, por ejemplo, aproximadamente treinta. El posicionamiento de la máquina de mecanizado debe ser en todos los casos precisos, ya que la herramienta de mecanizado sigue un recorrido previamente programado.

25 En general, primero se realiza cada escotilla con la ayuda de una máquina de chorro de agua a muy alta presión. A continuación, deben mecanizarse con precisión los bordes de la escotilla.

Para realizar tales mecanizados, se conoce utilizar una máquina de mecanizado que comprende una carcasa que define una abertura, y una herramienta de mecanizado montada de forma móvil en el interior de la carcasa.

30 Según una primera forma de proceder, la máquina de mecanizado está fija con respecto al taller que aloja la instalación de mecanizado, y el ala se desplaza hasta que la escotilla a mecanizar esté frente a la abertura. A continuación, se inmoviliza el ala mediante medios adecuados, y se realiza el mecanizado desplazando la herramienta de mecanizado con respecto a la carcasa. No obstante, la colocación del ala es compleja, y el ala debe desplazarse varias veces para procesar todas las escotillas.

35 Según una segunda forma de proceder, la máquina de mecanizado está fijada a un chasis solidario al objeto a mecanizar. Esto obliga a desplazar la máquina de mecanizado de manera que se mecanice cada escotilla.

40 El documento WO 2004/028755 muestra una instalación para mecanizar un objeto, concretamente un ala de avión, que comprende una máquina transportada por un brazo articulado, un sistema de unión constituido por ventosas, un soporte montado de forma móvil con respecto a un armazón de la máquina, así como una herramienta de mecanizado montada sobre el soporte.

45 Un objetivo de la invención es proporcionar una instalación para mecanizar un objeto, concretamente una parte de un ala de avión, que sea más rápida que las instalaciones existentes, al tiempo que respete las restricciones de calidad de los mecanizados.

Para ello, la invención se refiere a una instalación según la reivindicación 1.

50 Según realizaciones particulares, la instalación comprende una o varias de las características que corresponden a las reivindicaciones 2 a 6, tomada(s) según todas las combinaciones técnicamente posibles.

La invención también se refiere a un procedimiento según la reivindicación 7.

55 Según realizaciones particulares, el procedimiento comprende una o varias de las características que corresponden a las reivindicaciones 8 a 13, tomada(s) según todas las combinaciones técnicamente posibles.

La invención se comprenderá mejor tras la lectura de la siguiente descripción, facilitada únicamente a modo de ejemplo, y realizada haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 60 - la Figura 1 es una vista esquemática en perspectiva de una instalación según la invención,
- la Figura 2 es una vista parcial, en sección, de la parte de un ala de avión y de algunos elementos de la máquina de mecanizado representados en la Figura 1,
- 65 - la Figura 3 es una vista desde arriba de la máquina de mecanizado representada en la Figura 1,

- la Figura 4 es una vista esquemática desde abajo que muestra los puntos de apoyo de la máquina de mecanizado representada en las Figuras 1 y 3, con respecto a la superficie a mecanizar representada en las Figuras 1 y 2, y
- la Figura 5 es un diagrama que ilustra una instrucción de desplazamiento de la herramienta de mecanizado y una instrucción de desplazamiento corregida, con respecto a la forma real a mecanizar.

Haciendo referencia a la Figura 1, se describe una instalación 1 según la invención, adaptada para mecanizar un objeto 5.

10 El objeto 5 es, por ejemplo, una parte de un ala de avión de material compuesto. El objeto 5 es, por ejemplo, la parte inferior, o intradós, del ala de avión, y comprende una pluralidad de escotillas 10, de las que se representa una en la Figura 2 y en la Figura 4. El objeto 5 se extiende según una dirección longitudinal X', por ejemplo, horizontal.

15 También se define una dirección transversal Y' sustancialmente perpendicular a la dirección longitudinal X' y sustancialmente horizontal, así como una dirección vertical Z'.

El objeto 5 presenta una superficie inferior 12 irregular, que presenta una curvatura según la dirección longitudinal X' y según la dirección transversal Y'.

20 Cada escotilla 10 (Figura 2) se obtiene, por ejemplo, cortando mediante una máquina de chorro de agua a alta presión (no representada), que permite eliminar un fragmento de material 14. Cada escotilla 10 tiene, por ejemplo, forma elíptica, representada en la Figura 4.

25 El contorno de cada escotilla 10 define una superficie 16 a mecanizar (Figura 2). En el ejemplo representado, el objetivo del mecanizado es eliminar una parte 18 de material alrededor de toda la escotilla 10, con el fin de realizar un reborde 20.

30 Debe observarse que, en la Figura 2, el objeto 5 se representa rectilíneo por motivos de simplificación. De hecho, presenta, tal como se indicó anteriormente, una curvatura según la dirección longitudinal X' y según la dirección transversal Y'.

Tal como se observa en la Figura 1, la instalación 1 comprende pórticos 22 para sujetar el objeto 5, un carril 24, un brazo articulado 26 montado sobre el carril, y una máquina 28 de mecanizado transportada por el brazo articulado.

35 La instalación 1 también comprende un sistema 31 de control adaptado para controlar el brazo articulado 26 y la máquina 28 de mecanizado.

40 El carril 24 está situado, por ejemplo, transversalmente entre los pórticos 22. El carril 24 se extiende según la dirección longitudinal X' por debajo del objeto 5.

El brazo articulado 26 está adaptado para desplazarse por el sistema 31 de control, en traslación sobre el carril 24. El brazo articulado 26 está ventajosamente adaptado para desplazar la máquina 28 de mecanizado con respecto al objeto 5, en traslación según las tres direcciones X', Y', Z', y en inclinación alrededor de las direcciones X' e Y'.

45 La máquina 28 de mecanizado comprende una carcasa 30 que define una abertura 32, y destinada a colocarse por el brazo articulado 26 en una posición de mecanizado (Figura 1), en donde la abertura 32 está situada frente a la superficie 16 a mecanizar.

50 La abertura 32 se extiende, por ejemplo, en un plano P perpendicular a una dirección Z que es ventajosamente vertical cuando el brazo articulado 26 está en una posición neutra (no representada).

La abertura 32 es, por ejemplo, rectangular en el plano P, y sus bordes definen una dirección X y una dirección Y, sustancialmente perpendiculares entre sí y a la dirección Z.

55 La carcasa 30 tiene, por ejemplo, una forma general sustancialmente paralelepípeda, con dos caras laterales 34, 36 (Figura 3) opuestas según la dirección Y, y paralelas a la dirección X, y dos caras laterales 38, 40 opuestas según la dirección X, y sustancialmente paralelas a la dirección Y. La carcasa 30 también comprende un fondo 42 que se extiende en perpendicular a la dirección Z, y opuesto a la abertura 32 según esta misma dirección.

60 La máquina 28 de mecanizado también comprende tres apoyos 44, 46, 48 solidarios a la carcasa 30, y destinados a apoyarse sobre la superficie 16 a mecanizar en la posición de mecanizado, un sistema 50 de unión para fijar la carcasa sobre la superficie a mecanizar, un soporte 52 montado de forma móvil con respecto a la carcasa, una herramienta 54 de mecanizado adaptada para montarse sobre el soporte 52, y un sensor 56 de posición también montado sobre el soporte.

65

La máquina 28 de mecanizado comprende, opcionalmente, tres telémetros 58, 60, 62, y un palpador 64 adaptado para montarse sobre el soporte 52, de manera preferible sustancialmente en el mismo lugar que la herramienta 54 de mecanizado.

5 La herramienta 54 de mecanizado y el palpador 64 están previstos para montarse sobre el soporte 52 o almacenarse en un almacén 66, ventajosamente situado en la carcasa 30.

En una variante (no representada), el almacén 66 está situado en el exterior de la máquina 28 de mecanizado.

10 Los tres apoyos 44, 46, 48 están equipados con galgas extensométricas 44A, 46A, 48A adaptadas para medir fuerzas F1, F2, F3 de presión (Figura 4) ejercidas, respectivamente, por los apoyos sobre la superficie 16 a mecanizar. Los apoyos 44, 46, 48 sobresalen, por ejemplo, según la dirección Z, a partir de un reborde 68 de la carcasa 30. Por ejemplo, los apoyos 44, 46 están alineados según la dirección Y, y situados en el lado de la cara 38 de la carcasa con respecto a la abertura 32. Por ejemplo, el apoyo 48 está situado en el otro lado de la abertura 32 con respecto a los  
15 apoyos 44, 46, según la dirección X. Tal como se observa en la Figura 4, los apoyos 44, 46, 48 forman ventajosamente un triángulo isósceles, visto según la dirección Z.

En este ejemplo de realización de la invención, el sistema 50 de unión comprende ventosas 70 solidarias a la carcasa 30, y adaptadas para adherirse sobre la superficie 16 a mecanizar en la posición de mecanizado, y un dispositivo 72  
20 de vacío para crear selectivamente una depresión entre las ventosas y la superficie a mecanizar.

Las ventosas 70 se organizan, por ejemplo, según dos filas dispuestas a ambos lados de la abertura 32, según la  
25 dirección X, siendo las filas sustancialmente paralelas a la dirección Y. Cada fila comprende, por ejemplo, cinco ventosas. Ventajosamente, tres de las ventosas 70 están situadas alrededor de los apoyos 44, 46, 48. Dicho de otro modo, los apoyos 44, 46, 48 están situados, respectivamente, en el centro de tres de las ventosas 70, visto según la dirección Z.

El dispositivo 72 de vacío está conectado a cada una de las ventosas 70 mediante una red de fluido (no representada).

30 Según otros ejemplos de realización de la invención, el sistema 50 de unión utiliza medios de unión adaptados al material que a mecanizar. Por ejemplo, para una superficie de acero, el sistema 50 de unión puede utilizar electroimanes.

35 El sensor 56 de posición comprende, por ejemplo, una cámara que comprende un láser, para una mayor precisión del control de forma.

Los telémetros 58, 60 están situados, por ejemplo, en un lado de la abertura 32 según la dirección X, y están  
40 sustancialmente alineados según la dirección Y. El telémetro 62 está situado, por ejemplo, en el otro lado de la abertura 32 con respecto al telémetro 58, 60, según la dirección X. Los telémetros 58, 60, 62 están adaptados para proporcionar, respectivamente, al menos tres parámetros de distancia, siendo cada parámetro de distancia, respectivamente, representativo de una distancia D1, D2, D3 (Figura 2) entre uno de los telémetros y la superficie 16 a mecanizar, según la dirección Z.

45 El soporte 52 está adaptado para desplazar la herramienta 54 de mecanizado o el palpador 64, con respecto a la carcasa 30, en traslación según las tres direcciones X, Y, Z, y ventajosamente en inclinación con respecto a las direcciones X e Y. Ventajosamente, el soporte 52 también está adaptado para recuperar la herramienta 54 de mecanizado o el palpador 64 del almacén 66, o para volver a colocarlos en el almacén.

50 En el ejemplo representado, el soporte 52 comprende una primera parte 74 montada de forma móvil en traslación sobre la carcasa 30, según la dirección X, una segunda parte 76 montada de forma móvil en traslación sobre la primera parte, según la dirección Y, y una tercera parte 78 montada de forma móvil en traslación sobre la segunda parte, según la dirección Z. El soporte 52 también comprende una cuarta parte 80 montada en rotación sobre la tercera parte, alrededor de un eje X1 sustancialmente paralelo a la dirección X, y una quinta parte 82 montada en rotación sobre la  
55 cuarta parte, alrededor de un eje Y1 solidario a la cuarta parte y sustancialmente paralelo a la dirección Y, en una posición de reposo del soporte representada en la Figura 3.

La primera parte 74 comprende, por ejemplo, dos vigas 84A, 84B que se extienden según la dirección Y, y entre las cuales está montada la segunda parte 76.

60 El sensor 56 de posición es, por ejemplo, solidario a la cuarta parte 80.

La herramienta 54 de mecanizado, o el palpador 64, están montados sobre la quinta parte 82.

65 El sistema 31 de control comprende, por ejemplo, un procesador 86, una memoria 88 y, ventajosamente, una interfaz hombre/máquina 90.

La memoria 88 está adaptada para almacenar información relativa a la forma de las escotillas 10, e instrucciones de software que, cuando se ejecutan por el procesador 86, permiten controlar el brazo articulado 26, el soporte 52 y el sensor 56 de posición, procedentes del sensor 56 de posición, y de los telémetros 58, 60, 62.

- 5 El sistema 31 de control también está adaptado para recibir los parámetros de posición procedentes del sensor 56 de posición, los parámetros de distancia procedentes de los telémetros 58, 60, 62, e información procedente del palpador 64.

10 Ahora va a describirse el funcionamiento de la instalación 1, ilustrando este funcionamiento un procedimiento según la invención.

15 El procedimiento comprende colocar la carcasa 30 mediante el brazo articulado 26 en la posición de mecanizado, fijar la carcasa sobre la superficie 16 a mecanizar mediante el sistema 50 de unión, proporcionar, mediante el sensor 56 de posición, parámetros de posición representativos de la posición relativa de la superficie a mecanizar, con respecto a la carcasa en la posición de mecanizado, calcular, mediante el sistema 31 de control, una instrucción C2 de desplazamiento (Figura 5) de la herramienta 54 de mecanizado utilizando los parámetros de posición, y accionar mediante el sistema 31 de control el soporte 52, y desplazar la herramienta de mecanizado con respecto a la carcasa según la instrucción de desplazamiento calculada.

20 La colocación de la carcasa 30 en la posición de mecanizado comprende, opcionalmente, un posicionamiento grueso del brazo articulado 26, después una fase de aproximación de la carcasa, y finalmente una fase de aterrizaje de la máquina 28 de mecanizado sobre el objeto 5.

25 El posicionamiento grueso consiste en desplazar el brazo articulado 26 para que la escotilla 10 a mecanizar esté al alcance de la máquina 28 de mecanizado. En el ejemplo representado, el sistema 31 de control desplaza el brazo articulado 26 en traslación sobre el carril 24, para poner el brazo articulado sustancialmente debajo de la escotilla, tal como se representa en la Figura 1. La máquina 28 de mecanizado está entonces, por ejemplo, a aproximadamente 50 mm del objeto 5.

30 Durante la fase de aproximación, los telémetros 58, 60, 62 proporcionan los parámetros representativos de las distancias D1, D2, D3, permitiendo controlar el paralelismo entre la abertura 32 y un plano medio P' de la superficie 16 a mecanizar. Por ejemplo, el sistema 31 de control calcula, a partir de estos parámetros, un ángulo  $\theta$  entre la dirección Z (que está fija con respecto a la carcasa 30) y el plano medio P'. En el ejemplo representado, un ángulo  $\theta$  de 90° representa un paralelismo perfecto. Cuanto más disminuye el ángulo  $\theta$ , más se aleja la carcasa 30 del paralelismo.

35 El sistema 31 de control desplaza la carcasa 30 de manera que el ángulo  $\theta$  no se aleje demasiado de 90°, es decir, de manera que el plano P y el plano medio P' sigan siendo aproximadamente paralelos.

40 En una variante, la fase de aproximación se realiza controlando otro parámetro representativo del paralelismo entre los planos P y P', distinto del ángulo  $\theta$ .

45 Según aún otra variante (no representada), la instalación 1 está desprovista de telémetros, y se realiza una aproximación directa sin control particular del paralelismo.

Opcionalmente, durante la fase de aproximación de la carcasa, se utiliza el sensor 56 de posición y se calculan uno o varios parámetros de posición de la carcasa 30 con respecto a la superficie 16 a mecanizar. El sistema 31 de control evalúa el o los parámetros de posición y, si estos últimos no cumplen con los criterios predefinidos, se realiza un control del brazo articulado 26, para corregir la posición de la carcasa 30 con respecto a la superficie 16 a mecanizar. Esto permite recentrar la escotilla 10 entre los apoyos 44, 46, 48, tal como se representa en la Figura 4.

50 Durante la fase de aproximación, pueden tener lugar varios recentrados.

55 Todavía durante la fase de aproximación, y de manera opcional, se reconoce la escotilla 10 por la cámara del sensor 56 de posición, y se activan datos referentes a la escotilla 10 y que presenta la memoria 88 del sistema de control. Se trata, por ejemplo, de datos referentes a la forma teórica de la escotilla 10.

60 La fase de aterrizaje comprende una aplicación de los tres apoyos 44, 46, 48 sobre la superficie 16 a mecanizar, y la medición, mediante las galgas extensométricas 44A, 46A, 48A, de las fuerzas F1, F2, F3 de presión ejercidas por los apoyos sobre la superficie a mecanizar.

65 Se acciona el brazo articulado 26 para poner en presión los tres apoyos 44, 46, 48 en donde se encuentran las galgas extensométricas 44A, 46A, 48A. Los valores proporcionados por las galgas extensométricas 44A, 46A, 48A se supervisan mediante el sistema 31 de control. Ventajosamente, independientemente del apoyo que toque en primer lugar la superficie 16 a mecanizar, el empuje ejercido por el brazo articulado 26 se interrumpe si una galga extensométrica proporciona una fuerza de presión superior a un valor predefinido, por ejemplo, de 15 kg.

Ventajosamente, la aplicación de los tres apoyos 44, 46, 48 se realiza de manera sucesiva. Por ejemplo, si el apoyo 44 toca en primer lugar la superficie 16 a mecanizar, se carga el apoyo 44 hasta que la fuerza F1 de presión alcance un valor predefinido, por ejemplo, de 11 kg.

5 A continuación, el brazo articulado 26 hace girar la carcasa 30 alrededor del punto de apoyo 44 hasta que un segundo apoyo, por ejemplo, el apoyo 46, toque la superficie a mecanizar, y la fuerza F2 de presión, medida por la galga extensométrica 46A, alcance un valor predefinido, por ejemplo, de once kilogramos. La rotación de la carcasa 30 alrededor del apoyo 44 se realiza, por ejemplo, alrededor de un eje  $\Delta 1$ , que pasa por el apoyo 44 y por el apoyo 48.

10 Finalmente, se pone el tercer apoyo, es decir el apoyo 48 en el ejemplo, en contacto con la superficie 16 a mecanizar, desplazando la carcasa 30 en rotación alrededor de un eje  $\Delta 2$ , que pasa por los apoyos 44 y 46. La rotación se interrumpe cuando la fuerza F3 de presión medida alcance un valor predefinido, por ejemplo, de 11 kg.

15 En una variante, evidentemente, es posible poner en contacto los apoyos 44, 46, 48 en un orden diferente, deduciéndose el procedimiento de aplicación de los apoyos sobre la superficie 16 a mecanizar, mediante permutación circular con respecto al descrito anteriormente.

20 Un procedimiento de aplicación de este tipo de los apoyos 44, 46, 48, permite obtener una gran reproducibilidad de la manera en que se aplica la máquina 28 de mecanizado sobre la superficie 16 a mecanizar, y permite minimizar la deformación del contorno de la escotilla 10 debida a esta aplicación.

25 En el ejemplo representado, al final de la fase de aterrizaje, las ventosas 70 están en contacto con la superficie 16 a mecanizar. El dispositivo 72 de vacío crea entonces una depresión entre cada una de las ventosas 70 y la superficie 16 a mecanizar, mediante aspiración del aire intersticial. La carcasa 30 está entonces sólidamente fijada sobre la superficie 16 a mecanizar.

30 El sensor 56 de posición proporciona entonces parámetros de posición representativos de la posición relativa de la superficie 16 a mecanizar con respecto a la carcasa 30 en la posición de mecanizado. Por ejemplo, si la escotilla 10 es una elipse trazada sobre una superficie irregular que presenta una doble curvatura, se indican seis puntos A1 a A6 (Figura 4) mediante el sensor 56 de posición en el contorno de la escotilla 10. Esto permite, por ejemplo, encontrar el centro de la elipse en X e Y. Mediante las indicaciones de otros tres puntos mediante el sensor 56 de posición lo más cerca posible de los apoyos 44, 46 y 48, el sensor 56 de posición mide, mediante triangulación, una altura media en Z del plano P' de la superficie a mecanizar.

35 Esto permite calcular una instrucción de desplazamiento de la herramienta 54 de mecanizado, según las direcciones X, Y, Z.

40 La instrucción de desplazamiento es, por ejemplo, una parametrización de las traslaciones de la herramienta 54 de mecanizado a realizarse según las direcciones X, Y, Z, y de las modificaciones de orientación mediante el soporte 52.

45 Ventajosamente, se realiza un palpado para corregir la instrucción de desplazamiento de la herramienta 54 de mecanizado. Para ello, se monta inicialmente el palpador 64 sobre el soporte 52, en la ubicación en donde se montará posteriormente la herramienta 54 de mecanizado.

50 Después, se desplaza el soporte 52 mediante el sistema 31 de control con respecto a la carcasa 30, y se realiza un cálculo de parámetros de forma representativos de la forma real de la escotilla 10, mediante el sistema 31 de control. Por ejemplo, se realiza un determinado número de puntos de palpado, de manera ventajosa, aproximadamente veinte. Las coordenadas de estos puntos de palpado en X, Y, Z permiten calcular una curva de tipo Spline, que sirve a continuación como referencia para actualizar el recorrido de la herramienta 54 de mecanizado según el eje Z, y aumentar la precisión de mecanizado.

55 Esto permite corregir la instrucción de desplazamiento de la herramienta 54 de mecanizado, utilizando los parámetros de forma.

A continuación, el soporte 52 vuelve a colocar el palpador 64 en el almacén 66, y coge la herramienta 54 de mecanizado almacenada en el almacén. Entonces, se monta la herramienta 54 de mecanizado sobre el soporte 52, en el lugar en donde se encontraba el palpador 64.

60 Entonces, tiene lugar el mecanizado propiamente dicho. El sistema 31 de control acciona el soporte 52, para desplazar la herramienta 54 de mecanizado con respecto a la carcasa 30 según la instrucción de desplazamiento corregida.

65 Según una variante no representada, el almacén 66 se encuentra en el exterior de la carcasa 30. Para sustituir el palpador 64 con la herramienta 54 de mecanizado, se aleja la carcasa 30 de la superficie 16 a mecanizar, mediante el sistema 31 de control, para realizar la sustitución.

## ES 2 956 758 T3

A continuación, el brazo articulado 26 vuelve a colocar la carcasa 30 en la posición de mecanizado, según el procedimiento anteriormente descrito, garantizando una reproducibilidad de la colocación. Entonces, se realiza el mecanizado después de la segunda colocación en la posición de mecanizado.

5 La Figura 5 muestra instrucciones C1 y C2 de desplazamiento en proyección sobre las direcciones X y Z asociadas a la carcasa 30. Estas instrucciones de desplazamiento pueden considerarse como puntos sucesivos ocupados por la herramienta 54 de mecanizado a lo largo de su desplazamiento para mecanizar la escotilla 10.

10 La coordenada X oscila entre +250 mm y -250 mm aproximadamente, lo cual representa la extensión de la escotilla según la dirección X. El hecho de que la coordenada Z sea igual a algunos milímetros en positivo o en negativo, ilustra el carácter irregular de la superficie 16 a mecanizar.

15 La instrucción C1 de desplazamiento es una instrucción calculada a partir de los parámetros de forma proporcionados por el sensor 56 de posición, pero sin una corrección permitida mediante un palpado. La curva C3 representa la forma real del contorno de la escotilla 10 a mecanizar. Tal como puede constatarse, la curva C1 difiere en determinados lugares en más de 0,25 mm según la dirección Z de la curva C3. Tales errores de posicionamiento son aceptables para determinadas aplicaciones, pero en general no lo son en aeronáutica, por ello se realiza ventajosamente una corrección mediante palpado.

20 La curva C2 es la proyección sobre las direcciones X y Z de la instrucción de desplazamiento corregida tras el palpado. Tal como puede constatarse, la curva C2 está mucho más cerca de la curva C3 que la curva C1. Por tanto, el palpado permite reducir los errores a valores bajos (inferiores a 0,1 mm según la dirección Z) totalmente aceptables en aeronáutica.

25 Por tanto, gracias a las características descritas anteriormente, la instalación 1 es rápida, y permite respetar las tolerancias de mecanizado.

30 Además, la característica opcional según la cual se realiza un palpado, permite obtener una instrucción de desplazamiento más precisa, reduciendo adicionalmente los errores de mecanizado.

La característica opcional según la cual la carcasa 30 está equipada con telémetros, permite un control del paralelismo entre la carcasa y la superficie 16 a mecanizar, durante la fase de aproximación.

35 Finalmente, la presencia del almacén 66 en la carcasa 30 permite dejar la carcasa en la posición de mecanizado mientras el palpador 64 se sustituye por la herramienta 54 de mecanizado, después de haberse realizado el palpado.

Por “solidarios a la carcasa”, se entiende, por ejemplo, que los apoyos están fijos con respecto a la carcasa.

**REIVINDICACIONES**

1. Instalación (1) para mecanizar un objeto (5), concretamente una parte de un ala de avión, definiendo el objeto (5) una superficie (16) a mecanizar, por ejemplo, el contorno (18) de una escotilla (10), comprendiendo la instalación (1) un brazo articulado (26), y una máquina (28) de mecanizado transportada por el brazo articulado (26), y que comprende:
- una carcasa (30) que define al menos una abertura (32), y destinada a colocarse por el brazo articulado (26) en una posición de mecanizado, en donde la abertura (32) está situada frente a la superficie (16) a mecanizar,
  - al menos tres apoyos (44, 46, 48) solidarios a la carcasa (30), y destinados a apoyarse sobre la superficie (16) a mecanizar en la posición de mecanizado,
  - un sistema (50) de unión para fijar la carcasa (30) sobre la superficie (16) a mecanizar,
  - al menos un soporte (52) montado de forma móvil con respecto a la carcasa (30), y una herramienta (54) de mecanizado adaptada para montarse sobre el soporte (52), y
  - al menos un sensor (56) de posición, por ejemplo, una cámara, adaptado para proporcionar parámetros de posición representativos de una posición relativa de la superficie (16) a mecanizar con respecto a la carcasa (30),
- comprendiendo la instalación (1), además, un sistema (31) de control adaptado para accionar el soporte(52) y desplazar la herramienta (54) de mecanizado con respecto a la carcasa (30), según una instrucción (C1, C2) de desplazamiento, estando el sistema (31) de control adaptado para calcular la instrucción (C1, C2) de desplazamiento, utilizando los parámetros de posición.
2. Instalación (1) según la reivindicación 1, en donde los apoyos (44, 46, 48) están equipados, respectivamente, con galgas extensométricas (44A, 46A, 48A) adaptadas para medir fuerzas (F1, F2, F3) de presión ejercidas, respectivamente, por los apoyos (44, 46, 48) sobre la superficie (16) a mecanizar.
3. Instalación (1) según las reivindicaciones 1 o 2, en donde el sistema (50) de unión comprende al menos tres ventosas (70) solidarias a la carcasa (30), y adaptadas para adherirse sobre la superficie (16) a mecanizar en la posición de mecanizado, y al menos un dispositivo (72) de vacío para crear selectivamente una depresión entre las ventosas (70) y la superficie (16) a mecanizar.
4. Instalación (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la máquina (28) de mecanizado comprende, además, al menos tres telémetros (58, 60, 62) adaptados para proporcionar, respectivamente, al menos tres parámetros de distancia, siendo cada parámetro de distancia, respectivamente, representativo de una distancia (D1, D2, D3) entre uno de los telémetros (58, 60, 62) y la superficie (16) a mecanizar.
5. Instalación (1) según la reivindicación 3, en donde los tres apoyos (44, 46, 48) están, respectivamente, situados sustancialmente en el centro de las tres ventosas (70).
6. Instalación (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende, además, al menos un palpador (54) adaptado para montarse sobre el soporte (52), de manera preferible sustancialmente en el mismo lugar que la herramienta (54) de mecanizado, estando el sistema (31) de control adaptado para desplazar el soporte (52) y el palpador (54), para palpar la superficie (16) a mecanizar, y calcular parámetros de forma representativos de una forma de la superficie (16) a mecanizar, estando el sistema (31) de control, además, adaptado para calcular la instrucción (C2) de desplazamiento de la herramienta (54) de mecanizado, teniendo en cuenta los parámetros de forma, comprendiendo la instalación (1) preferiblemente un almacén (66) adaptado para recibir el palpador (54) o la herramienta (54) de mecanizado en posiciones de recogida respectivas.
7. Procedimiento para mecanizar un objeto (5), concretamente una parte de un ala de avión, definiendo el objeto (5) una superficie (16) a mecanizar, por ejemplo, el contorno (18) de una escotilla (10), comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:
- proporcionar un brazo articulado (26), una máquina (28) de mecanizado transportada por el brazo articulado (26), y un sistema (31) de control, comprendiendo la máquina (28) de mecanizado una carcasa (30) que define al menos una abertura (32), al menos tres apoyos (44, 46, 48) solidarios a la carcasa (30), un sistema (50) de unión, al menos un soporte (52) montado de forma móvil con respecto a la carcasa (30), una herramienta (54) de mecanizado y al menos un sensor (56) de posición, por ejemplo, una cámara, montado sobre el soporte (52);
  - montar la herramienta (54) de mecanizado sobre el soporte (52);
  - colocar la carcasa (30) mediante el brazo articulado (26), en una posición de mecanizado, en donde la abertura (32) esté situada frente a la superficie (16) a mecanizar, comprendiendo la colocación una aplicación de los tres apoyos (44, 46, 48) sobre la superficie (16) a mecanizar;
  - fijar la carcasa (30) sobre la superficie (16) a mecanizar, mediante el sistema (50) de unión,

- proporcionar, mediante el sensor (56) de posición, parámetros de posición representativos de una posición relativa de la superficie (16) a mecanizar con respecto a la carcasa (30) en la posición de mecanizado;
  - calcular, mediante el sistema (31) de control, una instrucción (C1, C2) de desplazamiento de la herramienta de mecanizado, utilizando los parámetros de posición; y
  - accionar, mediante el sistema (31) de control, el soporte (52), y desplazar la herramienta (54) de mecanizado con respecto a la carcasa (30) según la instrucción (C1, C2) de desplazamiento calculada.
- 5
8. Procedimiento según la reivindicación 7, en donde, durante la aplicación de los tres apoyos (44, 46, 48) sobre la superficie (16) a mecanizar, galgas extensométricas (44A, 46A, 48A) miden fuerzas (F1, F2, F3) de presión ejercidas, respectivamente, por los apoyos (44, 46, 48) sobre la superficie (16) a mecanizar, y en donde, durante la fijación de la carcasa (30) sobre la superficie (16) a mecanizar, se aplican ventosas (70) sobre la superficie (16) a mecanizar.
- 10
9. Procedimiento según la reivindicación 8, en donde:
- la máquina (28) de mecanizado proporcionada comprende al menos tres telémetros (58, 60, 62);
  - la colocación de la carcasa (30) comprende proporcionar al menos tres parámetros de distancia, respectivamente, mediante los telémetros (58, 60, 62), siendo cada parámetro de distancia, respectivamente, representativo de una distancia (D1, D2, D3) entre uno de los telémetros (58, 60, 62) y la superficie (16) a mecanizar.
- 15
10. Procedimiento según la reivindicación 9, en donde dicha colocación de la carcasa (30) comprende:
- en una fase de aproximación de la carcasa (30), un cálculo, mediante el sistema (31) de control, de al menos un parámetro representativo de una orientación de la carcasa (30) con respecto a la superficie (16) a mecanizar, utilizando el cálculo dichos parámetros de distancia; un control del brazo articulado (26) mediante el sistema (31) de control, teniendo en cuenta el parámetro de orientación; y, opcionalmente, un uso del sensor (56) de posición, un cálculo de al menos un parámetro de posición de la carcasa (30) con respecto a la superficie (16) a mecanizar, y un control del brazo articulado (26) mediante el sistema (31) de control, en función del parámetro de posición; y/o
  - una puesta en contacto de un primero de los apoyos (44, 46, 48) con la superficie a mecanizar, después una puesta en contacto de un segundo de los apoyos (44, 46, 48), permaneciendo el primer apoyo en contacto, a continuación, una puesta en contacto del tercero de los apoyos (44, 46, 48), permaneciendo los otros dos de los apoyos (44, 46, 48) en contacto, realizándose preferiblemente cada una de las puestas en contacto para que dicha fuerza (F1, F2, F3) de presión correspondiente alcance progresivamente un valor predeterminado.
- 20
11. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, que comprende, además:
- un montaje de un palpador (64) sobre el soporte (52), de manera preferible sustancialmente en el mismo lugar que la herramienta (54) de mecanizado; y
  - tras la colocación de la carcasa (30) en la posición de mecanizado, un palpado de la superficie (16) a mecanizar, que comprende: un desplazamiento del soporte (52) y del palpador (64) con respecto a la carcasa (30), mediante el sistema (31) de control; y un cálculo, mediante el sistema (31) de control, de parámetros de forma representativos de una forma de la superficie (16) a mecanizar;
- 25
- utilizando el cálculo de la instrucción de desplazamiento de la herramienta (54) de mecanizado mediante el sistema (31) de control, los parámetros de forma.
- 30
12. Procedimiento según la reivindicación 11, en donde:
- el palpado tiene lugar después de dicha fijación de la carcasa (30) sobre la superficie (16) a mecanizar, y antes del montaje de la herramienta (54) de mecanizado sobre el soporte (52); y
  - la carcasa (30) permanece fijada sobre la superficie (16) a mecanizar durante el montaje de la herramienta (54) de mecanizado sobre el soporte (52);
- 35
- comprendiendo la máquina (28) de mecanizado preferiblemente un almacén (66) adaptado para recibir el palpador (64) o la herramienta (54) de mecanizado en posiciones de recogida respectivas.
- 40
13. Procedimiento según la reivindicación 12, en donde, después del palpado, se aleja la carcasa (30) de la superficie (16) a mecanizar mediante el brazo articulado (26), se desmonta el palpador (64) del soporte (52), después se realiza el montaje de la herramienta (54) de mecanizado sobre el soporte (52), y se realiza otra colocación de la carcasa (30) para volver a poner la carcasa (30) en la posición de mecanizado.
- 45
- 50
- 55
- 60

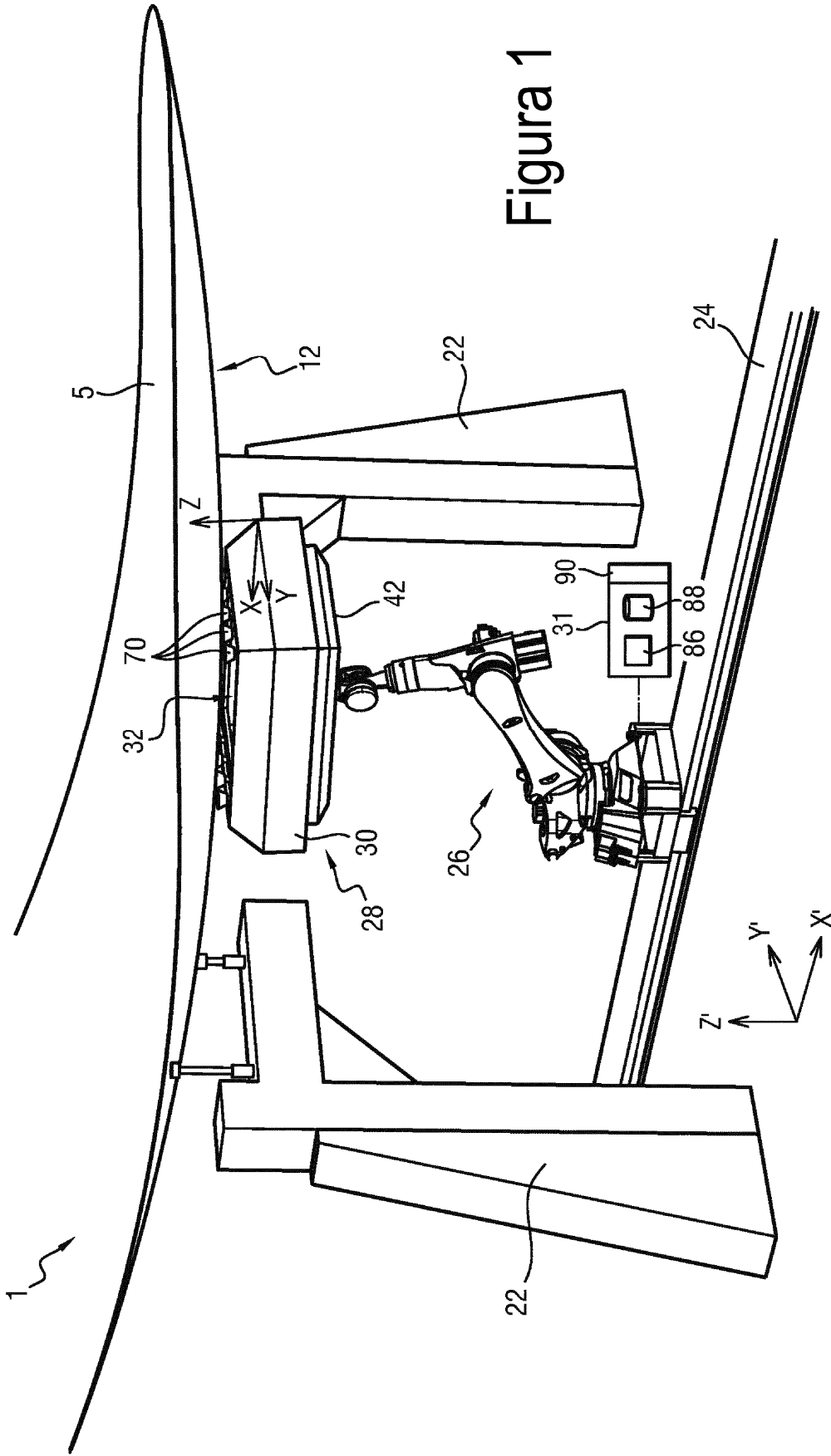


Figura 1



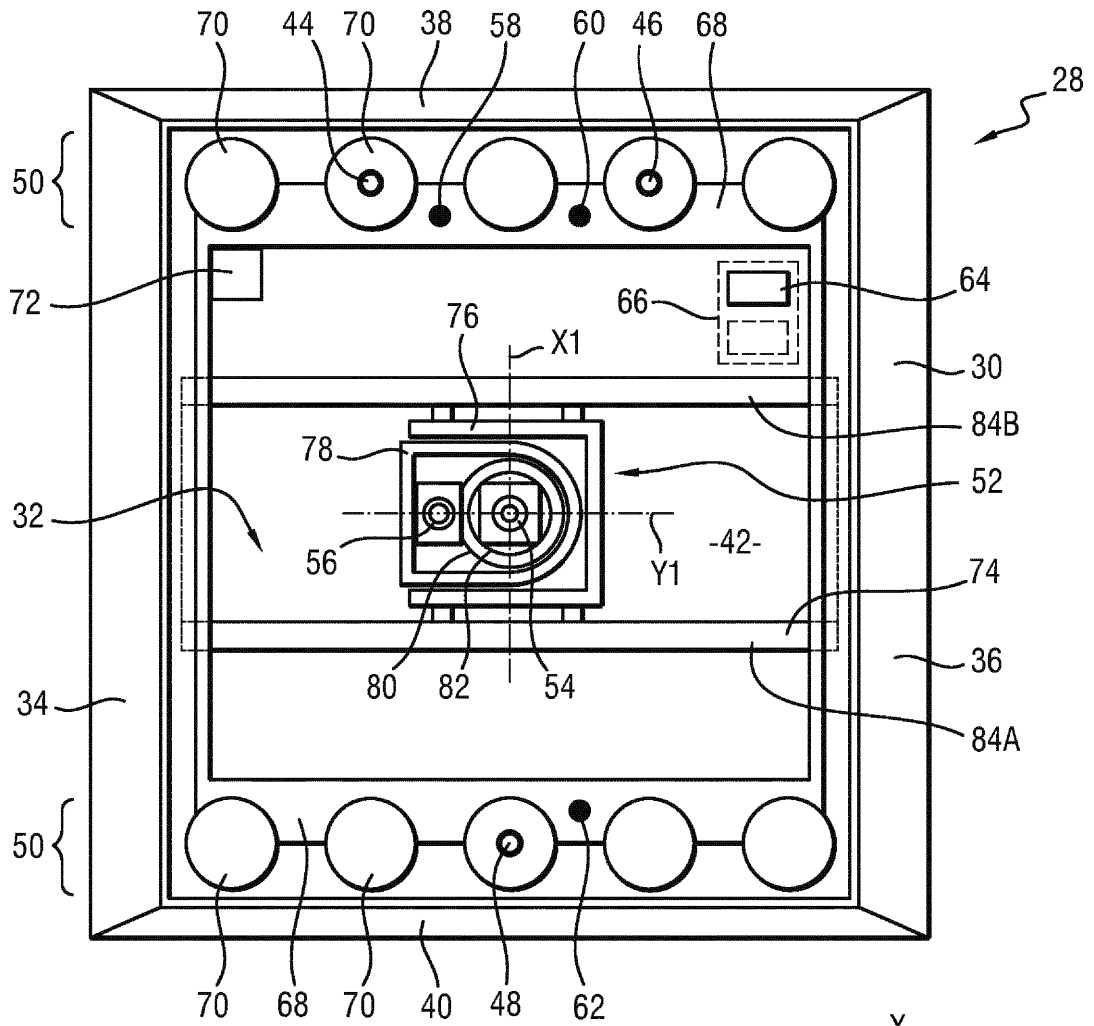
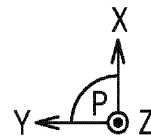


Figura 3



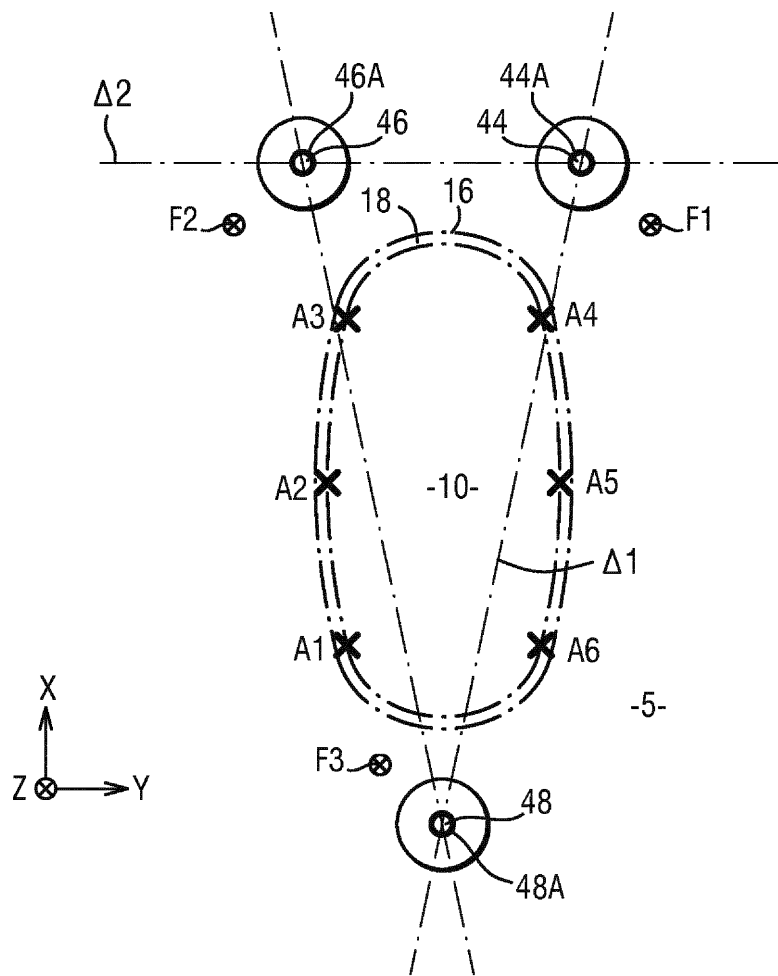


Figura 4

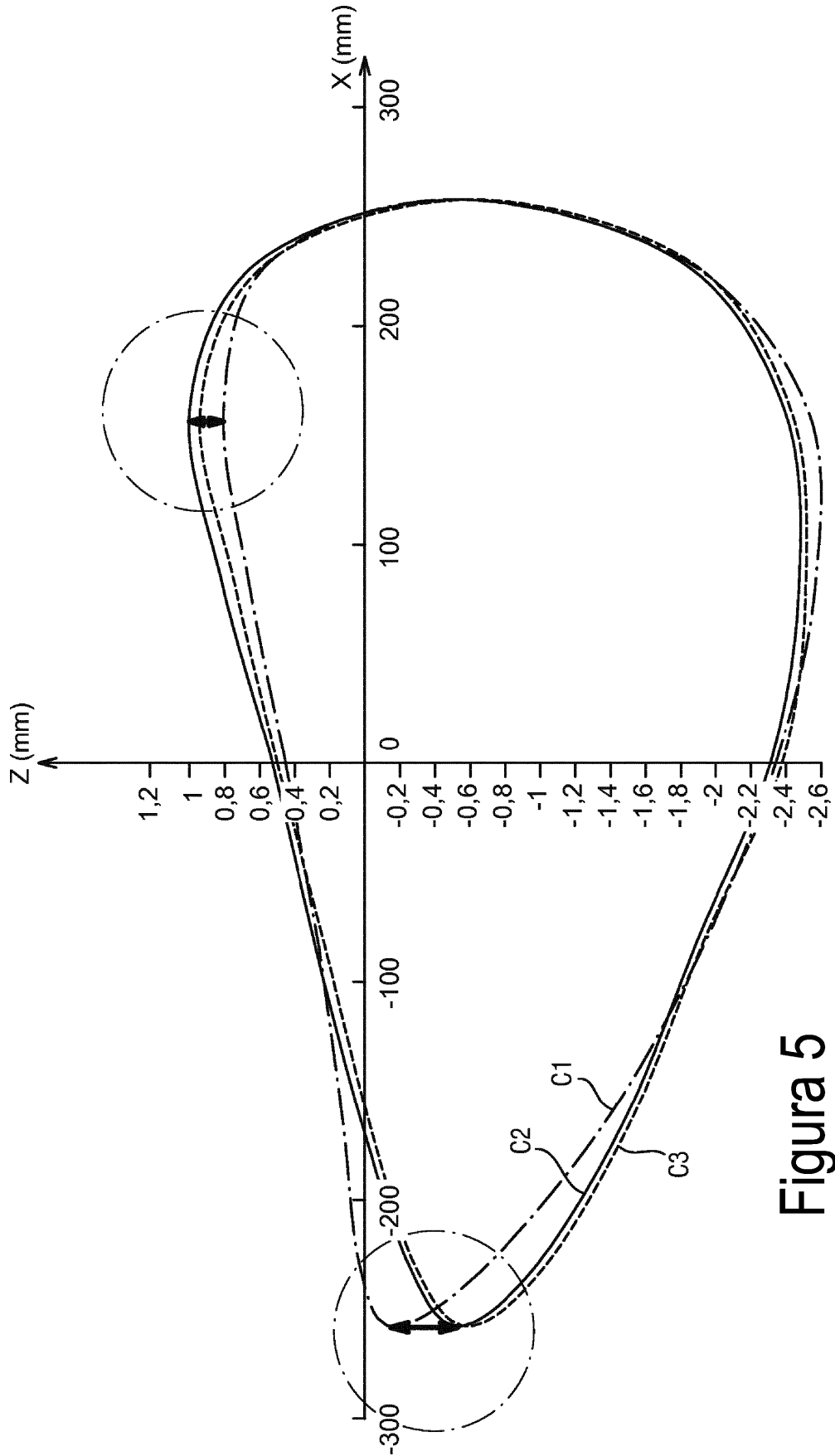


Figura 5