

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 795 979**

51 Int. Cl.:

B25J 9/16

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.01.2013 PCT/GB2013/050185**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.08.2013 WO13114090**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.01.2013 E 13703464 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.05.2020 EP 2809485**

54 Título: **Aparato de perforación y método**

30 Prioridad:

01.02.2012 GB 201201745

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

25.11.2020

73 Titular/es:

**BAE SYSTEMS PLC (100.0%)
6 Carlton Gardens
London SW1Y 5AD, GB**

72 Inventor/es:

**CARBERRY, JONATHAN, MICHAEL y
COOK, AUSTIN, JAMES**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 795 979 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

Aparato de perforación y método

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a métodos y aparatos de perforación.

Antecedentes

10 En el campo de la construcción de aeronaves, tiende a ser deseable avellanar orificios perforados previamente en paneles que se van a sujetar en una estructura para proporcionar un fuselaje. Esto se realiza de modo que el sujetador usado para sujetar el panel en la estructura pueda estar al ras con una superficie del panel (por ejemplo, la superficie externa de la aeronave). Esto tiende a proporcionar que el fuselaje resultante tenga mejores propiedades aerodinámicas en comparación con si el sujetador no estuviera al ras con la superficie externa de la aeronave.

15 El avellanado de orificios perforados previamente puede realizarse manualmente por operarios humanos, por ejemplo, usando herramientas manuales y bancos de trabajo. Durante el proceso de avellanado, los paneles pueden doblarse o desviarse sobre el banco de trabajo debido a las fuerzas aplicadas por el operario. El operario puede compensar manualmente tal desviación. El operario también puede compensar la curvatura en la parte avellanada, por ejemplo, ajustando manualmente los ajustes de la herramienta manual. Sin embargo, tienden a requerir grandes fuerzas de trabajo y espacios de trabajo para procesar un gran número de paneles. Así mismo, los operarios humanos pueden desarrollar lesiones por esfuerzo repetitivo causadas por perforaciones repetidas.

20 El avellanado de orificios también se puede realizar usando una herramienta de máquina (o robot). El uso de tales dispositivos típicamente requiere el uso de una fijación segura que soporte rígidamente un panel para impedir que se desvíe bajo las fuerzas de corte/perforación. Tales herramientas de máquina pueden ser muy caras. Las fijaciones, que normalmente se requieren a medida para la forma del panel que se está perforando, también tienden a ser caras.

25 El modelo de utilidad alemán DE 20 2008 014 886 U1 divulga un robot, en el que para la operación de remachado a los miembros se presionan contra la parte. El mismo documento también divulga que las operaciones pueden incluir la perforación y la operación de avellanado. También se divulga que se puede proporcionar una cámara, la imagen proporcionada por esta cámara se puede usar en una unidad de control para determinar un valor de corrección para corregir el ángulo.

30 La patente de Estados Unidos 6.108.896 divulga una unidad de perforación que comprende miembros para sujetar dos láminas metálicas con el fin de evitar el riesgo de formación de rebabas entre las láminas durante la operación de perforación.

40 Sumario de la invención

En un primer aspecto, la presente invención proporciona un aparato de perforación como se define en la reivindicación 1.

45 El primer miembro puede ser móvil con respecto a la herramienta de corte. La presión del primer miembro contra un lado de la parte puede comprender mover el primer miembro una cierta distancia con respecto a la herramienta de perforación. El aparato puede comprender además un sensor configurado para medir la cierta distancia recorrida por el primer miembro con respecto a la herramienta de perforación, y un procesador acoplado operativamente al sensor y configurado para determinar, usando la medición del sensor, una distancia que debe recorrer la herramienta de perforación para perforar la parte a una profundidad predeterminada.

50 En un aspecto adicional, la presente invención proporciona un método de perforación como se define en la reivindicación 3.

55 El primer miembro puede ser móvil con respecto a la herramienta de corte. La presión del primer miembro contra un lado de la parte puede comprender mover el primer miembro una cierta distancia con respecto a la herramienta de perforación. El método puede comprender además medir la cierta distancia recorrida por el primer miembro con respecto a la herramienta de perforación y, usando la medición del sensor, determinar una distancia que debe recorrer la herramienta de perforación para perforar la parte a una profundidad predeterminada.

60 Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una ilustración esquemática (no a escala) de un panel de ejemplo;

65 La figura 2 es una ilustración esquemática (no a escala) del aparato para realizar un proceso de avellanado;

La figura 3 es una ilustración esquemática (no a escala) de un primer efector de extremo;

La figura 4 es una ilustración esquemática (no a escala) de un segundo efector de extremo;

5 La figura 5 es un diagrama de flujo del proceso que muestra ciertas etapas de una realización de un proceso de avellanado;

La figura 6 es un diagrama de flujo del proceso que muestra ciertas etapas del proceso de alineación;

10 La figura 7 es un diagrama de flujo del proceso que muestra ciertas etapas de un proceso de normalización;

La figura 8 es una ilustración esquemática (no a escala) que muestra una vista lateral de un sistema de normalización en uso;

15 La figura 9 es una ilustración esquemática (no a escala) de un panel curvo;

La figura 10 es un diagrama de flujo del proceso que muestra ciertas etapas de un método para realizar un proceso de avellanado en el panel curvo;

20 La figura 11 es un diagrama de flujo del proceso que muestra ciertas etapas de un proceso para determinar una distancia adicional; y

La figura 12 es una ilustración esquemática (no a escala) que muestra el primer y el segundo modelo de Diseño Asistido por Ordenador (CAD).

25

Descripción detallada

La figura 1 es una ilustración esquemática (no a escala) de un panel 2 de ejemplo.

30 El panel 2 está hecho de fibra de carbono. El panel 2 comprende un orificio perforado previamente 4 a través del panel 2 desde una superficie frontal del panel 2 hasta una superficie posterior del panel 2. Dicho de otro modo, el orificio 4 es un paso a través de la estructura del panel 4.

35 El orificio 4 es de diámetro conocido. La dirección del orificio 4 a través del panel 2 es normal (es decir, perpendicular) a la superficie frontal del panel 2.

40 En esta realización, el panel 2 debe fijarse a una estructura para formar parte de un fuselaje de una aeronave. El panel debe fijarse a la estructura mediante un sujetador que pasa a través del orificio 4 (desde la superficie frontal hasta la superficie posterior) y dentro de la estructura. El orificio 4 debe estar avellanado (a una profundidad predeterminada) en la superficie frontal para que el sujetador quede al ras con la superficie frontal. Esto tiende a proporcionar que la aeronave resultante es relativamente aerodinámica y sigilosa.

45 La figura 2 es una ilustración esquemática (no a escala) del aparato 6 para realizar un proceso de avellanado. El proceso de avellanado consiste en avellanar (a la profundidad predeterminada) el orificio 4 en la superficie frontal del panel 2.

50 Un proceso de avellanado es un ejemplo de un proceso de perforación. La terminología "proceso de perforación" se usa en el presente documento para referirse a cualquier tipo de proceso de perforación, incluyendo, aunque sin limitarse a, perforar un orificio, avellanar (un orificio perforado previamente), escariar, perforación orbital, etc.

55 El aparato 6 comprende un sistema de fijación 8, una pluralidad de abrazaderas 9, un primer robot 10, un primer efector de extremo 11, un segundo robot 12, un segundo efector de extremo 13, un primer controlador de robot 14, un primer controlador de efector de extremo 16, un segundo controlador de robot 18, un segundo controlador de efector de extremo 20, un primer módulo de extracción de virutas 22 y un segundo módulo de extracción de virutas 24.

60 El sistema de fijación 8 es un bastidor en el que el panel 2 se sujeta usando la pluralidad de abrazaderas 9. En esta realización, el sistema de fijación 8 es un sistema de fijación convencional tal como el sistema de fijación BoxJoint suministrado por DELFOi que típicamente comprende una plantilla, cuyo marco se realiza uniendo vigas de acero galvanizado estándar. Las abrazaderas 9 son abrazaderas convencionales.

65 El primer robot 10 es un brazo robótico industrial convencional, o brazo robótico, para usar en un proceso de avellanado. Por ejemplo, el primer brazo robot 10 es un brazo robot KR360 fabricado por Kuka GmbH.

El primer efector de extremo 11 está acoplado a un extremo del primer brazo robot 10, de tal manera que el primer robot 10 puede mover el primer efector de extremo 11. El primer robot 10 y el primer efector de extremo 11 se colocan en un lado frontal del sistema de fijación 8, es decir, en frente de la superficie frontal del panel 2, de modo que el primer

robot 10 y el primer efector de extremo 11 puedan acceder a la superficie frontal del panel 2.

El primer robot 10 y el primer efector de extremo 11 pueden considerarse convenientemente como un único módulo, por ejemplo, un primer módulo, un módulo de perforación o un aparato de perforación.

El primer efector de extremo 11 se describirá con más detalle más adelante con referencia a la figura 3.

El segundo robot 12 es un brazo robótico industrial convencional, o brazo robótico, para usar en un proceso de avellanado. Por ejemplo, el segundo robot 12 es un brazo robótico KR180 fabricado por Kuka GmbH.

El segundo efector de extremo 13 está acoplado a un extremo del segundo brazo robot 12, de tal manera que el segundo robot 12 puede mover el segundo efector de extremo 13. El segundo robot 12 y el segundo efector de extremo 13 se colocan en un lado posterior del sistema de fijación 8, es decir, detrás de la superficie posterior del panel 2, de modo que el segundo robot 12 y el segundo efector de extremo 13 puedan acceder a la superficie posterior del panel.

El segundo robot 12 y el segundo efector de extremo 13 pueden considerarse convenientemente como un único módulo, por ejemplo, un segundo módulo, un módulo de soporte, o un aparato de soporte.

El segundo efector de extremo 13 se describirá con más detalle más adelante con referencia a la figura 4.

El primer robot 10 está acoplado al primer controlador de robot 14 de tal manera que el primer robot 10 está controlado por el primer controlador de robot 14.

El primer efector de extremo 11 está acoplado al primer controlador de efector de extremo 16 de tal manera que el primer efector de extremo 11 está controlado por el primer controlador de efector de extremo 16.

El primer controlador de robot 14 y el primer controlador de efector de extremo 16 están acoplados entre sí de tal manera que puedan comunicarse.

El segundo robot 12 está acoplado al segundo controlador de robot 18 de tal manera que el segundo robot 12 está controlado por el segundo controlador de robot 18.

El segundo efector de extremo 13 está acoplado al segundo controlador de efector de extremo 20 de tal manera que el segundo efector de extremo 13 está controlado por el segundo controlador de efector de extremo 20.

El segundo controlador de robot 18 y el segundo controlador de efector de extremo 20 están acoplados entre sí de tal manera que puedan comunicarse.

El primer controlador de robot 14 y el segundo controlador de robot 18 son unidades de control convencionales para controlar el primer robot 10 y el segundo robot 12 respectivamente.

El primer controlador de robot 14 y el segundo controlador de robot 18 están acoplados entre sí de tal manera que puedan comunicarse. En particular, en esta realización, los controladores de robot primero y segundo 14, 18 están acoplados juntos de tal manera que, en un primer modo de operación, el primer y segundo robots 10, 12 tienen una "relación maestro-esclavo", es decir, de tal manera que, si el primer robot 10 se mueve, entonces el segundo robot 12 también se mueve de tal manera que la posición relativa entre el primer y el segundo robots 10, 12 se mantenga sustancialmente. Así mismo, en esta realización, los controladores de robot primero y segundo 14, 18 están acoplados juntos de tal manera que, en un segundo modo de operación, los primeros y segundos robots 10, 12 pueden moverse independientemente uno del otro.

Las instrucciones para mover el primer y segundo robots 10, 12 residen en el primer y segundo controladores de robot 14, 18 respectivamente, por ejemplo, ya sea como un programa fuera de línea (OLP) o una subrutina llamada por el programa fuera de línea.

El primer sistema de extracción de virutas 22 es un sistema de extracción de virutas convencional. El primer sistema de extracción de virutas 22 está acoplado al primer efector de extremo 11 y está configurado para extraer virutas (es decir, desechos o residuos, por ejemplo, virutas de torneado, engravillados, limaduras o acepilladuras) que resultan del proceso de avellanado descrito a continuación.

El segundo sistema de extracción de virutas 24 es un sistema de extracción de virutas convencional. El segundo sistema de extracción de virutas 24 está acoplado al segundo efector de extremo 13 y está configurado para extraer virutas (es decir, desechos o residuos, por ejemplo, virutas de torneado, engravillados, limaduras o acepilladuras) que resultan del proceso de avellanado descrito a continuación.

La figura 3 es una ilustración esquemática (no a escala) del primer efector de extremo 11.

En esta realización, el primer efector de extremo 11 comprende un primer bastidor 26, una pluralidad de cilindros de aire 28, un pie de presión 30 (que comprende un sistema de normalización 31), un sensor 32, una pata giratoria 34, un sistema de perforación 36 (que comprende una herramienta de corte 38 (es decir, una herramienta de perforación)) y un sistema de visión 40 (que comprende una cámara 42).

El primer bastidor 26 del primer efector de extremo 11 está unido al primer robot 10.

La pata giratoria 34 está unida al primer bastidor 26 de tal manera que puede girar con relación al primer bastidor 26, y de tal manera que no se puede mover en una dirección longitudinal con respecto al primer bastidor 26.

Los cilindros de aire 28 están unidos entre el primer bastidor extremo 26 y el pie de presión 30 de tal manera que, bajo la acción de los cilindros de aire 28, el pie de presión 30 puede moverse con respecto al primer bastidor 26 (es decir, el pie de presión 30 puede extenderse desde el primer bastidor 26).

La pata giratoria 34 puede girar alrededor (y estar soportada por) un miembro alargado que se coloca a lo largo del eje de la pata giratoria 34. Este miembro alargado puede, por ejemplo, estar unido en ambos extremos al bastidor 26. En otras realizaciones, el miembro alargado puede ser un cilindro de aire 28 que está unido en uno de sus extremos al bastidor 26, y el otro de sus extremos al pie de presión 30. Tal cilindro de aire adicional puede proporcionar la misma funcionalidad que los otros cilindros de aire 28.

El pie de presión 30 es un pie de presión convencional usado por sistemas robóticos convencionales. El pie de presión 30 puede, bajo la acción de los cilindros de aire 28, estar extendido desde el primer bastidor 26 hasta que una superficie frontal del pie de presión 30 entre en contacto (es decir, presiona contra) con la superficie frontal del panel 2, en ese punto se detiene el movimiento del pie de presión 30 con respecto al primer bastidor 26.

El sensor 32 está unido al primer bastidor 26. El sensor está configurado para medir una distancia recorrida por el pie de presión 30 con respecto al primer bastidor 26 (es decir, una distancia desde el primer bastidor 26 en la que se extiende el pie de presión 30). En esta realización, el sensor 32 es un sensor de desplazamiento de triangulación láser. En otras realizaciones, un tipo diferente de sensor, por ejemplo, un transformador diferencial variable lineal (LVDT) y/o una configuración de sensor diferente, puede usarse para medir la posición del pie de presión 30 con respecto al primer bastidor 26. Las mediciones realizadas por el sensor 32 se envían desde el primer efector de extremo 11 al primer controlador de efector de extremo 16 como se describe con más detalle más adelante con referencia a la figura 5.

El pie de presión 30 comprende un paso 44 (es decir, una abertura u orificio) a través de su estructura. En esta realización, el sistema de normalización 31 está unido a la superficie frontal del pie de presión 30 de tal manera que rodea el paso 44.

El sistema de normalización 31 comprende cinco dispositivos de medición de contacto. Cada dispositivo de medición de contacto es un miembro extensible, que está configurado para, durante la operación, extenderse desde la superficie frontal del pie de presión 30 hasta que entre en contacto con la superficie frontal del panel 2, en cuyo punto el miembro extensible deja de extenderse. Esta detención de la extensión de los miembros extensibles puede ser el resultado de la fuerza resistiva aplicada al miembro extensible, por el panel 2, cuando el miembro extensible entra en contacto con la superficie frontal del panel 2. Dicho de otro modo, la superficie frontal del panel 2 puede impedir una mayor extensión de los miembros extensibles. Las mediciones de las distancias recorridas por cada uno de los miembros extensibles del sistema de normalización 31 se envían desde el primer efector de extremo 11 al primer controlador de efector de extremo 16 como se describe con más detalle más adelante con referencia a la figura 5.

La pata giratoria 34 está acoplada al primer bastidor 26 de tal manera que la pata giratoria 34 puede girar alrededor de su eje. Esta rotación se indica en la figura 3 por una flecha de doble punta.

El sistema de perforación 36 comprende un husillo giratorio enfriado por líquido que, durante la operación, impulsa (es decir, gira) la herramienta de corte 38.

El sistema de perforación 36 está montado de forma deslizante en la pata giratoria 34, de tal manera que el sistema de perforación 36 puede moverse a lo largo de la superficie de la pata giratoria 34 en una dirección paralela al eje de la pata giratoria 34, y de tal manera que el movimiento del sistema de perforación 36 en una dirección alrededor de la circunferencia de la pata giratoria 34 se evita. De esta manera, la herramienta de corte 38 se mueve a lo largo de su eje (longitudinal) (que se muestra en la figura 3 como una línea de puntos indicada por el número de referencia 46).

En esta realización, el sistema de perforación 36 puede colocarse (girando la pata giratoria 34 alrededor de su eje) de tal manera que el eje 46 de la herramienta de corte 38 pase a través del paso 44 en el pie de presión 30. Cuando está en esta posición, es decir, cuando el eje 46 de la herramienta de corte 38 está alineado con el paso 44, (como se muestra en la figura 3), el sistema de perforación 36 puede deslizarse a lo largo de la superficie de la pata giratoria 34 (en una dirección paralela al eje de la pata giratoria 34) de tal manera que al menos una porción de la herramienta de corte 38 pase completamente a través del paso 44. Durante la operación, como se describe a continuación, para

avellanar el orificio 4, la herramienta de corte 38 se mueve a lo largo de su eje 46 (longitudinal), a través del paso 44, y hacia el panel 2 hasta que entre en contacto con la superficie frontal del panel 2 en el orificio 4. La herramienta de corte 38 se mueve luego para avellanar más el orificio 4 del panel 2 a la profundidad predeterminada.

- 5 El sistema de visión 40 es un sistema de visión convencional. El sistema de visión 40 comprende la cámara 42, que es una cámara CCD industrial convencional con una lente telecéntrica.

10 El sistema de visión 40 está montado de forma deslizante en la pata giratoria 34, de tal manera que el sistema de visión 40 puede moverse a lo largo de la superficie de la pata giratoria 34 en una dirección paralela al eje de la pata giratoria 34, y de tal manera que el movimiento del sistema de visión 40 en una dirección alrededor de la circunferencia de la pata giratoria 34 se evita. De esta manera, el sistema de visión 40 puede moverse en una dirección que es sustancialmente paralela al eje 46. El sistema de visión 40 y el sistema de perforación 36 están montados en la pata giratoria 34 de tal manera que se mantiene la posición relativa entre el sistema de visión 40 y el sistema de perforación 36.

15 En esta realización, el sistema de visión 40 puede colocarse (girando la pata giratoria 34 alrededor de su eje) de tal manera que la cámara 42 del sistema de visión 40 pueda detectar la luz que pasa a través del paso 44 (desde la parte frontal del pie de presión 30 hasta su parte posterior). Cuando está en esta posición, es decir, cuando la cámara 42 del sistema de visión 40 está alineada con el paso 44, si la pata giratoria 34 se gira entonces, el sistema de perforación 36 se alinearía con el paso 44 (es decir, el eje 46 de la herramienta de corte 38 se movería de modo que pasara a través del paso 44).

20 En esta realización, el movimiento del pie de presión 30 por los cilindros de aire 28 es controlado por el primer controlador de efector de extremo 16. Así mismo, la rotación de la pata giratoria 34 alrededor de su eje está controlada por el primer controlador de efector de extremo 16. Así mismo, el movimiento a lo largo de la superficie de la pata giratoria 34 del sistema de perforación 36 es controlado por el primer controlador de efector de extremo 16. El sistema de visión 40 es controlado por el primer controlador de robot 14.

25 En esta realización, las mediciones de la distancia recorrida por el pie de presión 30 en relación con el primer bastidor 26, tal como lo tomó el sensor 32, pueden enviarse al primer controlador de efector de extremo 16. Así mismo, las mediciones de la luz que pasa a través del paso 44, tal como la cámara las tomó 42 del sistema de visión 40, pueden enviarse al primer controlador de robot 14.

30 La figura 4 es una ilustración esquemática (no a escala) del segundo efector de extremo 13.

35 En esta realización, el segundo efector de extremo 13 comprende un segundo bastidor 50, una pieza de nariz 52 y un sistema de iluminación 54.

40 El segundo bastidor 50 del segundo efector de extremo 13 está unido al segundo robot 12.

La pieza de nariz 52 está unida a un frente del segundo bastidor 50. La pieza de nariz 52 tiene la forma de un tronco de cono con un orificio 53 a través de su estructura a lo largo de su eje longitudinal. La extracción de virutas por el segundo sistema de extracción de virutas 24 puede realizarse a través del orificio 53 en la pieza de nariz 52.

45 El sistema de iluminación 54 es un sistema de iluminación convencional que está configurado para, bajo instrucción del segundo controlador de efector de extremo 20, hacer brillar una luz del segundo efector de extremo 13 a través del orificio 53 en la pieza de nariz 52. De esta manera, durante la operación, la luz brilla desde el sistema de iluminación 54 sobre la superficie posterior del panel 2 (es decir, el panel 2 está retroiluminado). La luz emitida por el sistema de iluminación 54 es detectable por la cámara 42 del sistema de visión en el primer efector de extremo 11. La luz puede ser, por ejemplo, luz visible, luz infrarroja o luz ultravioleta.

50 En esta realización, la emisión de luz por el sistema de iluminación 54 es controlada por el segundo controlador de efector de extremo 20.

55 La figura 5 es un diagrama de flujo del proceso que muestra ciertas etapas de una realización de un proceso de avellanado.

60 En la etapa s2, el primer robot 10 y el segundo robot 12 están vinculados (o acoplados) juntos. Esto se hace para que, si el primer robot 10 se mueve a una nueva posición desde su posición anterior, el segundo robot 12 se mueve de tal manera que se mantiene la posición del segundo robot 12 con respecto al primer robot 10 (es decir, de tal manera que las posiciones de los robots 10, 12 entre sí se mantienen sustancialmente iguales), y *viceversa*.

65 En esta realización, el primer robot 10 se mueve a una posición programada fuera de línea correspondiente al orificio 4. Esta posición se define en un programa que se ejecuta en el primer controlador de robot 14. El segundo robot 12 se mueve de tal manera que se mantenga la posición relativa entre los robots 10, 12.

En la etapa s4, el segundo controlador de efector de extremo 20 ordena al sistema de iluminación 54 que brille la luz sobre la superficie posterior del panel 2.

5 En la etapa s6, el sistema de iluminación 54 brilla luz sobre la superficie posterior del panel 2. La luz pasa a través del orificio 4 en el panel 2 desde el lado posterior del panel hasta el lado frontal del panel 2.

En la etapa s8, se realiza un proceso de alineación.

10 Este proceso de alineación se describirá con más detalle más adelante con referencia a la figura 6.

Este proceso de alineación se realiza para alinear la herramienta de corte 38 del sistema de perforación 36 con el orificio 4 en el panel 2 (de tal manera que el eje 46 esté alineado tanto con el paso 44 como con el orificio 4).

15 En la etapa s10, el primer robot 10 y el segundo robot 12 no están vinculados (o desacoplados) entre sí. Dicho de otro modo, después de la etapa s10, los robots 10, 12 pueden moverse independientemente uno del otro.

En la etapa s12, se realiza un proceso de normalización.

20 Este proceso de normalización se describirá con más detalle más adelante con referencia a la figura 7.

Este proceso de normalización se realiza para mover el sistema de perforación de tal manera que el eje 46 de la herramienta de corte 38 sea normal (es decir, perpendicular) a la superficie frontal del panel (en el punto de la superficie frontal del panel a perforar, es decir, en el orificio 4).

25 En la etapa s14, el proceso de alineación de la etapa s8 (como se describe con más detalle más adelante con referencia a la figura 6) se puede volver a realizar. Esto puede hacerse para que, si durante el proceso de normalización de la etapa s12, la herramienta de corte 38 se desalinea con el orificio 4, se alinea de nuevo.

30 En la etapa s16, el segundo controlador de robot 18 ordena al segundo robot 12 que se mueva de tal manera que el extremo distal de la pieza de nariz 52 entre en contacto (es decir, presiona contra) con la superficie posterior del panel 2.

35 En la etapa s18, el segundo robot 12 mueve el segundo efector de extremo 13 hacia la superficie posterior del panel 2 hasta que la pieza de nariz 52 entra en contacto con la superficie posterior del panel 2.

En esta realización, la distancia entre la pieza de nariz 52 y la superficie posterior del panel 2 es una distancia conocida. Por lo tanto, el segundo robot 12 mueve el segundo efector de extremo 13 hacia delante hacia la superficie posterior del panel 2 por esta distancia conocida. El movimiento del segundo robot 12 se detiene una vez que la pieza de nariz 52 entra en contacto con la superficie posterior del panel 2.

40 En esta realización, el contacto entre la pieza de nariz 52 y la superficie posterior del panel 2 es de tal manera que el orificio 53 a través de la pieza de nariz 52 rodea el orificio 4 en la superficie posterior del panel 2. Dicho de otro modo, después de la etapa s18, la pieza de nariz 52 está en contacto con la superficie posterior del panel 2, y el orificio 53 a través de la pieza de nariz 52 está alineado con el orificio 4 a través del panel 2.

45 En la etapa s20, el primer controlador de efector de extremo 16 ordena a los cilindros de aire 28 que extiendan el pie de presión 30 desde el primer bastidor 26 hasta que el pie de presión 30 entre en contacto con la superficie frontal del panel 2.

50 En la etapa s22, los cilindros de aire 28 mueven el pie de presión 30 con respecto al primer bastidor 26 hasta que el pie de presión 30 entran en contacto con la superficie frontal del panel 2 (por ejemplo, con el sistema de normalización 31). La extensión del pie de presión 30 desde el primer bastidor 26 se detiene una vez que el pie de presión 30 entra en contacto con la superficie frontal del panel 2. Tal movimiento del pie de presión 30 hace ventajosamente que el panel se sujete entre la pieza de nariz 52 del segundo efector de extremo 13 y el pie de presión 30 del primer efector de extremo 11. Dicho de otro modo, el panel 2 está sujeto entre los efectores de extremo 11, 13 en una posición que es local al orificio 4 (es decir, la fuerza de sujeción se aplica al panel 2 cerca del orificio 4). Esta sujeción del panel 2 es relativamente segura, es decir, de modo que se oponga el movimiento (por ejemplo, desviación o flexión) de al menos la porción del panel 2 que está en o próxima (es decir, cerca) al orificio 4. Dicho de otro modo, la porción del panel 2 que es local al orificio 4 es relativamente inamovible, por ejemplo, por la acción de perforación/avellanado.

60 En la etapa s24, el sensor 32 toma una medición de hasta qué punto se extiende el pie de presión 30 desde el primer bastidor 26 en la etapa s22 y se envía desde el primer efector de extremo 11 al primer controlador de efector de extremo 16.

65 En la etapa s26, el primer controlador de efector de extremo 16 determina qué tan lejos se debe mover la herramienta de corte 38 a lo largo de su eje 46 para perforar, a lo largo del eje del orificio 4 con el que está alineado, a la profundidad

predeterminada deseada.

En esta realización, esta distancia que debe recorrer la herramienta de corte 38 a lo largo de su eje 46 se determina usando (por ejemplo, sumando juntas): (i) la distancia entre la punta de la herramienta de corte 38 y la parte frontal del pie de presión 30 cuando el pie de presión no se ha extendido desde el primer bastidor 26; (ii) la medición por el sensor 32 de qué tan lejos se ha movido el pie de presión 30; y (iii) la profundidad predeterminada. La distancia entre la punta de la herramienta de corte 38 y el frente del pie de presión 30 (cuando el pie de presión 30 no se ha extendido desde el primer bastidor 26) es una distancia conocida (a lo largo del eje 46 de la herramienta de corte 38).

En la etapa s28, el primer controlador de efector de extremo 16 ordena al primer efector de extremo 11 que active la herramienta de corte 38 (usando el husillo) y mueva la herramienta de corte 38 a lo largo de su eje de movimiento longitudinal 46 por la distancia determinada en la etapa s26.

En la etapa s30, el primer efector de extremo 11 mueve el sistema de perforación 36 de acuerdo con las instrucciones recibidas, es decir, para que la herramienta de corte 38 se active y se mueva a lo largo de su eje 46 en la cantidad determinada para perforar en el panel 2 a lo largo de la longitud del orificio 4 hasta la profundidad predeterminada, es decir, para avellanar el orificio 4.

En esta realización, durante el proceso de perforación/avellanado, los sistemas de extracción de virutas 22, 24 se activan para extraer virutas.

En la etapa s32, cuando la herramienta de corte 38 se ha movido para avellanar el orificio 4 a la profundidad predeterminada, y la herramienta de corte ha permanecido durante un período de tiempo predeterminado, el sistema de perforación 36 se retrae del panel 2 (bajo el control del primer controlador de efector de extremo 16).

Los sistemas de extracción de virutas 22, 24 se desactivan una vez que la herramienta de corte 38 se ha retraído del panel 2.

En la etapa s34, bajo control del primer controlador de efector de extremo 16, el pie de presión 30 se retrae de nuevo a su posición inicial con respecto al primer bastidor 26. Así mismo, bajo control del primer controlador de efector de extremo 16, la pata giratoria 34 se gira de tal manera que la cámara se realinee con el paso 44.

En la etapa s36, bajo el control de sus respectivos controladores de robot 14, 18, los primeros y segundos robots 10, 12 se mueven de vuelta a sus posiciones iniciales.

Por lo tanto, se proporciona un proceso de avellanado. Este proceso puede repetirse para cualquier número de orificios perforados a través del panel 2.

La figura 6 es un diagrama de flujo del proceso que muestra ciertas etapas del proceso de alineación realizado en la etapa s8 del proceso de la figura 5. En este proceso, ciertas de las etapas se pueden realizar de forma continua y ciertas etapas se pueden repetir hasta que la herramienta de corte del sistema de perforación 22 esté alineada con el orificio 4 en el panel 2.

En la etapa s40, bajo la acción del primer controlador de efector de extremo 16, la pata giratoria 34 gira de tal manera que la cámara 42 del sistema de visión 40 está alineada con el paso 44 a través del pie de presión 30.

En la etapa s42, usando la cámara 42, el sistema de visión 40 mide la luz que brilla a través del orificio 4 (desde la parte posterior del panel 2 hasta la parte frontal del panel 2) desde el sistema de iluminación 54 del segundo efector de extremo 13.

En la etapa s44, las mediciones realizadas de la luz por la cámara 42 del sistema de visión 40 se envían al primer controlador de robot 14.

En la etapa s46, bajo la acción del primer controlador de efector de extremo 16, la pata giratoria 34 gira de tal manera que el eje 46 de la herramienta de corte 38 está alineada con el paso 44 a través del pie de presión 30.

En la etapa s48, dependiendo de las mediciones de la luz, el primer controlador de robot 14 determina cómo se debe mover el primer robot 10 para alinear el eje 46 de la herramienta de corte 38 (que ahora está alineado con el paso 44) con el del orificio 4. Los valores conocidos de parámetros tales como las posiciones relativas de la cámara 42 y la herramienta de corte 38, propiedades de luz (intensidad, etc.), propiedades del orificio 4 (tamaño, etc.) pueden usarse para determinar este movimiento deseado para el primer efector de extremo 11. Dicho de otro modo, en la etapa s48, las mediciones/imágenes capturadas en la etapa s42 son analizadas por el primer controlador de robot 14 para determinar la posición del centro del orificio 4. El primer controlador de robot 14 calcula entonces la posición en la que el primer robot 10 debe mover el primer efector de extremo 11 a, de modo que el eje 46 de la herramienta de corte 38 esté alineado con el centro del orificio 4.

En la etapa s52, el primer controlador de robot 14 mueve el primer robot 10 de acuerdo con la información determinada (es decir, de tal manera que el primer efector de extremo 11 se mueve de modo que el eje 46 de la herramienta de corte 38 esté alineado con el del orificio 4 en el panel 2).

- 5 Por lo tanto, se proporciona un proceso de alineación mediante el cual el eje 46 de la herramienta de corte 38 está alineado con el del orificio 4 en el panel 2.

El diagrama de flujo del proceso de la figura 7 muestra ciertas etapas del proceso de normalización realizado en la etapa s12 del proceso de la figura 5.

- 10 En la etapa s60, el primer controlador de efector de extremo 16 ordena al sistema de normalización 31 que extienda cada uno de sus dispositivos de medición de contacto hasta que cada dispositivo de medición de contacto entre en contacto con la superficie frontal del panel 2.

- 15 En la etapa s62, cada uno de los dispositivos de medición de contacto del sistema de normalización 31 se extiende desde la superficie frontal del pie de presión 30 hasta que cada dispositivo de medición de contacto entre en contacto con la superficie frontal del panel 2. La extensión de un dispositivo de medición de contacto se detiene una vez que entra en contacto con la superficie frontal del panel 2. Esta detención de la extensión de los miembros extensibles puede ser el resultado de la fuerza resistiva aplicada al miembro extensible, por el panel 2, cuando el miembro extensible entra en contacto con la superficie frontal del panel 2. Dicho de otro modo, la superficie frontal del panel 2 puede impedir una mayor extensión de los miembros extensibles.

- 20 La figura 8 es una ilustración esquemática (no a escala) que muestra una vista lateral de los dispositivos de medición de contacto 70 del sistema de normalización 31 después de haber sido extendido desde el sistema de normalización 31 (lejos de la superficie frontal del pie de presión 30) hasta que la medición de contacto los dispositivos entran en contacto con la superficie frontal del panel 2 (próxima, es decir, local, al orificio 4).

- 25 En esta realización, ya que el sistema de normalización 31 rodea el paso 44, y el paso 44 se ha alineado con el orificio 4 en el panel 2 (por el rendimiento del proceso de alineación descrito anteriormente con referencia a la figura 6), cuando los dispositivos de medición de contacto se extienden para entrar en contacto con la superficie frontal del panel 2, los puntos sobre la superficie del panel 2 que están en contacto están próximos al orificio 4. En particular, en esta realización los puntos de contacto rodean el orificio 4.

- 30 En la etapa s64, una medición de hasta qué punto se extiende cada uno de los cinco dispositivos de medición de contacto en la etapa s62 se envía desde el sistema de normalización 31 al primer controlador de robot 14.

- 35 En la etapa s66, usando las mediciones recibidas, el primer controlador de robot 14 determina el plano de la superficie frontal del panel. En particular, se calcula el plano de una porción de la superficie frontal del panel 2 que está próxima al orificio 4.

- 40 En la etapa s68, usando el plano calculado, el primer controlador de robot 14 determina la normal de ese plano.

- 45 En la etapa s70, usando la normal determinada, el primer controlador de robot 14 determina cómo se debe mover el primer efector de extremo 11 para alinear el eje 46 de la herramienta de corte 38 con la normal determinada.

- En la etapa s72, el movimiento determinado del primer efector de extremo 11 que alinearía el eje 46 de la herramienta de corte 38 con la normal determinada al panel se envía desde el primer controlador de robot 14 al primer robot 10.

- 50 En la etapa s74, el primer controlador de robot 14 mueve el primer robot 10 de acuerdo con la información recibida (es decir, de tal manera que el primer efector de extremo 11 se mueve de modo que el eje 46 de la herramienta de corte 38 esté alineado con la normal determinada al panel 2).

- 55 Por lo tanto, se proporciona un proceso de alineación mediante el cual el eje 46 de la herramienta de corte 38 se alinea con una normal a la porción del panel 2 que es local al orificio 4. Este proceso de normalización proporciona que la dirección de movimiento de la herramienta de corte 38 tiende a alinearse con la dirección del orificio 4 a través del panel 2.

- 60 Una ventaja del proceso de avellanado proporcionado anteriormente es que el proceso se realiza usando robots industriales "fuera de la plataforma" disponibles comercialmente. Además, tiende a ser posible usar los mismos robots para realizar el proceso de avellanado/perforación en cualquier tipo de panel o parte, y en cualquier forma de panel o parte. Por lo tanto, el uso de máquinas herramientas relativamente caras tiende a evitarse ventajosamente.

- 65 Los robots usados en el proceso de avellanado descrito anteriormente pueden usar herramientas de corte de diferentes tamaños/formas. Por lo tanto, los robots pueden usarse para realizar muchos tipos de operaciones de perforación/avellanado. Para tener en cuenta los diferentes tamaños/formas de herramientas de corte, un tamaño (por ejemplo, una longitud) de una herramienta de corte se puede medir con precisión en un preajustador Kelch. Estos

datos, junto con otros datos, por ejemplo, como el número de herramienta, vida útil de la herramienta, etc., puede almacenarse en un chip de identificación por radiofrecuencia (RFID) conectado al portabrocas. Cuando se selecciona una herramienta de un cambiador de herramientas, los datos almacenados en el chip RFID pueden ser leídos por un lector vinculado a la unidad de control. El sistema puede entonces determinar, por ejemplo, qué herramienta está usando, cuántos orificios puede perforar antes de que la herramienta deba cambiarse, y la longitud de la herramienta. La longitud de la herramienta se puede usar para determinar qué tan lejos a lo largo de su eje se debe mover la herramienta de corte para perforar en un panel/parte a una profundidad predeterminada deseada. La vida útil de la herramienta puede controlarse ventajosamente disminuyendo la vida útil disponible de una herramienta cada vez que se avellana un orificio con esa herramienta, y almacenando la vida útil disminuida de la herramienta en el chip RFID para esa herramienta.

Una ventaja adicional del proceso de avellanado proporcionado anteriormente es que el proceso se realiza usando una fijación industrial "fuera de la plataforma" disponible comercialmente. Además, tiende a ser posible usar la misma fijación en el rendimiento del proceso de avellanado/perforación en cualquier tipo de panel o parte, y en cualquier forma de panel o parte. La fijación usada en el proceso descrito anteriormente solo se usa para mantener la parte de manera relativamente floja, mientras que las fijaciones a medida usadas convencionalmente deben mantener una parte de forma segura para que no se doble ni se desvíe durante la perforación. La fijación no necesita estar realizada a medida para la parte que se está perforando. Por lo tanto, el uso de fijaciones a medida relativamente caras tiende a evitarse ventajosamente.

La pieza de nariz del segundo efector de extremo, que tiene la forma del tronco de un cono con un orificio a través de su estructura a lo largo de su eje, proporciona ventajas adicionales. El orificio a través de la pieza de nariz es lo suficientemente grande como para permitir ventajosamente que pase suficiente luz a través para la detección por la cámara del sistema de visión. El orificio a través de la pieza de nariz es lo suficientemente pequeño como para permitir una extracción eficaz de virutas mediante el segundo sistema de extracción de virutas a través del orificio en la pieza de nariz. El ahusamiento de la pieza de nariz es de tal manera que la parte frontal de la pieza de nariz se puede colocar en contacto con la superficie posterior del panel, incluso si esa superficie es curva. El diámetro del frente de la pieza de nariz y el diámetro del orificio, tienen un tamaño ventajoso para proporcionar un buen soporte al panel durante el avellanado, e impedir u oponerse a la deformación y/o deslizamiento del panel en al menos una porción del panel que está próxima al orificio.

Durante la perforación, ventajosamente, el segundo robot tiende a estar en contacto con la superficie posterior del panel/parte que se está perforando. Esto tiende a proporcionar que el segundo robot aplique al panel una fuerza igual y opuesta a la aplicada durante la perforación por el primer robot. Dicho de otro modo, el panel está asegurado (de modo que al menos la porción del panel próxima al punto que se perfora tiende a no doblarse o desviarse durante la operación de perforación) por las acciones del primer y segundo robots. El segundo robot puede comprender un pequeño interruptor de proximidad o celda de carga para detectar cuándo el segundo robot entra en contacto la superficie posterior del panel/parte a medida que avanza hacia él.

En las realizaciones anteriores, el proceso de avellanado se realizó en un panel plano. Sin embargo, en otras realizaciones, el proceso de avellanado puede realizarse en un panel no plano.

Lo que se describirá ahora es una realización de un método para realizar un proceso de avellanado en un panel curvo.

La figura 9 es una ilustración esquemática (no a escala) del panel curvo 100. El panel curvo 100 es el mismo tipo de panel que el panel 2 descrito anteriormente con referencia a la figura 1. Similar al panel 2, el panel curvado 100 comprende otro orificio 102 a través de él, desde una superficie frontal del panel curvado 100 hasta una superficie posterior del panel curvado 100. La superficie frontal del panel curvado 100 es una superficie cóncava. La superficie posterior del panel curvado 100 es una superficie convexa.

El orificio adicional 102 es de diámetro conocido, y la dirección del orificio adicional 102 a través del panel curvo 100 es normal (es decir, perpendicular) a una tangente a una superficie del panel curvo 100 en ese punto.

La figura 10 es un diagrama de flujo del proceso que muestra ciertas etapas de un método de avellanado del orificio adicional 102 del panel curvo 100.

En la etapa s80, un proceso para determinar una distancia adicional, debida a la curvatura del panel curvo 100, se lleva a cabo que la herramienta de corte debe moverse a través con el fin de avellanar el orificio 102 adicional a la profundidad deseada. Este proceso se describirá con más detalle más adelante con referencia a la figura 11.

En la etapa s82, se realiza un proceso de avellanado. En esta realización, el proceso de avellanado realizado en la etapa s62 comprende realizar cada una de las etapas s2 a s36 como se describe anteriormente con referencia a las figuras 5 a 8 (con el panel 2 reemplazado por el panel curvado 100, y el orificio 4 reemplazado por el orificio 102 adicional). Sin embargo, la etapa del primer controlador de efector de extremo 16 que determina qué tan lejos se debe mover la herramienta de corte 38 para avellanar el orificio adicional 102 a la profundidad predeterminada (es decir, la etapa s26 del proceso de avellanado) usa la distancia adicional determinada en la etapa s80.

En particular, en esta segunda realización, en la etapa s26, el primer controlador de efector de extremo 16 determina qué tan lejos se debe mover la herramienta de corte 38 a lo largo de su eje 46 para perforar, a lo largo del eje del otro orificio 102 con el que está alineado, a la profundidad predeterminada. En esta segunda realización, esta distancia que debe recorrer la herramienta de corte 38 a lo largo de su eje 46 se determina usando (por ejemplo, sumando juntas): (i) la distancia entre la punta de la herramienta de corte 38 y la parte frontal del pie de presión 30 cuando el pie de presión no se ha extendido desde el primer bastidor 26; (ii) la medición por el sensor 32 de qué tan lejos se ha movido el pie de presión 30; (iii) la profundidad predeterminada; y (iv) la distancia adicional determinada en la etapa s80.

Por lo tanto, se proporciona un método para realizar un proceso de avellanado en el panel curvo 100.

La figura 11 es un diagrama de flujo del proceso que muestra ciertas etapas de un proceso de para determinar la distancia adicional, debida a la curvatura del panel curvo 104, que la herramienta de corte 38 se debe mover a través con el fin de avellanar el orificio adicional 102 a la profundidad predeterminada (como se realizó en la etapa s80 del proceso de la figura 10).

En la etapa s84, se crea un modelo de Diseño Asistido por Ordenador (CAD) del panel curvo 100. El modelo CAD del panel curvo 100, en lo sucesivo denominado como el "primer modelo CAD", se puede dibujar usando cualquier paquete de software CAD convencional.

En la etapa s86, se crea un modelo de Diseño Asistido por Ordenador (CAD) del pie de presión 30. El modelo CAD del pie de presión 30, en lo sucesivo denominado como el "segundo modelo CAD", se puede dibujar usando cualquier paquete de software CAD convencional. El segundo modelo CAD también puede modelar el sistema de normalización 31.

En la etapa s88, los modelos CAD primero y segundo se usan para modelar cómo el pie de presión 30 y el panel curvo 100 se pondrían en contacto entre sí si el pie de presión 30 se extendiera desde el primer bastidor 26 hasta que entrara en contacto con la superficie frontal (convexa) del panel curvo 100. Este contacto modelado se describe con más detalle más adelante con referencia a la figura 12.

En la etapa s90, usando el modelo del pie de presión de contacto 30 y el panel curvo 100, la distancia adicional, debida a la curvatura del panel curvo 100, se determina que la herramienta de corte 38 es para moverse a través con el fin de avellanar el orificio 102 adicional a la profundidad predeterminada. Esta determinación de la distancia adicional se describe con más detalle más adelante con referencia a la figura 12.

La figura 12 es una ilustración esquemática (no a escala) que muestra el primer modelo CAD 104 (es decir, el modelo CAD del panel curvo 100) y el segundo modelo CAD 106 (es decir, el modelo CAD del pie de presión 30).

El primer modelo CAD 104 comprende un modelo del otro orificio 102. El modelo del otro orificio 102, para mayor comodidad y facilidad de comprensión, ha sido indicado en la figura 12 por el mismo número de referencia que el otro orificio 102 (es decir, el número de referencia 102).

El segundo modelo CAD 106 comprende un modelo del paso 44 en el pie de presión 30 a través del cual se pasa la herramienta de corte 38 durante una operación de perforación/avellanado. El modelo del paso 44, para mayor comodidad y facilidad de comprensión, se ha indicado en la figura 12 con el mismo número de referencia que el paso 44 (es decir, el número de referencia 44). El segundo modelo CAD 106 también puede modelar el sistema de normalización 31 (no se muestra en la figura 12 por razones de claridad).

La superficie convexa 108 del primer modelo 104 está en contacto con la superficie frontal 110 del segundo modelo 106.

Un eje 112 también se muestra en la figura 12. El eje del otro orificio 102 y el eje del paso 44 están alineados a lo largo del eje 112.

Por lo tanto, las posiciones relativas de los modelos CAD 104, 106 que se muestran en la figura 12 son sustancialmente las mismas que las posiciones reales que tendrían el panel curvo 100 y el pie de presión 30 si: (i) el eje del otro orificio 102 y el eje del paso 44 estaban alineados entre sí; y (ii) si el pie de presión 30 se había extendido desde el primer bastidor 26 hasta que entrara en contacto con la superficie frontal (convexa) del panel curvado 100.

En esta realización, el contacto modelado entre el panel curvo 100 y el pie de presión 30 (como se muestra en la figura 12) se usa para determinar la distancia indicada en la figura 12 por una flecha de dos puntas y el signo de referencia d. Esta distancia adicional d es la distancia adicional, debida a la curvatura del panel curvo 100, que la herramienta de corte 38 es para moverse a través (a lo largo del eje 46) con el fin de avellanar el orificio 102 adicional a la profundidad predeterminada.

Si el primer modelo 104 era de un panel plano (por ejemplo, el panel 2 de la primera realización), la totalidad de la superficie frontal 110 del segundo modelo 106 estaría en contacto con la superficie frontal plana 108 del primer modelo 104. Por lo tanto, el valor de la distancia d sería cero. Sin embargo, en esta realización el panel es curvo y por eso la distancia d es distinta de cero. La herramienta de corte 38 también tiene que moverse a través de la distancia adicional d (además de esa distancia tendría que moverse a través si el panel fuera plano). La distancia adicional d puede medirse directamente desde los modelos 104, 106.

Por lo tanto, se proporciona un proceso para determinar una distancia adicional a través de la cual se debe mover la herramienta de corte 38.

Además de las ventajas mencionadas anteriormente para la primera realización, el modelado del panel/parte a perforar, y el pie de presión tiende ventajosamente a proporcionar que se pueda determinar cualquier distancia adicional requerida que debe recorrer la herramienta de corte para perforar a una profundidad deseada.

Por lo tanto, el sistema y método descritos anteriormente tienden a proporcionar que es posible perforar/avellanar a una profundidad predeterminada en una superficie curva (o no plana).

Los aparatos, incluyendo los controladores 14, 16, 18, 20, para implementar la disposición anterior y realizar las etapas del método que se describirán más adelante, pueden proporcionarse configurando o adaptando cualquier aparato adecuado, por ejemplo, uno o varios ordenadores u otros aparatos de procesamiento o procesadores, y/o proporcionar módulos adicionales. El aparato puede comprender un ordenador, una red de ordenadores, o uno o varios procesadores, para implementar instrucciones y usar datos, incluyendo instrucciones y datos en forma de un programa informático o pluralidad de programas informáticos almacenados en un medio de almacenamiento legible por máquina, tal como la memoria del ordenador, un disco de ordenador, ROM, PROM, etc., o cualquier combinación de estos u otros medios de almacenamiento.

Debe tenerse en cuenta que ciertos de las etapas del proceso representados en los diagramas de flujo de las figuras 5 a 7, 9 y 10, y descritos anteriormente, pueden omitirse o tales etapas del proceso pueden realizarse en un orden diferente al presentado anteriormente y mostrado en las figuras. Además, aunque todas las etapas del proceso, para mayor comodidad y facilidad de comprensión, han sido representadas como etapas secuencialmente temporales discretas, sin embargo, algunas de las etapas del proceso pueden realizarse simultáneamente o al menos superpuestas en cierta medida temporalmente.

En las realizaciones anteriores, el proceso de avellanado se realiza sobre un panel (plano o no plano). El panel está realizado de fibra de carbono y es para fijar a una estructura para formar un fuselaje. Sin embargo, en otras realizaciones, el proceso de avellanado se realiza en un tipo diferente de parte, por ejemplo, una parte realizada de uno o varios tipos diferentes de material, o una parte para un propósito diferente.

En las realizaciones anteriores, el proceso realizado en el panel/parte es un proceso de avellanado (para avellanar un orificio perforado previamente). Sin embargo, en otras realizaciones, el proceso realizado es un tipo diferente de proceso de perforación/corte, por ejemplo, un proceso de perforación de orificios en una parte/panel, que, por ejemplo, puede ser avellanado más tarde.

En las realizaciones anteriores, el sistema de normalización comprende cinco dispositivos de medición de contacto, cada uno de los cuales se extiende para entrar en contacto con la superficie frontal del panel. Las mediciones de estos cinco dispositivos se usan para calcular la normal de la superficie con la que se alineará la herramienta de corte. Sin embargo, en otras realizaciones, el sistema de normalización comprende un número diferente de dispositivos de medición de contacto (por ejemplo, tres o cuatro). El uso de cinco dispositivos de medición de contacto tiende a proporcionar ventajosamente un mayor grado de redundancia que tres o cuatro. En otras realizaciones, las mediciones de la distancia entre el primer robot y el panel se pueden tomar usando un tipo diferente de sistema, por ejemplo, un sensor de alcance láser.

En las realizaciones anteriores, el contacto entre un panel/parte y el pie de presión se modela usando modelos CAD del panel/parte y el pie de presión. Sin embargo, en otras realizaciones, el contacto entre la parte/panel y el pie de presión puede determinarse de manera diferente, por ejemplo, usando uno o varios tipos diferentes de modelos de la parte/panel y/o pie de presión.

REIVINDICACIONES

1. Aparato de perforación para avellanar un orificio perforado previamente (4) formado en una parte (2, 100), estando el orificio perforado previamente (4) desde un primer lado de la parte (2, 100) hasta un segundo lado de la parte (2, 100), siendo el primer lado opuesto al segundo lado, comprendiendo el aparato:

un primer robot (10);
 un primer miembro (30) acoplado al primer robot (10);
 una herramienta de perforación (38) acoplada al primer robot (10);
 un segundo robot (12); y un segundo miembro (52) acoplado al segundo robot (12); en donde el aparato está dispuesto para presionar los miembros (30, 52) contra los lados opuestos primero y segundo de la parte (2, 100) para mantener la parte (2, 100) e impedir la desviación de al menos una porción de la parte (2, 100) en la que se forma el orificio perforado previamente (4); y
 el primer miembro (30) y la herramienta de perforación (38) están dispuestos de tal manera que la herramienta de perforación (38) avellana el orificio perforado previamente (4) a una profundidad predeterminada mientras los miembros (30, 52) se presionan contra la parte (2, 100), siendo el avellanado desde el lado de la parte (2, 100) presionada por el primer miembro (30), comprendiendo además el aparato:

un sistema de medición de superficie (31) configurado para medir una superficie de la parte (2, 100) en una pluralidad de puntos próximos y que rodean el orificio perforado previamente (4); y
 un procesador de normalización acoplado operativamente al sistema de medición de superficie (31); en donde el procesador de normalización está configurado para, usando las mediciones de la superficie, determinar una acción para el rendimiento de al menos parte del aparato;
 siendo la acción de tal manera que, si fuera realizada por la al menos parte del aparato, la herramienta de perforación (38) se colocaría en un ángulo predeterminado con respecto a la superficie medida de la parte (2, 100); y
 dicha al menos parte del aparato se dispone para realizar la acción antes del avellanado.

2. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde:

el primer miembro (30) es móvil con respecto a la herramienta de perforación (38);
 la presión del primer miembro (30) contra un lado de la parte (2, 100) comprende mover el primer miembro (30) una cierta distancia con respecto a la herramienta de perforación (38); y
 el aparato además comprende:

un sensor (32) configurado para medir la cierta distancia recorrida por el primer miembro (30) con respecto a la herramienta de perforación (38); y un procesador operativamente acoplado al sensor (32) y configurado para determinar, usando la medición del sensor, una distancia que debe recorrer la herramienta de perforación (38) para avellanar el orificio perforado previamente (4) a la profundidad predeterminada.

3. Un método de perforación para avellanar un orificio perforado previamente (4) formado en una parte (2, 100), estando el orificio perforado previamente (4) desde un primer lado de la parte (2, 100) hasta un segundo lado de la parte (2, 100), siendo el primer lado opuesto al segundo lado, comprendiendo el método,

proporcionar un primer robot (10);
 proporcionar un primer miembro (30) acoplado al primer robot (10);
 proporcionar una herramienta de perforación (38) acoplada al primer robot (10);
 proporcionar un segundo robot (12);
 proporcionar un segundo miembro (52) acoplado al segundo robot (12);
 presionar los miembros (30, 52) contra los lados opuestos primero y segundo de la parte (2, 100) para mantener la parte (2, 100) e impedir la desviación de al menos una porción de la parte (2, 100) en el que se forma el orificio perforado previamente (4);
 medir, por un sistema de medición de superficie (31), una superficie de la parte (2, 100) en una pluralidad de puntos próximos a y que rodean el orificio perforado previamente (4); usando las mediciones de la superficie, determinar, por un procesador de normalización acoplado operativamente al sistema de medición de superficie (31), una acción para el rendimiento de al menos parte del aparato, siendo la acción de tal manera que, si fuera realizada por la al menos parte del aparato, la herramienta de perforación (38) se colocaría en un ángulo predeterminado con respecto a la superficie medida de la parte (2, 100); realizar, por dicha al menos parte del aparato, la acción para colocar la herramienta de perforación (38) en el ángulo predeterminado con respecto a la superficie medida de la parte (2, 100); y posteriormente, avellanar, con la herramienta de perforación (38), el orificio perforado previamente (4) a una profundidad predeterminada mientras los miembros (30, 52) se presionan contra la parte (2, 100), siendo el avellanado desde el lado de la parte (2, 100) presionada por el primer miembro (30).

4. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en donde:

el primer miembro (30) es móvil con respecto a la herramienta de perforación (38);
 la presión del primer miembro (30) contra un lado de la parte (2, 100) comprende mover el primer miembro (30)

una cierta distancia con respecto a la herramienta de perforación (38); y
el método comprende, además:

- 5 medir la cierta distancia recorrida por el primer miembro (30) con respecto a la herramienta de perforación (38);
 y
 usando la medición de la cierta distancia, determinar una distancia que debe recorrer la herramienta de
 perforación (38) para avellanar el orificio perforado previamente (4) a la profundidad predeterminada.

Fig. 1

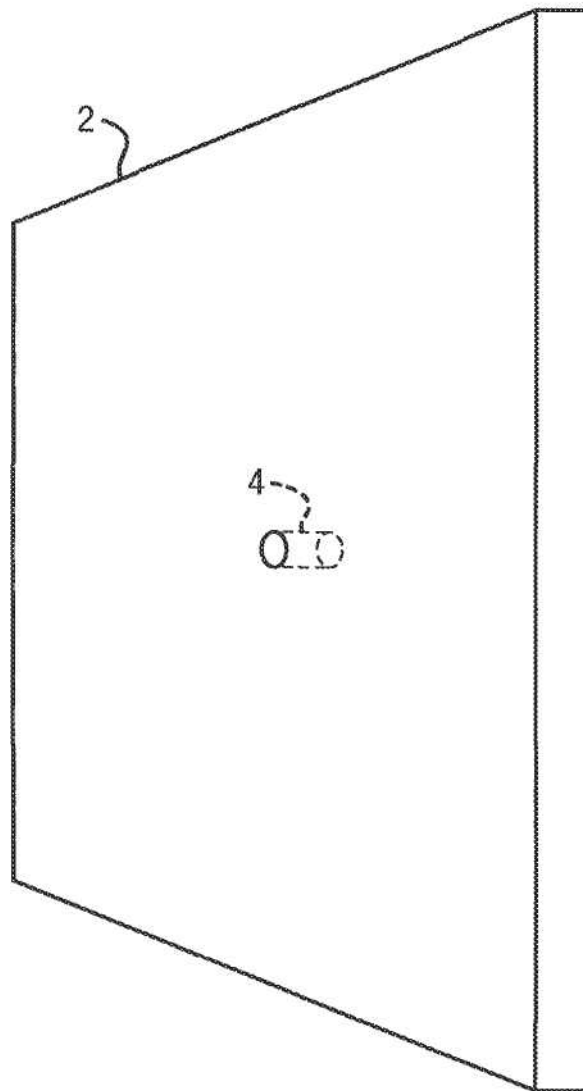


Fig. 2

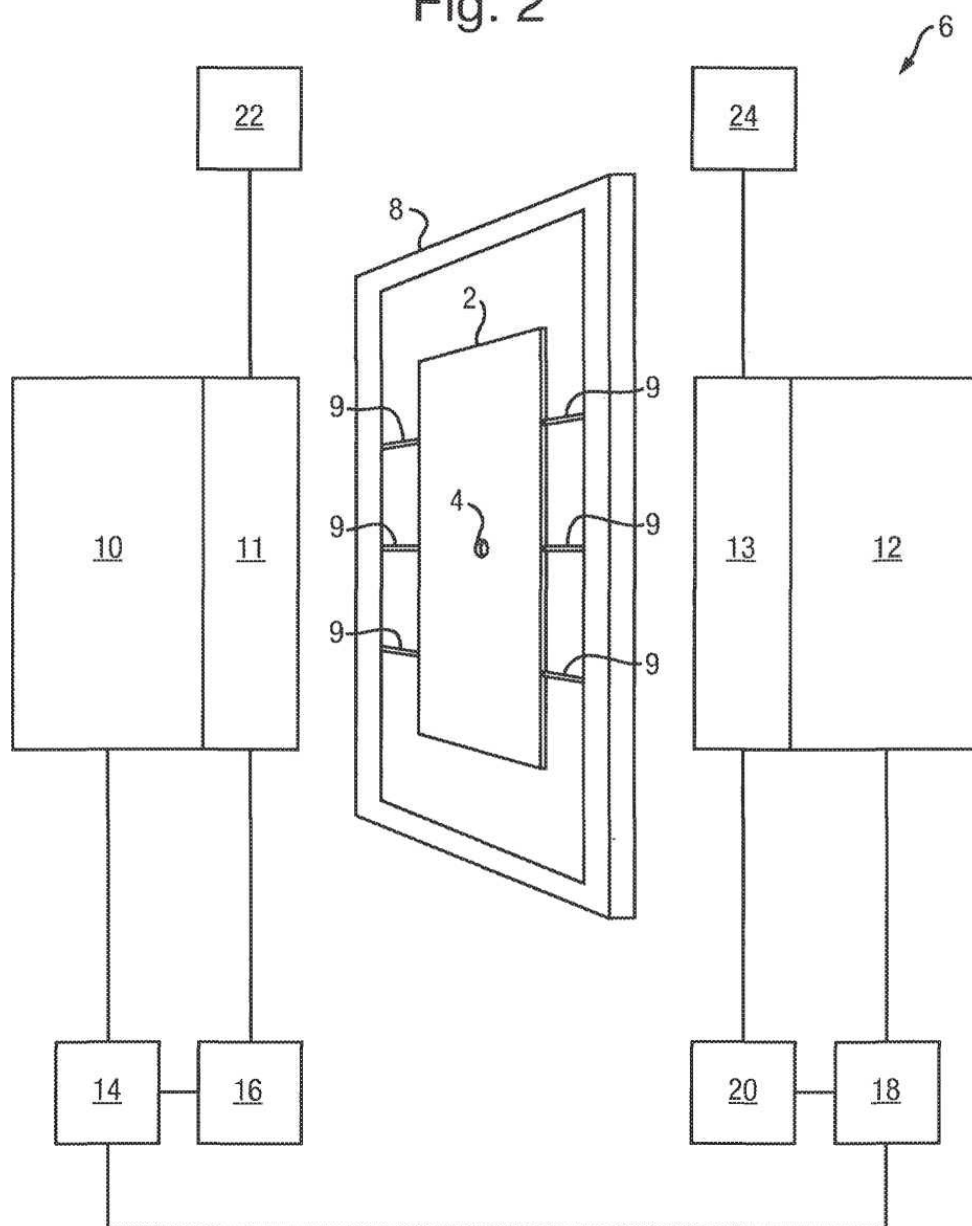


Fig. 3

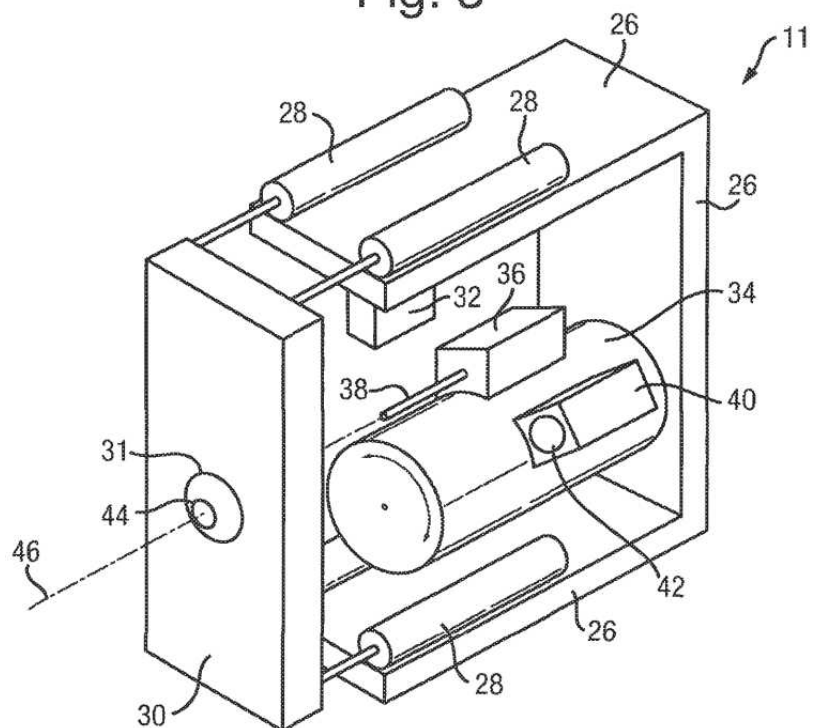


Fig. 4

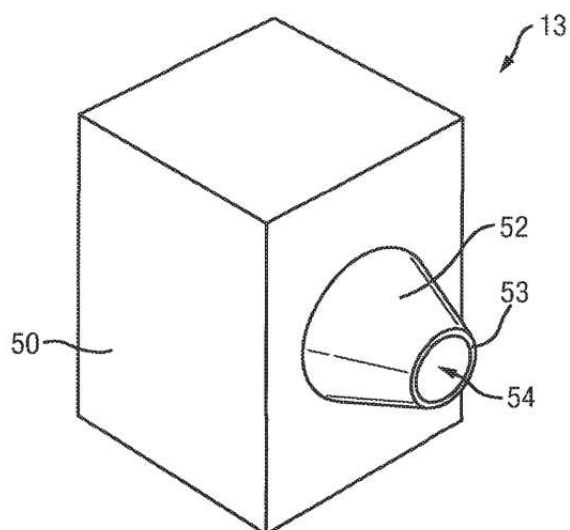


Fig. 5

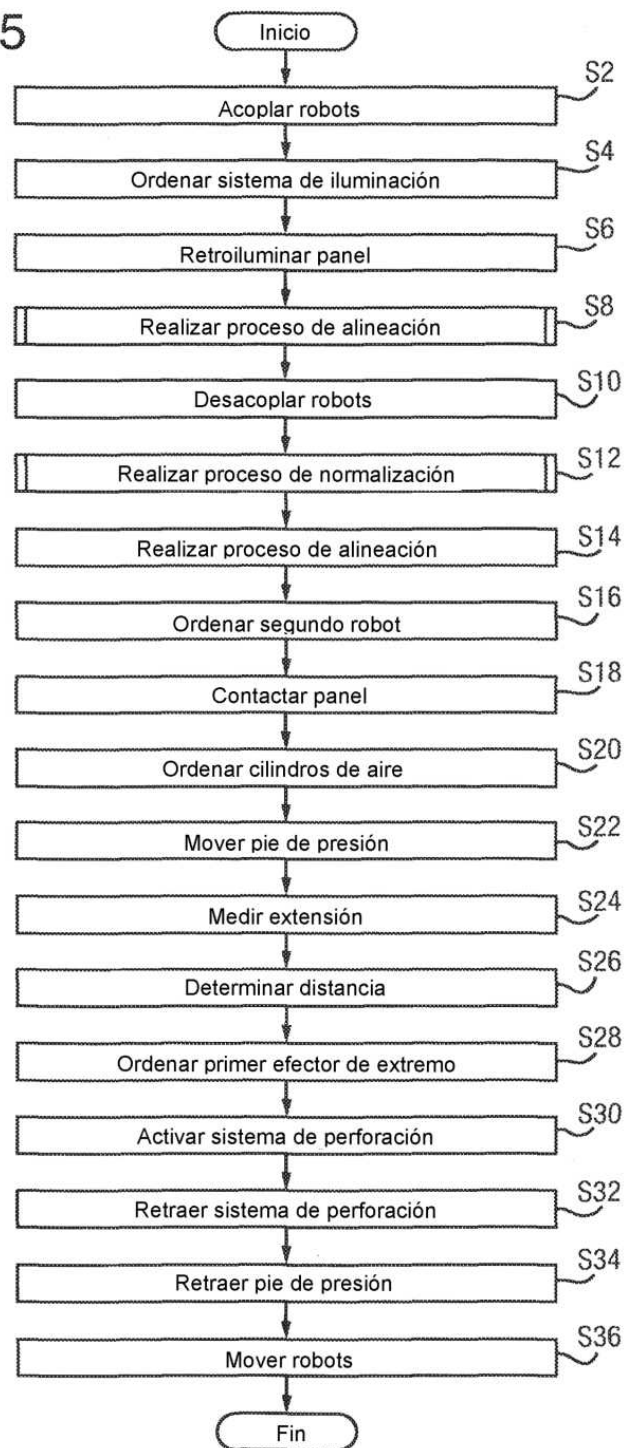


Fig. 6

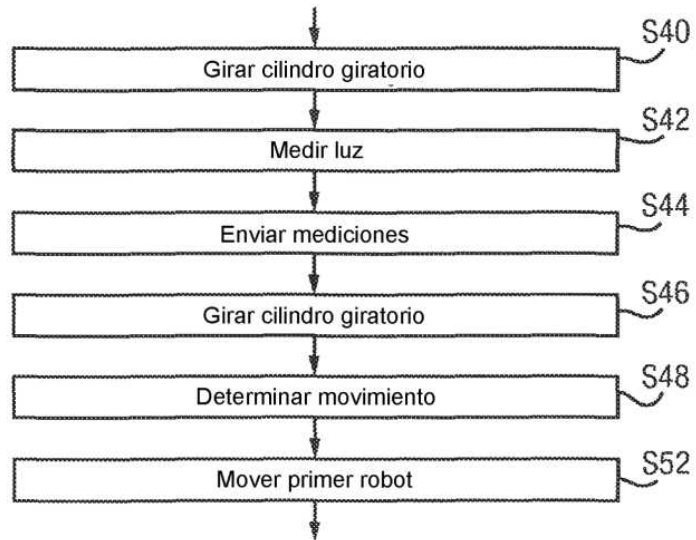


Fig. 7

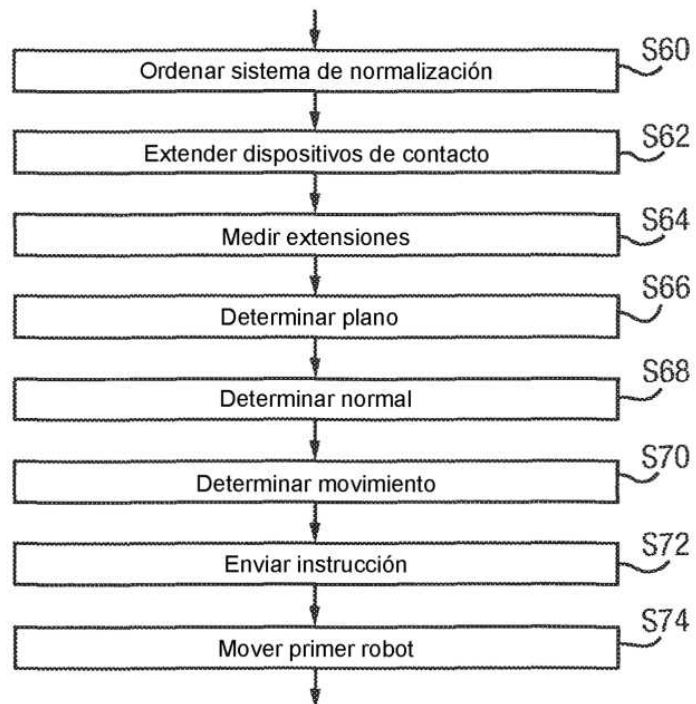


Fig. 8

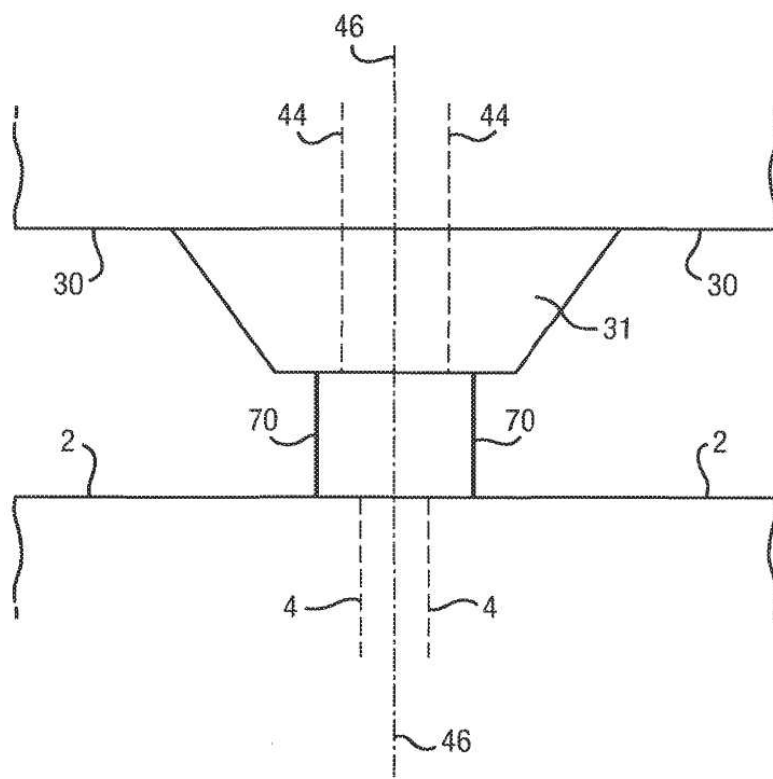


Fig. 9

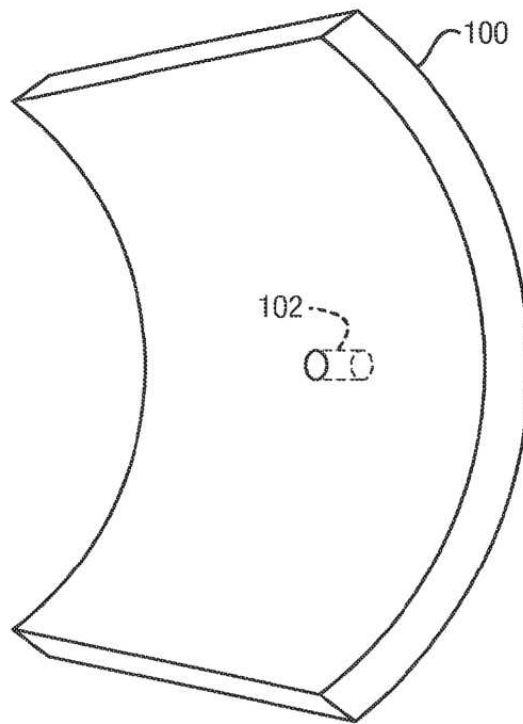


Fig. 10



Fig. 11

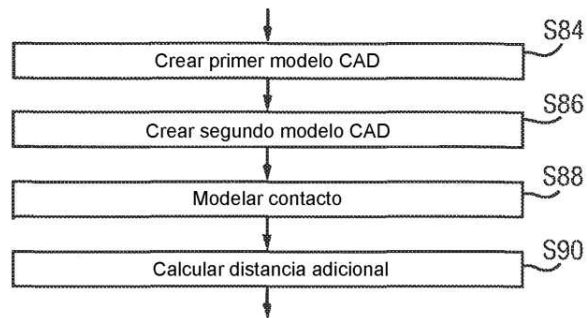


Fig. 12

