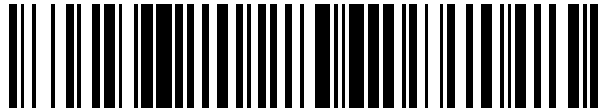


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 800 799**

21 Número de solicitud: 201930579

51 Int. Cl.:

B26D 3/12 (2006.01)

B25J 11/00 (2006.01)

B26D 1/00 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

24.06.2019

43 Fecha de publicación de la solicitud:

04.01.2021

Fecha de concesión:

06.05.2021

45 Fecha de publicación de la concesión:

13.05.2021

73 Titular/es:

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS (50.0%)**

C/ Serrano,117

28006 Madrid (Madrid) ES y

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (50.0%)

72 Inventor/es:

HABER GUERRA, Rodolfo;

CASTAÑO ROMERO, Fernando y

VILLALONGA JAÉN, Alberto

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **Procedimiento y sistema ciberfísico de manipulación y mecanizado de un panel rígido**

57 Resumen:

Procedimiento y sistema ciberfísico de manipulación y mecanizado de un panel rígido, que comprende: recoger, mediante un robot manipulador (1), el panel (100) de una cinta transportadora (4) e introducido en una máquina de corte (2); realizar automáticamente en la máquina de corte (2) un proceso de perfilado y mecanizado de una ranura lateral en el panel (100); extraer, mediante el robot manipulador (1), el panel de la máquina de corte (2) y colocarlo de nuevo sobre la cinta transportadora (4).

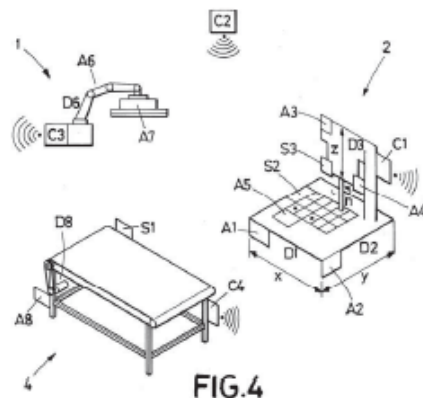


FIG.4

ES 2 800 799 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015.
Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y sistema ciberfísico de manipulación y mecanizado de un panel rígido

5 OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención pertenece en general al campo de la automatización de procesos industriales.

10 Un primer objeto de la presente invención es un nuevo procedimiento que permite realizar de manera automática la manipulación y mecanizado de un panel rígido de una manera rápida y precisa.

Un segundo objeto de la presente invención es un sistema ciberfísico capaz de llevar a cabo
15 el procedimiento descrito.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En la actualidad, los nuevos requisitos de eficiencia energética a causa del cambio climático
20 impulsan la remodelación de la cubierta exterior de muchos edificios con el propósito de mejorar sus capacidades de aislamiento térmico. La remodelación consiste fundamentalmente en la disposición de una cubierta térmicamente aislante que cubre toda la superficie exterior del edificio. Esta cubierta aislante está formada por una pluralidad de paneles de espuma rígida, cuya forma es normalmente paralelepípedica, que se acoplan entre
25 sí y a la superficie exterior del edificio.

La interconexión de los paneles entre sí se lleva a cabo normalmente mediante unos perfiles metálicos que encajan en unas ranuras periféricas practicadas a lo largo de las caras laterales de los paneles. La Fig. 1 muestra un ejemplo de panel (100) aislante que tiene una forma
30 cuadrada. Como se puede apreciar, una ranura (110) de algunos centímetros de profundidad recorre el centro de sus caras laterales (100L). Esta ranura (110) está pensada para recibir un ala de un perfil (200) metálico en forma de T, donde el ala tiene la misma longitud que el panel (100) y una anchura algo menor que la profundidad de la ranura (110). Así, cuando el perfil (200) en forma de T está fijado al panel (100) tal como se muestra en la Fig. 2, un ala
35 opuesta del perfil (200) en forma de T sobresale perpendicularmente de su cara lateral (100L) para su fijación a la correspondiente ranura (110) lateral de un panel (100) contiguo.

Para la fabricación de este tipo de paneles, normalmente se realiza un primer paso de corte de los paneles a partir de una plancha y, posteriormente, se practica la ranura que recorre sus cuatro caras laterales. Estas tareas se realizan de una manera principalmente manual. Normalmente, un operario coloca primero la plancha en una máquina de corte y, a continuación, activa la máquina para realizar el corte de la plancha. Una vez fabricados los paneles, el operario coloca cada panel en otra máquina de corte configurada para la realización ranuras y activa dicha máquina. A modo de ejemplo del tipo de dispositivos empleados en este contexto, puede mencionarse la patente estadounidense US9272346B2 titulada "*Portable foam panel cutting machine*" o el modelo de utilidad chino CN207027731U titulado "*Foam panel cutting machine*".

Un inconveniente de este procedimiento está relacionado con la falta de precisión inherente a cualquier tarea manual. En particular, como se muestra de manera simplificada en la Fig. 3, son especialmente relevantes las imprecisiones en lo que respecta a la ubicación de la ranura (110) lateral. En efecto, si la ranura (110) lateral no es paralela a la cara principal del panel (100) contigua a la cara lateral (100L) en la que se encuentra, resulta luego complicado conectar dicho panel (100) a un panel (100) contiguo con ayuda de un perfil (200).

Otro inconveniente adicional está relacionado con la pérdida de tiempo que se produce durante la manipulación de los paneles durante el proceso de corte, ya que el operario debe coger cada panel y colocarlo adecuadamente en la máquina de corte antes de proceder a su corte mediante la máquina. Esta tarea resulta además potencialmente peligrosa y proclive a accidentes.

25 DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Los inventores de la presente solicitud resuelven los problemas anteriores a través de un procedimiento de manipulación y mecanizado que está completamente automatizado. Concretamente, el procedimiento está configurado para coger un panel de una cinta transportadora, llevar a cabo un proceso de perfilado y mecanizado de la ranura, y devolver el panel de nuevo a la cinta. Además, el proceso de mecanizado de la ranura incluye un proceso adicional de medida que asegura que la ranura será exactamente paralela a la arista contigua. Por tanto, el procedimiento de la invención no solo es mucho más rápido que el método de fabricación actual, sino que además es también mucho más preciso.

35 Se definen a continuación algunos términos empleados a lo largo de la descripción de este

documento.

5 Robot manipulador: Se trata de un dispositivo manipulador programable que tiene varios grados de libertad, y que es capaz de manipular materiales, piezas, herramientas o elementos especiales, siguiendo trayectorias variables programadas para realizar tareas diversas.

10 Máquina de corte: Es una máquina o dispositivo de 3 ejes con dispositivo lógico programable y cambiador automático de herramienta de corte que se utiliza para dar forma a piezas sólidas. Por ejemplo, puede tratarse de una máquina-herramienta. El mecanizado de la pieza se realiza por la eliminación de una parte del material, que se puede realizar por arranque de viruta, por estampado, corte o electroerosión. La máquina de corte dispone normalmente de una mesa de trabajo y un cabezal móvil. La mesa de trabajo está configurada para recibir e inmovilizar la pieza en bruto, mientras que el
15 cabezal recibe la herramienta deseada y, mediante un desplazamiento según trayectorias programadas, provoca el mecanizado de la pieza en cuestión.

20 Cinta transportadora: Una cinta o banda transportadora, o transportador de banda, es un sistema de transporte continuo formado por una banda continua que se desplaza movida por unos tambores rotativos.

25 Manipulación: Este término se refiere a las acciones que el robot manipulador realiza sobre el panel en los diferentes pasos de la presente invención, como por ejemplo agarrarlo, desplazarlo, soltarlo en una ubicación determinada etc.

Perfilado: Se refiere una operación de arranque de material de la superficie de las caras laterales del panel para asegurar que dichas caras laterales son paralelas y tienen unas dimensiones predeterminadas.

30 Mecanizado de ranura: Se refiere a la realización de una ranura perimetral a lo largo de las caras laterales del panel.

35 Sistema ciberfísico: El término "*sistema ciberfísico*" hace referencia en este documento al conjunto del sistema físico y el controlador, que integra capacidades de computación, almacenamiento y comunicación (véase, por ejemplo, el documento de B. R. Ferrer, W. M. Mohammed, J. L. Martinez Lastra, A. Villalonga, G. Beruvides, F. Castano, and R. E.

Haber, "Towards the Adoption of Cyber-Physical Systems of Systems Paradigm in Smart Manufacturing Environments," in Proceedings - IEEE 16th International Conference on Industrial Informatics, INDIN 2018, 2018, pp. 792-799, <https://doi.org/10.1109/INDIN.2018.8472061>). Además, los sistemas ciberfísicos actuales permiten nuevas estrategias de monitorización de los procesos de fabricación (véase, por ejemplo, el documento de A. Villalonga, G. Beruvides, F. Castano, and R. Haber, "Industrial cyber-physical system for condition-based monitoring in manufacturing processes," in Proceedings - 2018 IEEE Industrial Cyber-Physical Systems, ICPS 2018, 2018, pp. 637-642, <https://doi.org/10.1109/ICPHYS.2018.8390780>), así como nuevos métodos de optimización (véase, por ejemplo, el documento de R. E. Haber, G. Beruvides, R. Quiza, and A. Hernandez, "A simple multi-objective optimization based on the cross-entropy method" IEEE Access, Article vol. 5, pp. 22272-22281, 2017, Art. no. 8070310.<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2764047>).

Un primer aspecto de la invención está dirigido a un procedimiento para manipular y mecanizar un panel rígido. Normalmente, se trata de un panel de espuma rígida del tipo empleado en el aislamiento térmico de edificios, aunque la invención es aplicable a otros tipos de paneles. En cualquier caso, el panel tiene forma de paralelepípedo con una cara principal superior, una cara principal inferior, y cuatro caras laterales ubicadas entre las caras principales superior e inferior, y es suministrado a través de una cinta transportadora. El procedimiento comprende principalmente los siguientes pasos:

1. Detener la cinta transportadora cuando el panel llega a una posición de inicio.

La posición de inicio es una posición predefinida ubicada junto a un robot manipulador que, como se describirá más adelante, manipulará el panel durante el desarrollo del procedimiento de la invención. Para asegurar que la cinta transportadora se detiene en el momento preciso, preferentemente se emplea un primer sensor de presencia que detecta que el panel ha llegado a dicha posición de inicio. Así, cuando se detecta la presencia de un panel en la posición de inicio, se ordena la detención de la cinta transportadora

2. Recoger, mediante un robot manipulador, el panel de la posición de inicio y colocar dicho panel apoyado sobre su cara principal inferior en una posición de mecanizado sobre una mesa de trabajo dentro de una máquina de corte que dispone de un controlador lógico programable o un control numérico.

En este paso, por tanto, el robot manipulador lleva a cabo una secuencia de movimientos predefinida donde su extremo libre se aproxima a la cara superior del panel hasta contactar con ella, agarra entonces el panel, y a continuación realiza otra secuencia de movimientos predefinida para trasladar el panel hasta una posición de mecanizado sobre la mesa de trabajo que está situada en el interior de la máquina de corte. Una vez hecho esto, el robot manipulador suelta el panel y sale del interior de la máquina de corte.

En principio, la recogida del panel por parte del robot manipulador puede realizarse de diferentes modos dependiendo del tipo de actuador ubicado en su extremo libre. Sin embargo, en una realización preferida de la invención, el robot dispone de unas ventosas neumáticas de fijación que permiten agarrar o soltar el panel en función de la aplicación o no de vacío. Por tanto, en este caso concreto, el paso de recoger y soltar el panel por parte del robot manipulador se realiza activando o desactivando un actuador neumático que provoca la succión de las ventosas dispuestas en el extremo libre del robot manipulador.

3. Fijar el panel a la mesa de trabajo de la máquina de corte.

Este paso puede también llevarse a cabo de diferentes modos siempre que la fijación sea suficientemente firme como para evitar cualquier movimiento del panel durante el proceso de mecanizado posterior. Por ejemplo, en una realización particularmente preferida de la invención, la mesa de trabajo comprende también unas ventosas neumáticas de fijación para sujetar o liberar el panel. Por tanto, en este caso el paso de fijar o liberar el panel en la mesa de trabajo de la máquina de corte se realiza activando o desactivando un actuador neumático que provoca la succión de las ventosas dispuestas sobre la mesa de trabajo.

El procedimiento de la invención puede comprender además un paso de detectar, mediante un segundo sensor de presencia, que el panel se encuentra sobre la mesa de trabajo antes de proceder al paso de fijar el panel a dicha mesa de trabajo. Ello permite concatenar de manera segura las acciones realizadas por el robot manipulador con aquellas realizadas por la máquina de corte, ya que ésta solo comienza a realizar su parte del proceso cuando detecta que el panel está efectivamente ubicado sobre la mesa de trabajo.

4. Coger, mediante un cabezal de la máquina de corte, una fresa de un cargador de herramientas y realizar con ella un perfilado de las caras laterales del panel.

5 La máquina de corte dispone de un cargador de herramientas que aloja una o más herramientas, y está configurada para que el cabezal coja una u otra herramienta en función de la tarea a llevar a cabo. En este paso, el cabezal de la máquina de corte realiza una secuencia de movimientos predefinidos en la cual se acerca al cargador de herramientas y acopla la fresa a un elemento de fijación diseñado al efecto que está ubicado en su extremo, por ejemplo, en forma de mordaza o similar.

10 Una vez la fresa está fijada al cabezal, éste se desplaza a la posición de mecanizado donde se encuentra el panel ubicado sobre la mesa de trabajo y, una vez activada la fresa, recorre las cuatro caras laterales del panel. De ese modo, se realiza un perfilado completo de las cuatro caras laterales consistente en una extracción de material para asegurar que tienen unas determinadas dimensiones preestablecidas.

- 15 5. Determinar, mediante un sensor de distancia fijado al cabezal de la máquina de corte y orientado verticalmente hacia abajo, la posición de las aristas del panel entre la cara principal superior y las caras laterales.

20 En efecto, con el propósito de asegurar que la ranura que se mecaniza en un paso posterior es perfectamente paralela a dichas aristas, es importante ubicar de manera precisa la posición de las aristas del panel. Como se describirá más adelante en este documento, esto permite evitar los errores de posicionamiento u orientación de la ranura que se producen en la técnica anterior. Por tanto, en la presente invención se fija un sensor de distancia al cabezal de la máquina de corte

25 y se utiliza para medir la posición de las aristas.

30 La medida de la posición de las aristas podría realizarse de diferentes modos, aunque preferentemente este paso comprende:

- 35 - Colocar el cabezal de modo que el sensor de distancia está en una posición situada verticalmente encima de una arista del panel.
- Desplazar el cabezal en paralelo a las aristas del panel de modo que

una zona de medida sensor de distancia recorre las aristas del panel, determinando en cada momento la distancia entre el sensor de distancia y las aristas del panel.

- 5 6. Soltar, mediante el cabezal de la máquina de corte, la fresa en el cargador de herramientas y sustituirla por un disco de corte también almacenado en el cargador de herramientas.
- 10 7. Mecanizar, mediante el disco de corte acoplado al cabezal de la máquina de corte, una ranura perimetral a lo largo de las caras laterales del panel, donde la posición de las aristas del panel determinada en el paso anterior se utiliza para asegurar que la ranura perimetral es paralela en cada cara lateral a la correspondiente arista entre dicha cara lateral y la cara principal superior.
- 15 Más concretamente, el módulo de control numérico de la máquina de corte lleva el disco de corte a una posición ubicada una distancia determinada por debajo de la posición de la arista contigua a la cara lateral en la que se va a mecanizar la ranura. A continuación, una vez activada la rotación del disco de corte, el cabezal desplaza dicho disco de corte a lo largo de la cara lateral manteniendo siempre esa distancia.
- 20 De ese modo, se asegura que la distancia entre la cara superior y la ranura es la deseada para cada una de las ranuras.
- 25 8. Liberar la fijación del panel a la mesa de trabajo de la máquina de corte. Para ello, se detiene la succión aplicada a las ventosas ubicadas en la mesa de trabajo de la máquina de corte
- 30 9. Mediante el robot manipulador, recoger el panel de la posición de mecanizado y soltarlo en la ubicación de inicio sobre la cinta transportadora. Esto implica la realización de nuevo de una secuencia preprogramada de movimientos por parte del robot manipulador, que vuelve a entrar en la máquina de corte y, gracias a la activación de las ventosas de su extremo libre, coge el panel. A continuación, el robot manipulador saca el panel de la máquina de corte y lo suelta sobre la cinta transportadora en la misma posición de la que la recogió con anterioridad.
- 35 Este procedimiento permite mecanizar las ranuras de los paneles rígidos de una manera más rápida y precisa que utilizando el procedimiento manual actual.

Un segundo aspecto de la presente invención está dirigido a un sistema ciberfísico para la manipulación y mecanizado de un panel del tipo descrito anteriormente. El sistema comprende principalmente una cinta transportadora, una máquina de corte, un robot manipulador, y un medio central de procesamiento que controla el funcionamiento de los elementos anteriores.

5 A continuación, se describe cada uno de ellos con mayor detalle:

a) Cinta transportadora

10 Se trata de la cinta transportadora a través de la cual se suministra el panel. Además, de acuerdo con una realización particularmente preferida de la invención, la cinta transportadora comprende además un primer sensor de presencia configurado para detectar que el panel ha llegado a la posición de inicio. Así, cuando dicho sensor de presencia indica que un panel ha llegado a la posición de inicio situada junto al robot

15 manipulador, se ordena la detención de la cinta transportadora.

b) Máquina de corte

20 La máquina de corte puede tener tres ejes y un cabezal móvil o husillo, además de un dispositivo de cómputo programable y con comunicaciones, por ejemplo un control numérico abierto con comunicaciones alámbricas e inalámbricas. Puede tratarse, por ejemplo, de una máquina-herramienta.

25 La máquina de corte está configurada para recibir el panel en una posición de mecanizado de una mesa de trabajo apoyado sobre la cara principal inferior. Para ello, puede disponer de una abertura o ventana a través de la cual puede entrar el robot manipulador para dejar o recoger el panel.

30 Adicionalmente, la máquina de corte comprende un sensor de distancia fijado al cabezal y orientado verticalmente hacia abajo para determinar la posición de las aristas del panel entre la cara principal superior y las caras laterales, es decir, la posición de las aristas superiores del panel teniendo en cuenta su posición sobre la mesa de trabajo.

35 La máquina de corte comprende también una fresa acoplable al cabezal para perfilar el panel y un disco de corte acoplable al cabezal para mecanizar una ranura perimetral

a lo largo de las caras laterales del panel. Durante el proceso de mecanizado de la ranura, la posición de las aristas del panel determinada anteriormente se utiliza para asegurar que la ranura perimetral es paralela en cada cara lateral a la correspondiente arista entre dicha cara lateral y la cara principal superior, evitándose posibles imprecisiones en cuanto a posición u orientación de la ranura.

5

La fijación del panel a la mesa de trabajo puede implementarse de diferentes formas siempre que permitan un acoplamiento/desacoplamiento automático a voluntad. Por ejemplo, de acuerdo con una realización preferida de la invención, la mesa de trabajo de la máquina de corte comprende un actuador neumático configurado para provocar la succión de unas ventosas dispuestas sobre la misma en la posición de mecanizado.

10

De acuerdo con una realización particularmente preferida de la invención, la máquina de corte comprende además un sensor de presencia orientado hacia la posición de mecanizado sobre la mesa de trabajo para detectar la presencia de un panel en su interior. De ese modo, se evitan posibles errores en caso de que el robot manipulador no haya colocado adecuadamente el panel sobre la mesa de trabajo.

15

c) Robot manipulador

20

El robot manipulador está configurado para, antes del proceso de mecanizado, recoger el panel de una posición de inicio de la cinta transportadora e introducirlo sobre una mesa de trabajo de la máquina de corte y, después del proceso de mecanizado, recoger el panel de la posición de mecanizado sobre la mesa de trabajo de la máquina de corte y colocarlo de nuevo en la posición de inicio de la cinta transportadora. En principio, puede utilizarse cualquier robot manipulador capaz de realizar estas tareas, por ejemplo, un robot manipulador de seis grados de libertad.

25

El mecanismo de agarre del robot manipulador puede ser cualquiera siempre que permita coger y soltar el panel a voluntad. Sin embargo, en una realización particularmente preferida de la invención, el robot manipulador comprende un actuador neumático configurado para provocar la succión de unas ventosas dispuestas en su extremo libre para recoger el panel.

30

d) Medio central de procesamiento

35

Se trata de un medio de procesamiento que controla el funcionamiento de la cinta transportadora, la máquina de corte y el robot manipulador. En principio, el medio de procesamiento puede ser de cualquier tipo siempre que disponga de la potencia de cálculo y de un número de entradas y salidas suficiente para gestionar el funcionamiento del sistema de la invención. Por ejemplo, en realizaciones preferidas de la invención puede tratarse de un microcontrolador, un microprocesador, un ASIC, un DSP, una FPGA, un ordenador personal, u otros.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

10 La Fig. 1 muestra una vista en perspectiva de un panel de aislamiento rígido según la técnica anterior y un perfil que encaja en la ranura de dicho panel.

15 La Fig. 2 muestra una vista en perspectiva del panel de aislamiento rígido de la Fig. 1 según la técnica anterior ya con el perfil acoplado a su ranura.

La Fig. 3 muestra una vista en perspectiva de un panel de aislamiento rígido según la técnica anterior con una ranura mal posicionada.

20 La Fig. 4 muestra un diagrama esquemático del sistema de acuerdo con la presente invención.

La Fig. 5 muestra un diagrama de flujo de las comunicaciones entre los diferentes elementos que componen el sistema ciberfísico de la presente invención.

25 La Fig. 6 muestra una vista en perspectiva del sistema ciberfísico de la invención con el panel de aislamiento rígido ubicado en la posición de inicio antes de comenzar el procedimiento.

La Fig. 7 muestra una vista en perspectiva del sistema ciberfísico de la invención donde el brazo robótico ya ha recogido el panel de aislamiento rígido.

30 La Fig. 8 muestra una vista en perspectiva donde el brazo robótico introduce el panel de aislamiento rígido en la posición de mecanizado dentro de la máquina-herramienta.

35 La Fig. 9 muestra una vista en perspectiva del interior de la máquina-herramienta donde el cabezal acaba de coger la fresa del cargador de herramientas.

La Fig. 10 muestra una vista en perspectiva del interior de la máquina-herramienta durante el proceso de perfilado del panel de aislamiento rígido.

5 La Fig. 11 muestra una vista en perspectiva del interior de la máquina-herramienta durante el proceso de detección de la posición de las aristas del panel de aislamiento rígido.

La Fig. 12 muestra una vista en perspectiva del interior de la máquina-herramienta al inicio del mecanizado de la ranura en el panel de aislamiento rígido.

10 La Fig. 13 muestra una vista en perspectiva del interior de la máquina-herramienta durante el proceso de mecanizado de la ranura del panel de aislamiento rígido.

La Fig. 14 muestra una vista en perspectiva del sistema de la invención donde el brazo robótico ha recogido el panel de aislamiento rígido del interior de la máquina-herramienta.

15

La Fig. 15 muestra una vista en perspectiva del sistema de la invención durante el proceso de extracción del panel de aislamiento rígido.

20 La Fig. 16 muestra una vista en perspectiva del sistema de la invención con el panel de aislamiento rígido ya situado de nuevo en la posición de inicio.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

25 Se describe a continuación un ejemplo de sistema ciberfísico y procedimiento de acuerdo con la presente invención haciendo referencia a las figuras adjuntas. En este ejemplo concreto, la máquina de corte es una máquina-herramienta (2), aunque es importante señalar que sería posible utilizar otros tipos de máquinas como máquina de corte.

30 La Fig. 4 muestra esquemáticamente el sistema de la presente invención formado por el robot manipulador (1), la cinta transportadora (4), la máquina-herramienta (2), y el medio central de procesamiento (C2). En la figura, se muestran los dispositivos electromecánicos (D), actuadores (A), sensores (S) y dispositivos de cómputo (C) que incluye cada uno de dichos elementos.

35 La cinta transportadora (4) es controlada por un dispositivo de cómputo (C4) con capacidad de comunicación inalámbrica, y que además está conectado a los correspondientes

actuadores y dispositivos electromecánicos. Concretamente, la cinta transportadora (4) comprende un dispositivo electromecánico (D8) para el movimiento longitudinal de la cinta, un actuador (A8) configurado para activar el motor que provoca el movimiento de la cinta, y un primer sensor de presencia (S1) configurado para detectar la presencia del panel en la posición de inicio (PI) adyacente al robot manipulador (1).

El robot manipulador (1) es controlado por un dispositivo de cómputo (C3) con capacidad de comunicación inalámbrica, y que además está conectado a los diferentes actuadores y dispositivos electromecánicos que lo conforman. En concreto, un dispositivo electromecánico (D6) que permite mover el robot manipulador (1) de seis grados de libertad dentro de sus seis grados de libertad, un actuador (A6) configurado para activar el motor que provoca el movimiento del robot, y un actuador (A7) configurado para activar el accionamiento neumático de agarre del extremo libre, o pinza, del robot manipulador (1).

La máquina-herramienta (2) es controlada por un dispositivo de cómputo (C1) también con capacidad de comunicación inalámbrica y conectado a los correspondientes actuadores y dispositivos electromecánicos. En este caso, incluye sendos dispositivos (D1, D2, D3) respectivamente para el movimiento longitudinal de la herramienta de corte en el eje X, en el eje Y, en el eje Z, y la rotación sobre el eje Z, sendos actuadores (A1, A2, A3, A4) de los motores respectivos para el movimiento en el eje X, en el eje Y, en el eje Z, y para el giro alrededor del eje Z, un actuador (A5) para la activación del accionamiento neumático de agarre del panel sobre la mesa de trabajo, el segundo sensor de presencia (S2) de panel sobre la mesa de trabajo, el sensor de distancia (S3) que detecta la posición de las aristas del panel. La máquina-herramienta (2) comprende además un cargador que almacena al menos las dos herramientas de corte que se utilizarán al llevar a cabo el procedimiento de la invención, concretamente una fresa (H1) cuya longitud es mayor que la altura del panel, y un disco de corte (H2) cuyo diámetro es mayor que la profundidad máxima de ranurado (ambos elementos se muestran en las Figs. 9-13).

Por último, el medio central de procesamiento (C2) está en comunicación inalámbrica con los dispositivos de cómputo (C1, C3, C4) de cada uno de los elementos para controlar su funcionamiento de acuerdo con el procedimiento descrito en este documento.

La siguiente tabla muestra de manera compacta un listado de todos los dispositivos electromecánicos (D), actuadores (A), sensores (S) y dispositivos de cómputo (C) del sistema del presente ejemplo:

Dispositivos electromecánicos (D)	Actuadores (A)	Sensores (S)	Dispositivos de computo (C)	Herramienta de corte
D1 – Dispositivo para el movimiento longitudinal en el eje X de la herramienta de corte sobre panel	A1 – Actuador del motor para el movimiento en el eje X	S1 – Sensor de presencia del panel en la cinta transportadora	C1-Dispositivo de computo máquina de 3 ejes	H1-Fresa de longitud mayor que altura total del panel rígido.
D2 - Dispositivo para el movimiento longitudinal en el eje Y de la herramienta sobre panel	A2 – Actuador del motor para el movimiento en el eje Y	S2 - Sensor de presencia del panel en la mesa de la maquina	C2 - Dispositivo de cómputo general para la coordinación y sincronización	H2 – disco de corte de diámetro mayor que profundidad máxima de ranurado.
D3 - Dispositivo para el movimiento longitudinal y giratorio en el eje Z de la herramienta sobre panel	A3 – Actuador del motor para el movimiento en el eje Z	S3 – Sensor de distancia	C3- Dispositivo de cómputo del robot manipulador	
D6 – Dispositivo para el movimiento dentro de sus 6 grados de libertad del robot manipulador	A4 – Actuador del motor para el giro sobre el eje Z.		C4 – Dispositivo de cómputo de la cinta transportadora	
D8 – Dispositivo para el movimiento longitudinal de la	A5 – Actuador para la activación de la fijación neumática del panel rígido sobre la mesa o bancada de la máquina de 3 ejes.			

cinta transportadora	A6 – Actuador para activar el movimiento del robot A7 – Actuador para la activación del agarre neumática en la pinza del robot A8 – Activación del motor para el movimiento de la cinta transportadora			
----------------------	--	--	--	--

La Fig. 5 muestra esquemáticamente la comunicación entre cada uno de los elementos descritos anteriormente. Como se puede apreciar, el medio central de procesamiento (C2) está en comunicación directa con los dispositivos de cómputo (C1, C3, C4) respectivamente de la máquina-herramienta (2), de la cinta transportadora (4) y del robot manipulador (1). A su vez, cada uno de los dispositivos de cómputo (C1, C3, C4) en comunicación con los diferentes actuadores (A) y sensores (S). Por último, los actuadores (A) accionan los dispositivos electromecánicos (D) que provocan las acciones ejecutadas por la máquina-herramienta (2), la cinta transportadora (4) y el robot manipulador (1). Adicionalmente, los sensores (S) proporcionan información acerca de dichas acciones.

A continuación, se describe de manera simplificada el procedimiento de la invención haciendo referencia a las Figs. 6-16.

En primer lugar, la cinta transportadora (4) recibe en su comienzo el panel (100) a mecanizar a una velocidad constante que está sincronizada con la salida de la etapa anterior del proceso industrial. Cuando el panel (100) ha llegado a la posición de inicio (PI) en el extremo de la cinta transportadora (4) adyacente al robot manipulador (2), el sensor de presencia (S1) lo detecta y envía una señal al dispositivo de cómputo (C4) de la cinta transportadora (4).

Entonces, el dispositivo de cómputo (C4) ordena, a través del actuador (A8), la detención del dispositivo electromecánico (D8), es decir, del motor que mueve la cinta. Esta situación se muestra en la Fig. 6.

5 A continuación, el dispositivo de cómputo (C4) comunica al medio central de procesamiento (C2) que el panel (100) está correctamente posicionado en el extremo de la cinta transportadora (4). El medio central de procesamiento (C2) comunica entonces este hecho al dispositivo de cómputo (C3) del robot manipulador (1). El dispositivo de cómputo (C3) activa el actuador (A6) para arrancar el dispositivo electromecánico (D6) correspondiente al brazo
 10 del robot manipulador (1). Como consecuencia, el dispositivo electromecánico (D6) activa un programa/secuencia de movimientos para ir a la posición inicial (PI) del panel (100) sobre la cinta transportadora (4) y, cuando está situado sobre ella, el dispositivo de cómputo (C3) ordena la activación del actuador (A7) correspondiente a la succión en la pinza (ver la Fig. 7). Esto provoca el agarre neumático del panel (100) con la pinza del robot manipulador (1). Como
 15 se aprecia en la Fig. 8, el programa secuencial continua con el traslado del panel (100) hasta la mesa de trabajo (23) de la máquina-herramienta (2) por parte del robot manipulador (1). Una vez el panel está sobre la mesa, el dispositivo de cómputo (C3) del robot manipulador (1) desactiva el actuador (A7) y ordena a través del actuador (A6) que el dispositivo electromecánico (D6) vuelva a su posición de reposo. Finalmente, el dispositivo de cómputo
 20 (C3) informa al medio central de procesamiento (C2) que el panel (100) está correctamente posicionado sobre la mesa de trabajo (23) de la máquina-herramienta (2).

Una vez el panel (100) está posicionado, el medio central de procesamiento (C2) indica al dispositivo de cómputo (C1) de la máquina-herramienta (2) que comience el siguiente paso.
 25 El segundo sensor de presencia (S2) envía una señal al dispositivo de cómputo (C1) que indica que se ha detectado la presencia del panel (100) en la posición de mecanizado (PM) sobre la mesa de trabajo, y es en ese mismo instante cuando el dispositivo de cómputo (C1) de la máquina-herramienta (2) ordena activar el actuador (A5) correspondiente a la fijación neumática del panel (100) sobre la mesa de trabajo (23).

30 Posteriormente, como se muestra en la Fig. 9, el dispositivo de cómputo (C1) de la máquina-herramienta (2) ordena al cabezal (21) coger del cargador de herramientas (24) la fresa (H1) para el perfilado. A continuación, ordena a los actuadores (A1, A2, A3, AR) del motor para el movimiento en el eje X, Y, Z y giro sobre Z que activen los respectivos dispositivos
 35 electromecánicos (D1, D2, D3) de modo que sigan la referencia de posiciones/trayectoria con las velocidades previamente fijadas para realizar el perfilado o contorneado del panel (100).

Esta trayectoria comprende recorrer cada una de las caras laterales (100L) del panel (100), como se representa en la Fig. 10.

Una vez completado el perfilado de las cuatro caras laterales (100L) del panel (100), el dispositivo de cómputo (C1) activa el proceso de medición de la altura del panel (100) mediante el sensor de distancia (S3). Para ello, se activan los actuadores (A1, A2, A3, A4) que, a su vez, arrancan los dispositivos (D1, D2, D3) para que sigan la referencia de posiciones previamente fijadas que permiten el escaneo o la medición de la altura del panel (100) a lo largo de sus aristas superiores. Este paso se muestra esquemáticamente en la Fig. 11.

Una vez determinada la posición de las aristas superiores del panel (100), el dispositivo de cómputo (C1) utiliza esa información para determinar la altura a la que se debe realizar la ranura. Para ello, puede utilizarse un algoritmo sencillo como, por ejemplo, una simple operación matemática o bien basado en Lógica Borrosa. Entonces, ordena que el cabezal (21) vuelva a acercarse al cargador de herramientas (24) para cambiar la fresa (H1) y sustituirla por un disco de corte (H2). Una vez realizado el cambio, el dispositivo de cómputo (C1) ordena al cabezal (21) el seguimiento de una trayectoria alrededor del panel (100) con el propósito de realizar la ranura. Las Figs. 12 y 13 muestran dos momentos del proceso de mecanizado de la ranura (110). Cuando la ranura (110) perimetral ya se ha completado, el dispositivo de cómputo (C1) desactiva el actuador (A5) para desactivar la fijación neumática y avisa al medio central de procesamiento (C2) que el proceso de mecanizado (perfilado y ranurado) ha terminado.

Por último, el medio central de procesamiento (C2) ordena la recogida del panel al dispositivo de cómputo (C3) del robot manipulador (1). Entonces, el dispositivo de cómputo (C3) ordena el accionamiento del actuador (A6) para que el dispositivo electromecánico (D6) recoja el panel (100) ya perfilado y ranurado del interior de la máquina-herramienta (2). Cuando la pinza está cerca del panel, el dispositivo de cómputo (C3) activa el actuador (A7) para accionar el agarre neumático del panel. Cuando el panel está fijado, como se muestra en la Fig. 14, el dispositivo de cómputo (C3) ordena al dispositivo electromecánico (D6), a través del actuador (A6), el traslado del panel (100) ya perfilado y ranurado desde la mesa de trabajo (23) de nuevo a la posición de inicio (PI) sobre la cinta transportadora (4), como se observa en las Figs. 15 y 16.

35

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de manipulación y mecanizado de un panel rígido, donde el panel (100) tiene forma de paralelepípedo con una cara principal (100S) superior, una cara principal (100I) inferior, y cuatro caras laterales (100L) entre las caras principales superior e inferior (100S, 100I), y donde el panel (100) se suministra a través de una cinta transportadora (4), caracterizado por que comprende:
- detener la cinta transportadora (4) cuando el panel (100) llega a una posición de inicio (PI);
 - recoger, mediante un robot manipulador (1), el panel (100) de la posición de inicio (PI) y colocar dicho panel (100) apoyado sobre su cara principal inferior (100I) en una posición de mecanizado (PM) sobre una mesa de trabajo (23) dentro de una máquina de corte (2);
 - fijar el panel (100) a la mesa de trabajo (23) de la máquina de corte (2);
 - coger, mediante un cabezal (21) de la máquina de corte (2), una fresa (H1) de un cargador de herramientas (24) y realizar con ella un perfilado de las caras laterales (100L) del panel (100);
 - determinar, mediante un sensor de distancia (S3) fijado al cabezal (21) de la máquina de corte (2) y orientado verticalmente hacia abajo, la posición de las aristas del panel (100) entre la cara principal superior (100S) y las caras laterales (100L);
 - soltar, mediante el cabezal (21) de la máquina-herramienta (2), la fresa (H1) en el cargador de herramientas (24) y sustituirla por un disco de corte (H2) también almacenado en el cargador de herramientas;
 - mecanizar, mediante el disco de corte (H2) acoplado al cabezal (21) de la máquina de corte, una ranura (110) perimetral a lo largo de las caras laterales (100L) del panel (100), donde la posición de las aristas del panel (100) determinada en el paso anterior se utiliza para asegurar que la ranura (110) perimetral es paralela en cada cara lateral (100L) a la correspondiente arista entre dicha cara lateral (100L) y la cara principal superior (100S);
 - liberar la fijación del panel (100) a la mesa de trabajo (23) de la máquina de corte (2);
 - y
 - mediante el robot manipulador (1), recoger el panel (100) de la posición de mecanizado (PM) y soltarlo en la ubicación de inicio (PI) sobre la cinta transportadora (4).
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, donde el paso de detener la cinta

transportadora (4) cuando el panel (100) llega a una posición de inicio (PI) se lleva a cabo cuando un primer sensor de presencia (S1) detecta que el panel (100) ha llegado a la posición de inicio.

- 5 3. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el paso de recoger y soltar el panel (100) por parte del robot manipulador (1) se realiza activando o desactivando un actuador (A7) neumático que provoca la succión de unas ventosas (11) dispuestas en un extremo libre del robot manipulador (1).
- 10 4. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende un paso de detectar, mediante un segundo sensor de presencia (S2), que el panel (100) se encuentra sobre la mesa de trabajo (23) antes de proceder al paso de fijar el panel (100) a dicha mesa de trabajo (23).
- 15 5. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el paso de fijar y liberar el panel (100) en la mesa de trabajo (23) de la máquina-herramienta (2) se realiza activando o desactivando un actuador neumático (A5) que provoca la succión de unas ventosas dispuestas sobre la mesa de trabajo (23).
- 20 6. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el paso de determinar la posición de las aristas del panel (100) comprende:
- colocar el cabezal (21) de modo que el sensor de distancia (S3) está en una posición situada verticalmente encima de una arista del panel (100);
 - desplazar el cabezal (21) en paralelo a las aristas del panel (100) de modo que una
- 25 zona de medida sensor de distancia (S3) recorre las aristas del panel (100), determinando en cada momento la distancia entre el sensor de distancia (3) y las aristas del panel (100).
7. Sistema ciberfísico de manipulación y mecanizado de un panel (100) rígido
- 30 configurado para implementar el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el panel (100) tiene forma de paralelepípedo con una cara principal (100S) superior, una cara principal (100I) inferior, y cuatro caras laterales (100L) entre las caras principales superior e inferior (100S, 100I), caracterizado por que comprende:
- una cinta transportadora (4) sobre la cual se suministra el panel (100);
 - una máquina de corte (2) configurada para recibir el panel (100) en una posición de
- 35 mecanizado (PM) sobre una mesa de trabajo (23) apoyada sobre la cara principal

- (100) inferior, donde la máquina de corte (2) comprende un sensor de distancia (S3) fijado al cabezal (21) y orientado verticalmente hacia abajo para determinar la posición de las aristas del panel (100) entre la cara principal superior (100S) y las caras laterales (100L), y donde la máquina de corte (2) comprende una fresa (H1) acoplable al cabezal (21) para perfilar el panel (100) y un disco de corte (H2) acoplable al cabezal (21) para mecanizar una ranura (110) perimetral a lo largo de las caras laterales (100L) del panel (100), donde la posición de las aristas del panel (100) determinada anteriormente se utiliza para asegurar que la ranura (110) perimetral es paralela en cada cara lateral (100L) a la correspondiente arista entre dicha cara lateral (100L) y la cara principal superior (100S);
- 5
- un robot manipulador (1) configurado para, antes del proceso de mecanizado, recoger el panel (100) de una posición de inicio (PI) de la cinta transportadora (4) e introducirlo sobre una mesa de trabajo (23) de la máquina-herramienta (23) y para, después del proceso de mecanizado, recoger el panel (100) de la posición de mecanizado (PM) sobre la mesa de trabajo (23) de la máquina de corte (2) y colocarlo de nuevo en la posición de inicio (PI) de la cinta transportadora (4), y
 - 15
 - un medio de procesamiento (C2) que controla el funcionamiento de la cinta transportadora (4), la máquina de corte (2) y el robot manipulador (1).
- 20
8. Sistema ciberfísico de acuerdo con la reivindicación 7, donde la cinta transportadora (4) comprende un primer sensor de presencia (S1) configurado para detectar que el panel (100) ha llegado a la posición de inicio.
9. Sistema ciberfísico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7-8, donde el robot manipulador (1) comprende un actuador (A7) neumático configurado para provocar la succión de unas ventosas (11) dispuestas en su extremo libre para recoger el panel (100).
- 25
10. Sistema ciberfísico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7-9, donde la máquina de corte (2) comprende además un sensor de presencia (S2) orientado hacia la posición de mecanizado (PM) sobre la mesa de trabajo (23) para detectar la presencia de un panel (100) en su interior.
- 30
11. Sistema ciberfísico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7-10, donde la mesa de trabajo (23) de la máquina de corte (2) comprende un actuador neumático (A5) configurado para provocar la succión de unas ventosas dispuestas sobre la misma en la posición de mecanizado (PM).
- 35

12. Sistema ciberfísico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7-11, donde el robot manipulador (1) tiene seis grados de libertad.

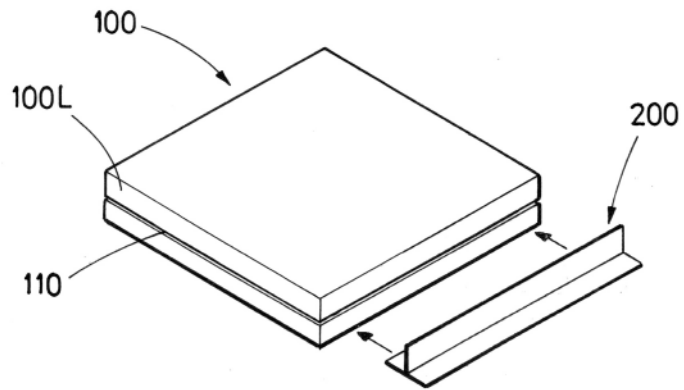


FIG. 1
TÉCNICA ANTERIOR

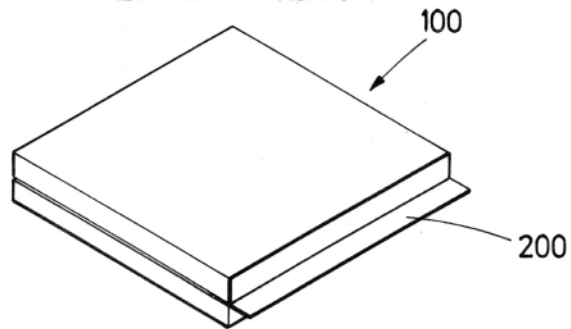


FIG. 2
TÉCNICA ANTERIOR

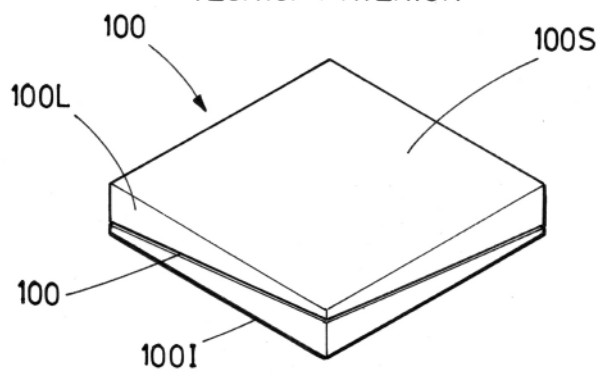
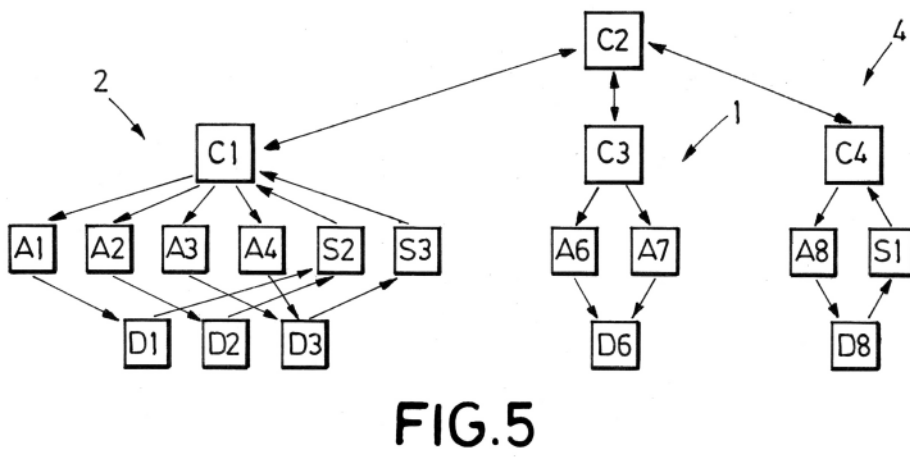
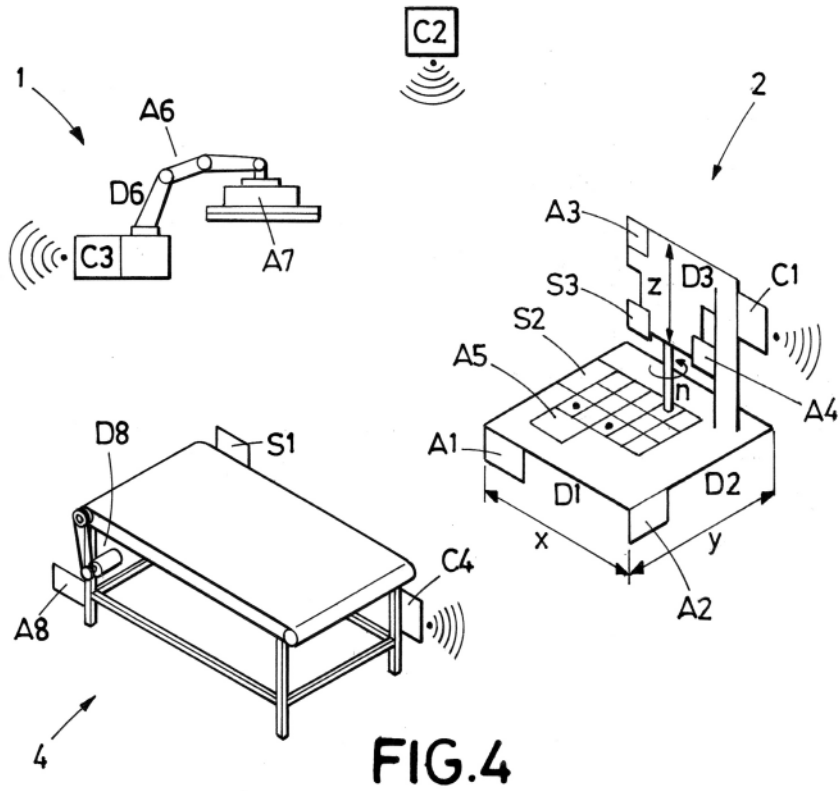
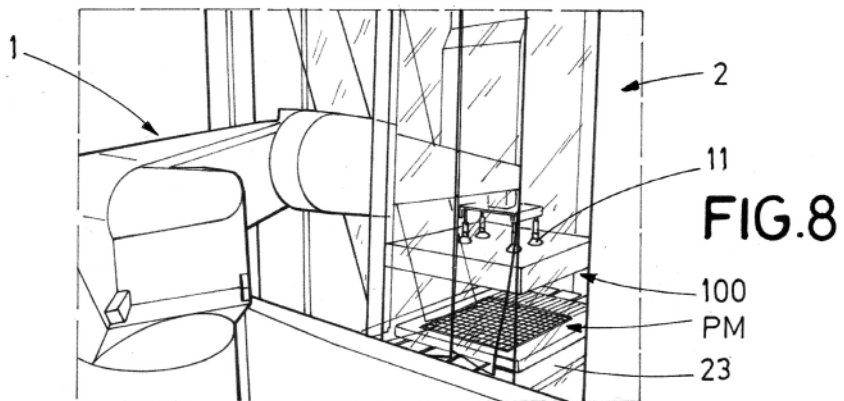
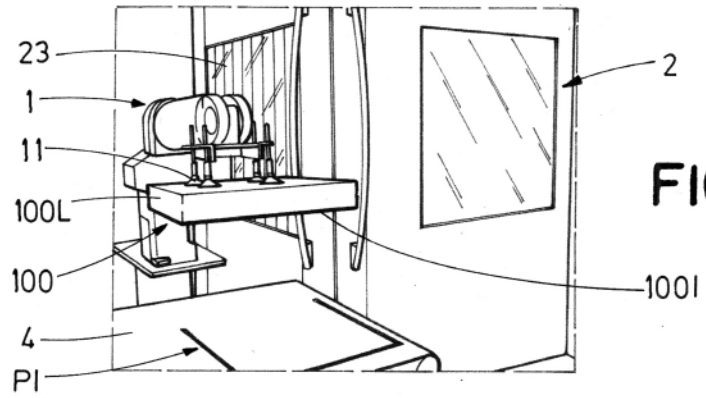
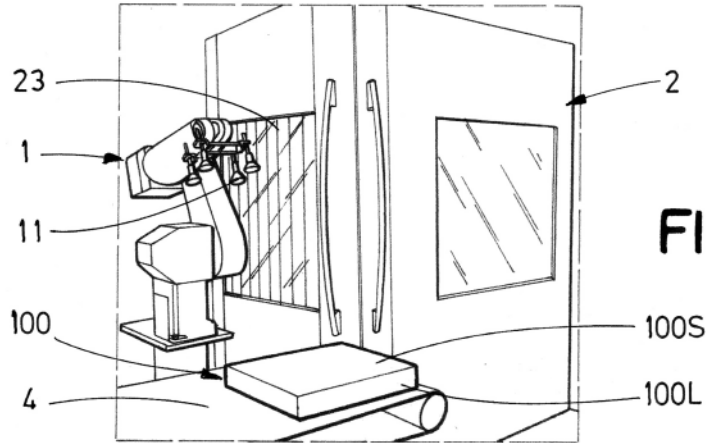


FIG. 3
TÉCNICA ANTERIOR





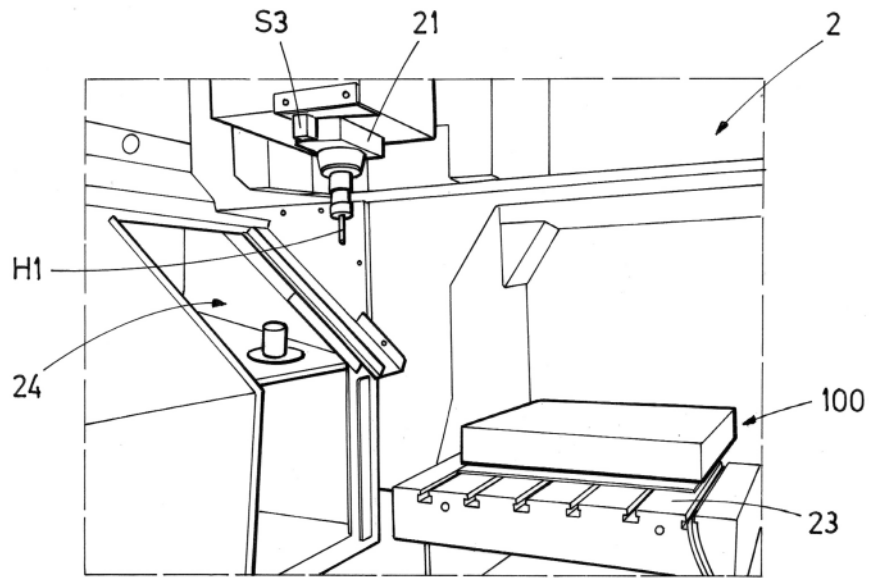


FIG. 9

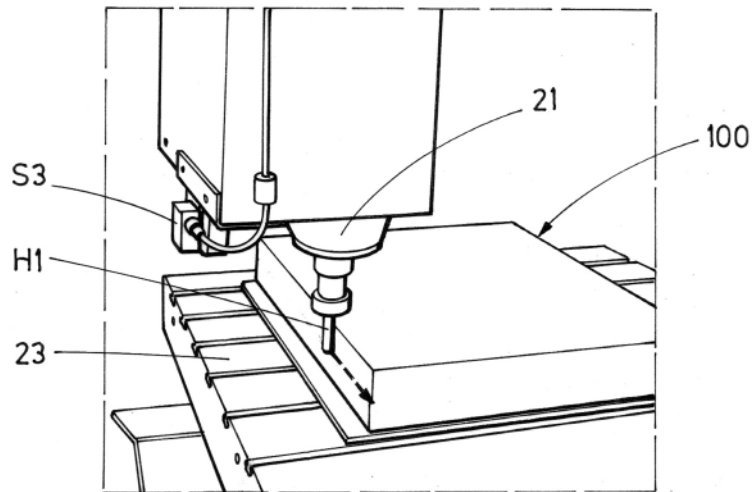


FIG. 10

