

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 413 630**

51 Int. Cl.:

B29C 70/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2010 E 10191298 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.02.2013 EP 2322342**

54 Título: **Máquina para realizar el conformado de piezas cilíndricas de materiales compuestos**

30 Prioridad:

17.11.2009 FR 0958089

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

17.07.2013

73 Titular/es:

**AIRBUS OPERATIONS (S.A.S.) (100.0%)
316, route de Bayonne
31060 Toulouse, FR**

72 Inventor/es:

DE MATTIA, DENIS

74 Agente/Representante:

MORGADES MANONELLES, Juan Antonio

ES 2 413 630 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

Máquina para realizar el conformado de piezas cilíndricas de materiales compuestos

5 La presente invención pertenece al sector de las máquinas de conformar para la realización de piezas de material compuesto. Más particularmente, la máquina de conformar objetivo de la presente invención es apta para realizar la conformación de piezas cilíndricas de cualquier sección. Dichas piezas constituyen, por ejemplo, los tramos del fuselaje de una aeronave.

10 La conformación consiste en depositar bandas de material compuesto, generalmente impregnadas previamente de resina, sobre un gálibo o mandril que reproduce la superficie de la pieza a realizar. Dichas bandas de material compuesto están generalmente almacenadas en forma de rollos. Las bandas se desenrollan y se adhieren a la superficie del mandril mediante un cabezal de conformación que se desplaza sobre dicha superficie a una velocidad de avance controlada, denominada avance de trabajo, según direcciones que corresponden a la orientación de la
15 capa de material depositado. Según las formas de realización conocidas de la técnica anterior, el cabezal de conformación asume otras funciones además de la colocación, tales como medios de corte de las bandas.

Los cabezales de conformación que permiten productividades elevadas, especialmente para la colocación de bandas anchas, son elementos muy voluminosos que deben estar soportados por una estructura de una rigidez apta para garantizar la precisión de colocación de las bandas, particularmente si el desplazamiento del cabezal de conformación sobre el mandril se realiza según cinemáticas complejas que comprenden 5 ejes o más de desplazamiento. La solicitud de patente FR2919517 describe un ejemplo de un cabezal de conformación adaptado a este tipo de realización.

25 Según la técnica anterior, la realización del revestimiento del fuselaje de una aeronave en material compuesto recurre esencialmente a dos soluciones tecnológicas. La primera, descrita, por ejemplo, en la solicitud de patente EP1963079/US2009020645 a nombre de la firma solicitante, consiste en realizar tramos aproximadamente cilíndricos mediante el conformado de capas según toda la circunferencia de dicho fuselaje. El procedimiento de conformación utilizado generalmente para este tipo de realización utiliza un mandril que reproduce la forma del tramo a realizar, cuyo mandril se pone en rotación delante de unos medios de colocación del material aptos para desplazarse según, por lo menos, un eje paralelo al eje de rotación del mandril. Dicho mandril gira a continuación alrededor de su eje, siempre en el mismo sentido de rotación y a una velocidad aproximadamente constante.

35 La segunda solución, descrita en la solicitud EP2076430, igualmente a nombre de la firma solicitante, consiste en realizar los tramos de fuselaje mediante el montaje de paneles compuestos de grandes dimensiones a la vez que de una gran longitud y que abarcan un sector angular de 90° o más. La realización individual de dichos paneles mediante el procedimiento anterior, implica invertir el sentido de rotación del mandril para realizar la conformación desde un borde al otro del panel. Estas inversiones del sentido de rotación son de una realización compleja con mandriles de grandes dimensiones por el hecho de su inercia. Incluso combinando varios paneles sobre un mismo mandril con el fin de cubrir un sector angular de 360° y limitando el número de inversiones del sentido de rotación, la gran longitud del mandril adaptado a esta realización, hace que su fabricación sea costosa y compleja si dicho mandril debe ponerse en rotación teniendo en cuenta su peso. Este peso y esta inercia limitan además la velocidad de rotación de dicho mandril y en consecuencia la velocidad de avance de trabajo de colocación y, por consiguiente, la productividad de este procedimiento de conformación.

45 El peso de un mandril de este tipo, apto para ponerse en rotación, perjudica la precisión de colocación ya que el mandril tiende a deformarse bajo su propio peso. La solución de utilizar un mandril fijo y desplazar el cabezal de conformación sobre este último es igualmente compleja de poner en práctica cuando el diámetro de la pieza es considerable, en particular con las máquinas-herramienta de la técnica anterior cuya cinemática se basa en desplazamientos siguiendo un sistema cartesiano. En efecto, una configuración de este tipo implica, si el eje del mandril está dispuesto horizontalmente, exigencias muy importantes en lo que se refiere a las carreras, especialmente a nivel del eje vertical de la máquina, lo que hace que la realización de dicha máquina sea costosa y compleja. Por otra parte, esta solución cinemática, incluso utilizando un cabezal de conformación articulado, no permite, en general, alcanzar coberturas angulares superiores a 180° de la parte cilíndrica, conservando al mismo tiempo el cabezal orientado normalmente a la superficie durante la conformación. Finalmente, para recorrer la superficie se necesita un desplazamiento según 6 ejes simultáneamente con el fin de colocar el cabezal de conformación en el espacio en posición y en orientación. El soporte del cabezal de conformación, pesado y voluminoso, en el extremo de una estructura que proporciona una cinemática que comprende 6 ejes es complejo y plantea problemas técnicos relacionados con la rigidez de dicho montaje.

60 Se conocen de la técnica anterior, por ejemplo a partir de la patente US1783607, máquinas para el mecanizado de piezas cilíndricas pesadas, especialmente para el torneado, en las que la pieza se coloca sobre un plato fijo y en las que la herramienta se desplaza según una pista de guiado circular alrededor de la pieza con el fin de realizar el mecanizado. Sin embargo, esta configuración no está adaptada al caso de la conformación de piezas de materiales compuestos tales como los paneles de fuselaje cuyo diámetro es reducido en relación con la longitud, y en las que el sector angular abarcado por la superficie es inferior a 360° e incluso a 270°. Un mandril adaptado a la realización de

una pieza de este tipo sería en efecto muy difícil de mantener en una posición vertical estable. Estas máquinas no se pueden adaptar a operaciones de conformación ya que no disponen de un número de ejes suficiente para desplazar y orientar dinámicamente el cabezal de conformación con respecto a la superficie del mandril y están limitadas a la realización de superficies cilíndricas de revolución.

5 Se conoce igualmente de la técnica la anterior, por ejemplo a partir de la patente US 3 970 831, una máquina herramienta adaptada a la conformación de capas de un material compuesto caracterizada porque comprende:

- 10 - una mesa fija que define un plano de base, apta para alojar un mandril de conformación,
- un pórtico que se extiende en un plano perpendicular al plano de base y apto para desplazarse según un eje longitudinal rectilíneo, perpendicular al plano del pórtico y paralelo al plano de base, que comprende una pista de guía de un porta-impulsor, cuya pista comprende una parte circular de radio finito cuyo eje de giro es paralelo al eje longitudinal;
- 15 - un porta-impulsor apto para soportar un cabezal de conformación y apto para desplazarse a la velocidad de avance de trabajo en el plano del pórtico a lo largo de la pista, situado entre la pista y la mesa.

20 Existe pues la necesidad de un dispositivo de conformación económico en costes de inmovilización, para la realización de paneles cilíndricos de grandes dimensiones de material compuesto que abarque un sector angular inferior a 360° y que permita una productividad de colocación elevada.

En la presente memoria, salvo cuando se indique lo contrario, el término "cilindro" y el adjetivo "cilíndrico" deben entenderse en sus sentidos matemáticos, a saber:

- 25 - un cilindro es una superficie en el espacio definida por una recta generatriz que recorre una curva generatriz plana cerrada cualquiera, conservando una dirección fija. La curva generatriz de este cilindro no es pues forzosamente circular y la superficie de este cilindro no es tampoco forzosamente una superficie de revolución,
- 30 - se considera cilindro cualquier parte de superficie o de volumen de un cilindro que satisface a la definición anterior,
- según esta definición, una superficie cilíndrica se denomina desarrollable al poder adherirse a un plano conservando las distancias medidas entre dicha superficie y los puntos que la constituyen.

35 Con el fin de responder a estas necesidades, el dispositivo de la presente invención comprende:

- una mesa fija que define un plano de base, apto para recibir un mandril de conformación,
- 40 - un pórtico que se extiende en un plano perpendicular al plano de base y apto para desplazarse según un eje longitudinal rectilíneo, perpendicular al plano del pórtico y paralelo al plano de base,
- un porta-impulsor apto para soportar un cabezal de conformación y apto para desplazarse a una velocidad de avance de trabajo en el plano del pórtico a lo largo de una pista, comprendiendo dicha pista una parte circular de radio finito cuyo eje de giro es paralelo al eje longitudinal y está situado entre la pista y la mesa.

50 De este modo, el dispositivo de la presente invención permite colocar un mandril fijo sobre la mesa de la máquina y desplazar el cabezal de conformación sobre la superficie de este mandril, soportando el impulsor el cabezal de conformación que sigue la pista sobre el pórtico.

Ventajosamente, la pista se extiende sobre un sector angular superior a 180°. Esta configuración permite desplazar el cabezal de conformación a lo largo de esta pista para cubrir una superficie de conformación cilíndrica que cubre dicho sector angular sin tener necesidad de efectuar un movimiento de gran amplitud sobre los demás ejes de la máquina. De este modo se obtienen unas velocidades tangenciales de desplazamiento sobre la superficie del mandril, y por consiguiente unas productividades de colocación, comparables a las que es posible obtener con una conformación plana. Por otra parte, el porta-impulsor no comprende más que 2 ejes de rotación en vez de los 3 necesarios según la técnica anterior, lo que proporciona al montaje más rigidez y precisión.

60 Para obtener dichas prestaciones con respecto a la precisión de las trayectorias, el desplazamiento del porta-impulsor con respecto al pórtico se realiza preferentemente mediante un motor lineal que sigue la pista.

Según una primera forma de realización, el porta-impulsor comprende un eje de desplazamiento rectilíneo del impulsor, denominado eje W, paralelo al plano del pórtico y perpendicular a la pista. Esta configuración permite realizar la conformación de cualquier tipo de superficies cilíndricas cuya normal en cada punto sea aproximadamente colinear con el eje W cuando el cabezal de conformación está situado en este punto mediante el desplazamiento de

los ejes de la máquina. En este caso, la conformación sigue las circunferencias, es decir que el sentido a lo largo de las bandas colocadas está orientado a 90° con respecto al eje del cilindro.

5 Para realizar conformaciones más complejas según esta primera forma de realización, el porta-impulsor puede comprender un eje de desplazamiento rotativo del impulsor alrededor del eje W. Esta configuración permite orientar el cabezal para realizar conformaciones paralelas, o al bias, con respecto al eje del cilindro, siendo siempre la normal de la superficie realizada siempre aproximadamente colinear con el eje W.

10 Para realizar una conformación sobre una superficie cilíndrica cualquiera y una dirección de conformación cualquiera, el porta-impulsor comprende un dispositivo de desplazamiento del impulsor según por lo menos dos ejes de rotación y una traslación según un eje perpendicular a la pista y paralelo al plano del pórtico.

15 Esta primera forma de realización corresponde al desplazamiento del cabezal de conformación por medio de un dispositivo de cadena cinemática abierta o en serie.

Alternativamente, según una segunda forma realización, el desplazamiento del cabezal de conformación en el nivel del porta-impulsor puede realizarse, por lo menos para ciertos grados de libertad, mediante una cadena cinemática cerrada o paralela. Esta configuración proporciona al impulsor un aumento de la rigidez dinámica.

20 La presente invención se describirá a continuación más concretamente dentro del marco de las formas de realización preferidas, en ningún caso limitativas, representadas en las figuras 1 a 5, en las que:

- 25 - la figura 1, relativa a la técnica anterior, representa una máquina para la conformación del tipo de pórtico, apta para la realización de piezas de grandes dimensiones;
- la figura 2 muestra en perspectiva un ejemplo de forma de realización de la presente invención en forma de máquina cuyos pórticos son de forma anular;
- 30 - la figura 3 muestra en una vista frontal una forma de realización general de la presente invención según una cinemática en serie;
- la figura 4 muestra una forma de realización alternativa de la presente invención que recurre a un dispositivo de desplazamiento del impulsor que utiliza una cadena cinemática paralela cerrada;
- 35 - la figura 5 muestra una variante de forma de realización del accionamiento del porte impulsor a lo largo del pórtico.

40 En la figura 1, según la técnica anterior, las máquinas de conformar construidas según una estructura de movimientos cartesianos se componen de:

- una base (1) o mesa, que se extiende según un plano XY,
- sobre la que se desliza un pórtico según el eje X, comprendiendo dicho pórtico un travesaño (2) paralelo al eje Y,
- 45 - un porta-impulsor (3) que se extiende según el eje Z y que se desliza a lo largo del travesaño,
- dicho porta-impulsor soporta un cabezal de conformación (4),
- 50 - el cabezal de conformación está habitualmente conectado al porta-impulsor mediante una doble articulación que le permite un movimiento de rotación alrededor de Z, denominado eje C, y una segunda articulación que le permite:

55 Un movimiento según un eje perpendicular a Z, denominado eje A.

Los desplazamientos según los ejes lineales X, Y y Z permiten trazar cualquier trayectoria en el espacio de trabajo de la máquina. Los desplazamientos según los ejes de rotación A y C permiten orientar el cabezal de conformación de manera que la generatriz de contacto del rodillo de conformación con la superficie del mandril sea perpendicular a la trayectoria. Para conformar una superficie cilíndrica, se coloca un mandril (5) de forma apropiada sobre la mesa, y le cabezal de conformación se desliza en la superficie de este mandril de tal manera que coloca las bandas de fibras. Dichas bandas se adhieren al mandril por la pegajosidad natural a la temperatura de colocación de la resina que las impregna.

65 La superficie máxima que es posible conformar de este modo viene dada por las carreras de los ejes. Tomando las posiciones extremas (3, 3', 3'') del cabezal de conformación en el plano YZ, el volumen (6) accesible para una superficie cilíndrica que abarca un sector angular de 180° no llega al 25% del volumen interior (7) de la máquina.

Este volumen se reduce todavía más si el sector angular abarcado por el panel es superior a 180°. Por consiguiente, cuando la conformación tiene por objetivo la realización de un panel cilíndrico de grandes dimensiones, tal como un panel del fuselaje de una aeronave, el volumen de la máquina adaptado a esta operación llega a ser rápidamente muy importante y, para conservar su rigidez, los elementos constitutivos de dicha máquina deben estar sobredimensionados. Nos encontramos entonces en presencia de masas a desplazar considerables, lo que es desfavorable para la velocidad y en consecuencia para la productividad de dicha máquina.

En la figura 2, según una forma de realización particular de la presente invención, la máquina comprende una base (10) que se extiende en el plano XY, un pórtico (20) que se extiende en el plano YZ, y que se puede desplazar por traslación según X con respecto a la base (10), y un porta-impulsor (30) que se desplaza a lo largo de este pórtico. Mientras que según la técnica anterior el porta-impulsor no se desplaza más que sobre el eje Y sobre el travesaño (2) del pórtico, el porta-impulsor (30) de la máquina según la presente invención es apto para desplazarse a lo largo del conjunto del pórtico (20). Con este fin, dicho pórtico (20) comprende por lo menos una parte circular del eje de giro paralelo al eje X y situado entre dicho pórtico y la mesa (10) de la máquina. En el ejemplo de realización de la figura 2, el pórtico presenta una forma totalmente circular y abarca un sector angular superior a 180°. El mandril (5) que está situado fijo sobre la mesa (10), el porta-impulsor provisto del cabezal de conformación (40) puede girar alrededor del eje de la superficie cilíndrica del mandril siguiendo una pista (210) a lo largo de este pórtico. En el caso de piezas de dimensiones muy grandes, la máquina puede comprender varios pórticos equipados cada uno de ellos con un porta-impulsor y un cabezal de conformación y que pueden conformar simultáneamente capas en la superficie de la pieza con el fin de aumentar la productividad. Alternativamente, los diferentes pórticos pueden estar equipados con impulsores diferentes, por ejemplo, un cabezal de conformación, un cabezal de perforación, o un cabezal de control por ultrasonidos o cualquier otro dispositivo.

En la figura 3, según un caso más general de forma de realización de la presente invención, el pórtico (220) presenta una forma cualquiera pero se extiende según el plano XY de la máquina y comprende, por lo menos, una parte circular que permite al porta-impulsor efectuar, siguiendo el pórtico, una trayectoria no paralela al eje Y de la máquina. Durante su desplazamiento, el porta-impulsor (30) sigue una pista sobre este pórtico. La pista garantiza el guiado del porta-impulsor. Dicha pista puede ser realizada de forma ventajosa por medio de un carril de guía del tipo HMG distribuido por la firma THK®. El desplazamiento a lo largo de este carril puede realizarse mediante cualquier medio conocido de un técnico en la materia, especialmente por un dispositivo de piñón y cremallera. Según un método de realización más ventajoso, el desplazamiento a lo largo de la pista es comunicado al porta-impulsor (30) mediante un motor lineal (215) dispuesto a lo largo de la pista. Ventajosamente, el dispositivo comprende asimismo un codificador lineal que permite conocer la posición exacta del porta-impulsor a lo largo de dicha pista. Según una primera forma de realización del accionamiento, los imanes permanentes que constituyen el secundario del motor lineal (215) están dispuestos sobre el pórtico, perpendicularmente a la curva contenida en el plano YZ de la máquina y correspondientes a la trayectoria, siendo su cara superior paralela al plano YZ y frente a las bobinas que constituyen el primario del motor dispuestas en el porta-impulsor. Alternativamente, en la figura 5, los motores lineales (216) pueden estar dispuestos sobre el canto del pórtico. En este caso, el carril de guía (214) se mantiene preferentemente dentro del plano XY.

El porta-impulsor (30) comprende un eje de desplazamiento del impulsor (40) paralelamente al plano XY del pórtico. Dicho eje W y, ventajosamente el cabezal de conformación (40), están articulados en el extremo del porta-impulsor según un eje C que se confunde con W, y un eje A perpendicular a este último. De este modo, aunque la trayectoria del porta-impulsor en el plano XY esté limitada por la forma de la pista, la trayectoria seguida por el impulsor está modulada por el desplazamiento de éste según W. Por ejemplo, el impulsor puede seguir, dentro del espacio de trabajo de la máquina, figura 2, una trayectoria correspondiente a las caras de un cubo, mientras que los pórticos son de forma circular. Los ejes de rotación permiten, en el transcurso de estas trayectorias, orientar el cabezal de manera que las condiciones de orientación de este con relación a la trayectoria se respeten.

El desplazamiento del porta-impulsor a lo largo de la pista permite obtener unas velocidades de avance de trabajo sobre la superficie cilíndrica del mandril (5) comparables a las que se obtienen en conformación plana.

En la figura 3, el volumen de trabajo accesible (6) para la conformación de un mandril cilíndrico (5) supera el 40% del volumen interior de la máquina.

Según otra forma de realización de la que la figura 4 expone un ejemplo, el porta-impulsor (300) está prolongado mediante un dispositivo (400) de cadena cinemática cerrada o paralela. Dicho dispositivo, constituido, por ejemplo, por un hexápodo, es capaz de desplazar el impulsor (40) según 6 grados de libertad, pero con amplitudes reducidas. Según esta forma de realización el porta-impulsor puede comprender o no un eje de desplazamiento W, y el dispositivo de cinemática paralela (400) puede conectarse al porta-impulsor mediante una articulación de eje C. Los desplazamientos, aunque limitados en amplitud, autorizados por el dispositivo de cinemática paralela, pueden aprovecharse para la realización sobre el panel compuesto de motivos de conformación localizados, tales como parches o refuerzos locales del grosor.

Los movimientos de la máquina están dirigidos por un mando numérico (no representado). Clásicamente, un módulo de cálculo de cinemática inversa está integrado en este mando numérico, lo que permite dirigir la máquina según un

- programa, denominado cinta, redactado en código ISO estándar, expresándose las órdenes de desplazamiento en el espacio original de la pieza y traducidos por el módulo de cálculo en combinaciones de desplazamiento según los diferentes ejes de la máquina. Dicho módulo de cálculo comprende los algoritmos que permiten resolver las posibles ambigüedades cinemáticas ligadas a las redundancias de los movimientos o a puntos singulares. Alternativa o complementariamente, la cinemática particular de la máquina puede estar integrada en el post-procesador de un sistema de fabricación asistida por ordenador adaptado al proceso de conformación. De este modo, la cinemática particular de la máquina no hace que la programación de la máquina sea más compleja que la de una máquina de 5 ó 6 ejes de la técnica anterior.
- 5
- 10 La descripción anterior demuestra claramente que por sus diferentes características y por sus ventajas, la presente invención alcanza los objetivos que se había fijado. En particular, permite la conformación de piezas cilíndricas de grandes dimensiones de material compuesto al reducir el volumen de trabajo de la máquina con respecto al volumen del utillaje necesario para la realización de estas piezas sin poner en rotación dicho mandril. Permite además alcanzar productividades y calidades de colocación comparables a las que son posibles en la conformación plana.
- 15

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 *Esta lista de referencias citadas por el solicitante pretende únicamente para ayudar al lector y no forma parte del documento de patente europea. Incluso, aunque se ha tenido el mayor cuidado en la recopilación, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEB niega cualquier responsabilidad a este respecto.*

Documentos de las patentes citadas en la descripción

- 10
- FR 2919517 [0003]
 - EP 1963079 A [0004]
 - US 2009020645 A [0004]
 - EP 2076430 A [0005]
 - US 1783637 A [0007]
 - US 3970831 A [0008]

REIVINDICACIONES

1. Máquina herramienta adaptada a la conformación de las capas de un material compuesto, que comprende:

- 5 - una mesa fija (1, 10) que define un plano de base, apto para recibir un mandril de conformación (5);
- un pórtico (20, 220, 210) que se extiende en un plano perpendicular al plano de base y apto para desplazarse según un eje longitudinal (x) rectilíneo, perpendicular al plano del pórtico y paralelo al plano de base, que comprende una pista de guiado de un porta-impulsor (30), cuya pista comprende por lo menos una parte circular de radio finito cuyo eje de giro es paralelo al eje longitudinal;
- 10 - un porta-impulsor (30) apto para soportar un cabezal de conformación (40) y apto para desplazarse a una velocidad de avance de trabajo en el plano del pórtico a lo largo de la pista (210), situado entre la pista (210) y la mesa (10);

15 **caracterizado porque** la suma de los sectores angulares de las partes circulares de la pista (210) es superior a 180°.

20 2. Máquina según la reivindicación 1, **caracterizada porque** no comprende más que una sola pista circular (210).

25 3. Máquina según la reivindicación 1, **caracterizada porque** el desplazamiento del porta-impulsor (30) con respecto al pórtico (220) se realiza mediante un motor lineal (215) que sigue la pista (210).

30 4. Máquina según la reivindicación 1, **caracterizada porque** el porta-impulsor (30) comprende un eje de desplazamiento rectilíneo del impulsor, denominado eje W, paralelo al plano del pórtico y perpendicular a la pista (210).

35 5. Máquina según la reivindicación 4, **caracterizada porque** el porta-impulsor (30) comprende un eje de desplazamiento rotativo (C) del impulsor alrededor del eje W.

6. Máquina según la reivindicación 1, **caracterizada porque** el porta-impulsor (30, 300) comprende un dispositivo de desplazamiento del impulsor según por lo menos dos ejes de rotación (A, C) y una traslación (W) según un eje perpendicular a la pista (210) y paralela al plano del pórtico.

35 7. Máquina según la reivindicación 6, **caracterizada porque** el dispositivo de desplazamiento del impulsor comprende una cadena cinemática cerrada (400).

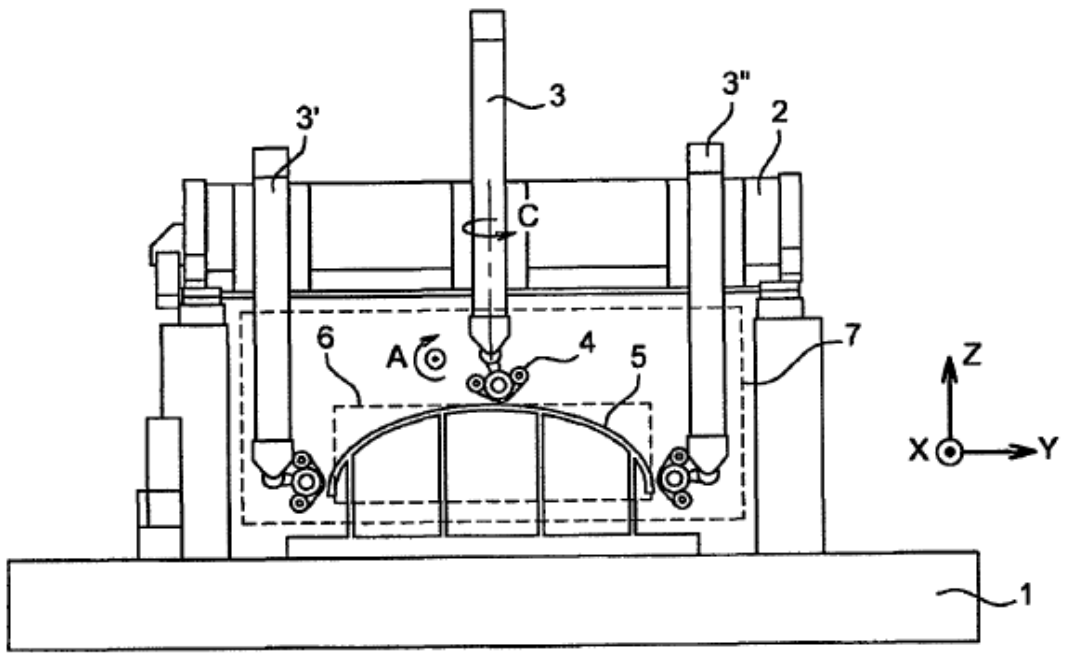


Fig. 1
Técnica anterior

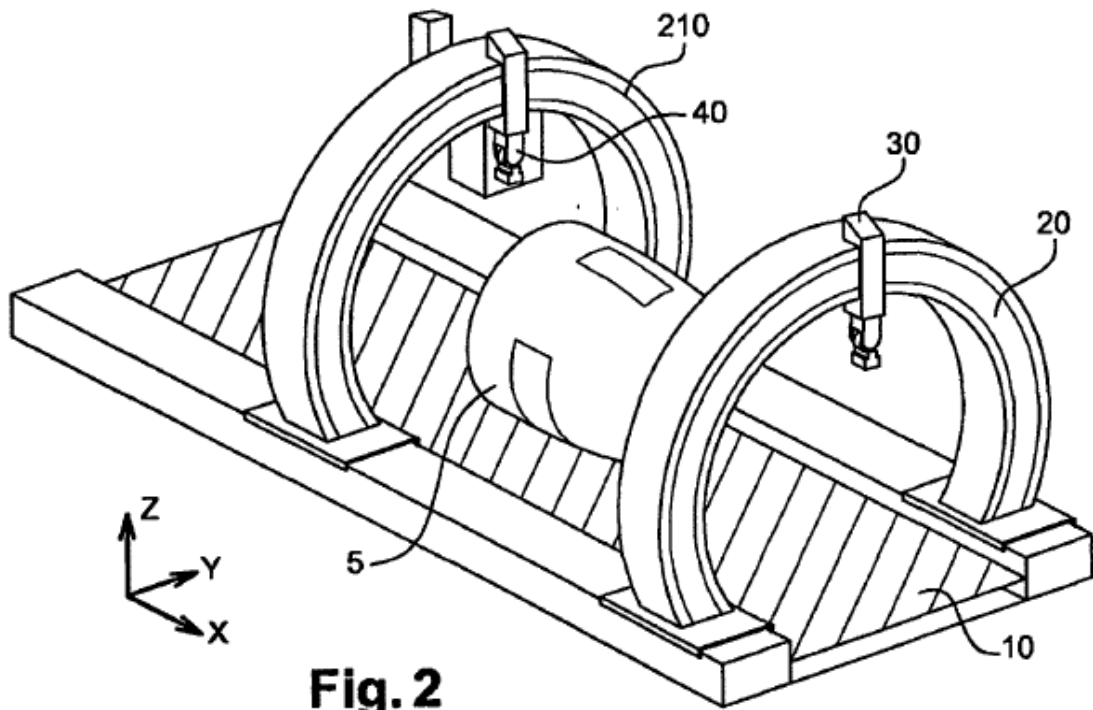


Fig. 2

