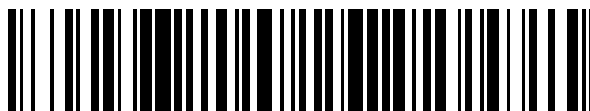


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 588 015**

51 Int. Cl.:

B29C 33/38 (2006.01)

B23C 3/16 (2006.01)

B25J 18/04 (2006.01)

A61F 2/50 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.05.2012** **E 12358003 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.07.2016** **EP 2529910**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de mecanizado de un molde para la fabricación de un aparato ortopédico**

30 Prioridad:

30.05.2011 FR 1101660

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

28.10.2016

73 Titular/es:

ORTHOPEDIE BONToux G.A. (100.0%)
825 Rue Aulanière ZI de Courtine
84000 Avignon, FR

72 Inventor/es:

PAITEL, YANN

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 588 015 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo de mecanizado de un molde para la fabricación de un aparato ortopédico

Ámbito técnico

5 La presente invención es relativa a un procedimiento de mecanizado de una pieza tal como un molde para la fabricación de un aparato ortopédico, y a un dispositivo de mecanizado de una pieza de este tipo.

El ámbito técnico de la invención es el de la fabricación de aparatos – o equipos - ortopédicos.

La invención se aplica especialmente a la fabricación de ortesis, y prótesis externas, tales como, por ejemplo, un corsé, una rodillera, una ortesis cruropédica, una ortesis suropédica, un corsé asiento, o una prótesis del miembro inferior.

10 Estado de la técnica

Para la fabricación de tales aparatos ortopédicos, se fabrica generalmente un molde sobre el cual se realiza al menos una parte de un aparato ortopédico por termoconformado o por estratificación (utilizando una resina termoendurecible).

15 Para que este aparato presente una forma y unas dimensiones adaptadas a la morfología de un paciente determinado, se toman medidas de la parte del cuerpo del paciente que debe recibir el aparato ortopédico, y se determina la forma y las dimensiones del molde que haya que realizar, en función de las medidas tomadas. Se puede determinar especialmente la forma tridimensional del molde a partir de una digitalización en tres dimensiones de la forma de la parte del cuerpo a la que haya que aplicar el aparato, o bien adaptando una forma paramétrica en función de las medidas propias del paciente, con la ayuda de un software de diseño (CAO).

20 El molde puede ser realizado por mecanizado, es decir retirada de material, a partir de un bloque de espuma de material plástico (especialmente poliuretano o polietileno).

Como se indica en la patente FR2885518, este mecanizado puede ser realizado con la ayuda de una fresadora.

El mecanizado con la ayuda de una fresadora de tres ejes no permite obtener un molde que presente una contradespulla, lo que es frecuente en los moldes de fabricación de ortesis y prótesis externas.

25 La utilización de una fresadora está limitada al mecanizado de moldes que presentan una forma parecida a la de un cilindro o una pirámide, lo que no es el caso de moldes para diferentes tipos de ortesis y prótesis externas.

Esta limitación puede ser superada a veces utilizando una fresadora de cinco ejes, pero el tamaño y el coste de una fresadora aumenta de modo importante con el tamaño de la pieza que haya que mecanizar.

30 Lo mismo ocurre con una máquina de cinco o seis ejes tal como la mencionada en la solicitud de patente US2011/115791.

El documento Mark Albert, « An Overview Of 3 + 2 Machining », Modern Machine Shop, 4 de Octubre de 2006, describe un procedimiento de mecanizado en el cual una herramienta de corte de una máquina de mecanizado de cinco ejes es bloqueada en una posición inclinada utilizando dos ejes rotatorios de la máquina.

35 El documento MAKino, « 2 + 3 Machining: A faster, higher accuracy 5-axis machining technique », Knol, 27 de marzo de 2009, describe un procedimiento de mecanizado en el cual el posicionamiento de ejes A y C rotatorios secundarios – que son los ejes menos precisos – va seguido del mecanizado con los ejes X, Y y Z más preciso.

Exposición de la invención

40 Las intentos de mecanizado de un molde para la fabricación de un aparato ortopédico con la ayuda de un robot que lleva una herramienta (tal como una fresa) por intermedio de un mandril que sirve para arrastrar la herramienta en rotación, y de un plato rotatorio sincronizado con los ejes del robot y al cual se fija una pieza en bruto, no han dado actualmente satisfacción.

El mando de ciertos robots de mecanizado necesita una fase previa de aprendizaje para cada geometría de pieza que haya que mecanizar, especialmente para evitar colisiones entre la estructura del robot – y la herramienta que el mismo lleva –, y la pieza mecanizada o la pieza en bruto en curso de mecanizado.

45 Para la fabricación de un tipo determinado de aparato ortopédico – por ejemplo un corsé – para dos pacientes distintos, el mecanizado por un robot de los dos moldes adaptados respectivamente a las formas y dimensiones de los cuerpos de los dos pacientes distintos, necesitaría efectuar dos etapas de aprendizaje, lo que sería largo y caro.

Por otra parte, ensayos han mostrado que el tiempo de fresado de un molde de este tipo con la ayuda de un plato rotatorio y de un robot de cinco o seis ejes que comprenda cinco o seis articulaciones en serie, es elevado.

Un objetivo de la invención es proponer un procedimiento de mecanizado de una pieza « a medida » de forma compleja, en particular un procedimiento de mecanizado de un molde para la fabricación de un aparato ortopédico, con la ayuda de un soporte rotatorio y de un robot de al menos cinco ejes, que sea rápido y fácil de poner en práctica, así como un dispositivo para la puesta en práctica de este procedimiento.

- 5 Un objetivo de la invención es proponer un procedimiento de mecanizado de una pieza única de forma compleja, en particular un procedimiento de mecanizado de un molde para la fabricación de un aparato ortopédico, con la ayuda de un soporte rotatorio y de un robot que lleva una herramienta rotatoria y que comprende al menos cinco articulaciones en serie, así como un dispositivo para la puesta en práctica de este procedimiento, que estén mejorados y/o que pongan remedio, al menos en parte, a las lagunas o inconvenientes de los procedimientos y
- 10 dispositivos de mecanizado conocidos.

La invención propone un procedimiento de mecanizado de acuerdo con la reivindicación 1.

Diferentes aspectos de la invención están definidos en las reivindicaciones dependientes.

- 15 De acuerdo con un aspecto de la invención, se propone un procedimiento de mecanizado en el cual se dispone sucesivamente una pieza en bruto de una pieza que haya que mecanizar en varias posiciones (relativas) de mecanizado distintas con respecto al robot que lleva la herramienta, siendo el número de estas posiciones relativas distintas reducido, y para cada una de estas posiciones de mecanizado, se mecaniza la pieza en bruto manteniendo la dirección de la herramienta sensiblemente fija, desplazando la extremidad de la herramienta a lo largo de varias trayectorias sucesivas que se extienden en planos de desplazamiento sensiblemente paralelos, en particular en

- 20 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se propone un procedimiento de mecanizado en el cual:

- a1) se fija una pieza en bruto de la pieza que haya que mecanizar al soporte rotatorio;

- b1) manteniendo inmóvil el soporte rotatorio, se mecaniza parcialmente la pieza en bruto con la ayuda de la herramienta rotatoria llevada por el robot, manteniendo el eje (de rotación) de la herramienta sensiblemente paralelo a una dirección determinada con respecto a la pieza en bruto;

- 25 - c1) se aleja a herramienta de la pieza en bruto parcialmente mecanizada al final de la operación b1);
- d1) se elige una segunda dirección determinada con respecto a la pieza en bruto diferente de la primera dirección determinada con respecto a la pieza en bruto, y en su caso se provoca una rotación del soporte rotatorio según un ángulo de rotación que es igual a – o determinado en función de – el ángulo formado por las primera y segunda direcciones determinadas con respecto a la pieza en bruto; y después
- 30 - se repite la operación b1) manteniendo el eje de rotación de la herramienta sensiblemente paralelo a la segunda dirección determinada con respecto a la pieza en bruto.

En otras palabras y de acuerdo con otro aspecto de la invención, se propone un procedimiento de mecanizado de una pieza con la ayuda de un soporte de pieza en bruto montado rotatorio según un eje de rotación, y de un robot (de al menos cinco ejes) que comprenda al menos cinco articulaciones giratorias en serie, comprendiendo el robot un accionador rotatorio asociado a cada una de las articulaciones y que lleva un mandril para arrastrar en rotación una herramienta de mecanizado tal como una fresa, en el cual:

- 35 - a2) se fija una pieza en bruto que haya que mecanizar a un soporte rotatorio;
- b2) manteniendo inmóvil el soporte rotatorio de modo que se disponga la pieza en bruto en una de las citadas posiciones de mecanizado, se arrastra la herramienta en rotación y se mandan los accionadores rotatorios del robot para desplazar la herramienta interfiriendo con la pieza en bruto para provocar una retirada de material, manteniendo sensiblemente fija la orientación del eje de rotación de la herramienta con respecto a un plano de mecanizado, siendo mandados los accionadores del robot para desplazar la herramienta a lo largo de planos de desplazamiento que son sensiblemente paralelos al eje de rotación del soporte rotatorio, espaciados sensiblemente regularmente, y sensiblemente perpendiculares al plano de mecanizado;
- 40 - c2) se aleja la herramienta de la pieza en bruto parcialmente mecanizada al final de la operación b2);
- d2) se provoca una rotación del soporte rotatorio para disponer la pieza en bruto en otra posición de mecanizado con respecto al robot; y después
- 45 - se repite al menos una vez la operación b2) modificando cada vez el plano de mecanizado.

- 50 La herramienta está constituida preferentemente por una fresa que presente una parte cortante – denominada igualmente « activa » - que comprenda una porción cilíndrica de pequeño diámetro terminada en una porción semiesférica, y cuyos dientes – o placas u otros órganos de corte – estén repartidos en estas dos porciones.

- Manteniendo (sensiblemente) fija la orientación de la herramienta, en particular manteniendo sensiblemente constante el ángulo formado por el eje longitudinal – y de rotación – de la herramienta y uno de los citados planos de mecanizado, durante cada secuencia de mecanizado de la pieza en bruto en el transcurso de la cual la pieza en bruto es mantenida inmóvil, por tanto sin tener en cuenta la orientación « local » de la superficie externa que haya que obtener para la pieza (el molde) considerada, se favorecen movimientos monótonos de al menos ciertas articulaciones del robot, lo que tiene por efecto aumentar la velocidad media de desplazamiento de la herramienta por el robot, y por consiguiente disminuir el tiempo necesario para el mecanizado de una pieza.
- Esto está favorecido igualmente por el hecho de que la pieza en bruto es inmóvil durante las operaciones de mecanizado..
- Por « movimiento monótono », se entiende un desplazamiento de al menos uno de los segmentos – elementos del cuerpo – del robot, que resulta de un mando de uno de los accionadores rotatorios del robot, y en el transcurso del cual el sentido de rotación del accionador no es invertido.
- A título de ejemplo, para un robot de seis ejes – y accionadores – rotatorios en serie, en el cual se indican estos ejes – igual que los accionadores rotatorios y las articulaciones correspondientes a estos ejes – por AX1 a AX6 partiendo de la base del robot hasta su órgano terminal, el hecho de disociar la orientación de la herramienta de la normal (local) a la superficie que haya que mecanizar, permite al robot tener una información para el mando del accionador correspondiente al eje AX5, y permite disminuir la amplitud de movimiento de los ejes AX1, AX4, y AX6, privilegiando movimientos monótonos y/o de gran amplitud en los ejes AX2, AX3, y AX5.
- Así, con movimientos angulares de gran amplitud para estos ejes AX2, AX3, y AX5, el robot puede acelerar de modo significativo para estos ejes AX2, AX3, y AX5.
- Este aumento de la velocidad media de mecanizado es favorecido todavía previendo que el eje de rotación del soporte rotatorio sea paralelo al eje AX1 de articulación mutua de los primeros segmentos del robot, y en su caso disponiendo este eje en una parte periférica (es decir, alejada del eje AX1 del robot) del volumen de trabajo del robot, es decir del volumen accesible por la herramienta llevada por el robot.
- Este aumento de la velocidad media de mecanizado puede ser favorecido igualmente previendo disponer el plano del soporte rotatorio que recibe la pieza en bruto – y por consiguiente la base de la pieza en bruto – a una cota media a lo largo de un eje paralelo al eje AX1 del robot, que sea tal que la cota sobre este eje del centro de la pieza y/o de la pieza en bruto esté confundida con – o sea próxima a – la cota, en el mismo eje, del eje AX2 de articulación mutua de los segundo y tercero segmentos del robot.
- En el caso en que el eje AX1 del robot y el eje de rotación del soporte rotatorio sean verticales, el plano de soporte rotatorio puede estar colocado entonces debajo de « la altitud » del eje AX2 del robot, a una distancia igual o próxima a la semialtura de la pieza en bruto (y/o de la pieza que haya que mecanizar). Esto permite igualmente utilizar el robot más pequeño posible para mecanizar una pieza determinada.
- Especialmente para el mecanizado de un molde para la fabricación de un aparato ortopédico, el número de posiciones de mecanizado distintas, que corresponde en ciertos casos al número de rotaciones del soporte rotatorio aumentado en una unidad – y al número de operaciones b1) o b2), – está situado generalmente en un intervalo que va de 2 a 8, en particular situado en un intervalo que va de 2 o 3 a 6.
- Especialmente, cuando este número de posiciones está situado en un intervalo que va de 2 a 4, el ángulo de rotación del soporte rotatorio puede ser de 90 grados o de 180 grados. En estos casos especialmente, los planos de mecanizado pueden ser ortogonales o paralelos entre sí.
- A diferencia de un procedimiento en el cual la rotación del soporte rotatorio de la pieza en bruto fuera continua y/o concomitante con el mecanizado y con los desplazamientos de la herramienta por el robot, en un procedimiento de acuerdo con la invención, podrá ser necesario realizar una separación o « repliegue » de la herramienta a fin de alejar la herramienta de la pieza en bruto el tiempo de proceder a la rotación del soporte rotatorio, a fin de evitar una eventual interferencia entre la pieza en bruto y la herramienta, el mandril porta herramienta, y/o el robot. En este caso, sorprendentemente, se ha podido constatar que la pérdida de tiempo ocasionada por estos movimientos de repliegue, afecta de modo poco perceptible a la velocidad media de mecanizado obtenida.
- Para cada separación o « repliegue », se puede provocar un desplazamiento de la herramienta en sentido contrario a lo largo de una parte sustancial de la trayectoria de la herramienta realizada en último lugar, en particular a lo largo de una mitad de la trayectoria de la herramienta realizada en último lugar, seguido de un desplazamiento de la herramienta según una normal al plano de mecanizado correspondiente a la operación de mecanizado en curso, en el sentido de un alejamiento relativo de la herramienta y del plano de mecanizado, y en una distancia al menos igual a la semilongitud de la parte « activa » de la herramienta.
- Esto puede permitir evitar proceder a un aprendizaje de un movimiento de repliegue para cada secuencia de mecanizado y para cada pieza que haya que mecanizar.

- De acuerdo con otro aspecto de la invención, se propone igualmente un dispositivo configurado de modo que realice un procedimiento de acuerdo con la invención. Tal dispositivo de mecanizado de un molde para la fabricación de un aparato ortopédico está definido en la reivindicación 15. El mismo comprende especialmente un soporte de pieza en bruto montado rotatorio según un eje de rotación, comprendiendo un robot (de cinco o seis ejes) cinco o seis articulaciones giratorias en serie y que lleva un mandril para arrastrar en rotación una herramienta de mecanizado tal como una fresa, así como una unidad de mando – tal como una unidad electrónica de mando con microprocesador - dispuesta, en particular programada, para mandar el funcionamiento de los accionadores del robot y para mandar la rotación del soporte rotatorio de la pieza en bruto, de modo que se realicen las operaciones de un procedimiento de acuerdo con la invención.
- De acuerdo con un modo de realización, los ejes de rotación de los accionadores del robot correspondientes a los ejes indicados por AX4, AX5 de articulación mutua de los cuarto, quinto y sexto segmentos del robot, y en su caso el eje AX6, como se indicó anteriormente, coinciden - o concurren – en un punto.
- Especialmente cuando el eje longitudinal (indicado por X6 en la figura 8) de rotación de la herramienta coincide con los ejes AX4 y AX5 del robot, este último puede comprender cinco ejes solamente.
- Otros aspectos, características, y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto en la descripción que sigue refiriéndose a las figuras anejas, que ilustra, sin ningún carácter limitativo, modos preferidos de realización de la invención.

Breve descripción de las figuras

- La figura 1 es una vista en perspectiva esquemática que ilustra operaciones de un procedimiento de fabricación de un molde para la fabricación de un corsé.
- La figura 2 es una vista en perspectiva esquemática que ilustra operaciones de un procedimiento de fabricación de dos moldes para la fabricación de dos elevadores.
- La figura 3 es una vista en perspectiva esquemática que ilustra operaciones de un procedimiento de fabricación de un molde para la fabricación de un corsé-asiento.
- La figura 4 es una vista en perspectiva esquemática que ilustra operaciones de un procedimiento de fabricación de un molde para la fabricación de un verticalizador (aparato que permite a un paciente tomar la posición derecha).
- En las figuras 1 a 4 están representadas esencialmente las trayectorias de la extremidad de una herramienta de fresado utilizada para mecanizar un bloque de espuma de material plástico.
- Las figuras 5 a 7 son vistas en perspectiva esquemática que ilustran operaciones sucesivas de un procedimiento de fabricación de un molde para la fabricación de una pieza (ficticia) en forma de paralelepípedo rectángulo.
- La figura 8 es una vista que ilustra esquemáticamente un robot y un soporte rotatorio que lleva una pieza en bruto de molde para la fabricación de un aparato ortopédico.

Descripción detallada de la invención

- Salvo indicación explícita en contrario, elementos u órganos – estructural o funcionalmente – idénticos o similares están designados por referencias idénticas en las diferentes figuras.
- Refiriéndose a la figura 8 en particular, para la fabricación de un molde 15 a partir de una pieza en bruto 10 constituida por un bloque de espuma de material plástico, se fija la pieza en bruto por su base 11 sobre un soporte 12 que es arrastrado en rotación según un eje 13 por un accionador 14 tal como un motor eléctrico.
- En la configuración ilustrada en la figura 8, el soporte 12 que soporta a la pieza en bruto 10 se extiende según un plano horizontal; el eje 13 de rotación es vertical y está sensiblemente confundido con los ejes de simetría y de mayor dimensión de la pieza en bruto 10 así como del molde 15 que haya que mecanizar, presentando el molde que haya que mecanizar y la pieza en bruto, cada uno, una forma de paralelepípedo rectángulo.
- El dispositivo utilizado para la fabricación del molde comprende además un robot 16 de cinco ejes en « serie » fijado a un zócalo 17 y utilizado para desplazar una herramienta 18 de fresado cuya extremidad 19 está redondeada, en particular es semiesférica.
- El cuerpo del robot está constituido esencialmente por seis segmentos 161 a 166 unidos entre sí dos a dos « en serie », por cinco articulaciones de ejes respectivos AX1 a AX5, comprendiendo cada articulación respectivamente un accionador rotatorio para asegurar un desplazamiento relativo (en rotación) de los dos segmentos sucesivos del robot que la articulación considerada une:
- el primer segmento 161, que es la base (fija) del robot, es solidario del zócalo 17;

- el segundo segmento 162 es arrastrado en rotación según el primer eje AX1, con respecto al segmento 161, por el accionador rotatorio de la primera articulación que une el segmento 162 al segmento 161;

- el tercer segmento 163 es arrastrado en rotación según el segundo eje AX2, con respecto al segmento 162, por el accionador rotatorio de la segunda articulación que une el segmento 163 al segmento 162;

5 - el cuarto segmento 164 es arrastrado en rotación según el tercer eje AX3, con respecto al segmento 163, por el accionador rotatorio de la segunda articulación que une el segmento 164 al segmento 163;

- el quinto segmento 165 es arrastrado en rotación según el cuarto eje AX4, con respecto al segmento 164, por el accionador rotatorio de la segunda articulación que une el segmento 165 al segmento 164;

10 - el sexto segmento 166 es arrastrado en rotación según el quinto eje AX5, con respecto al segmento 165, por el accionador rotatorio de la quinta articulación que une el segmento 166 al segmento 165.

La herramienta 18, que se extiende según el eje X6, es arrastrada en rotación según este eje por un mandril eléctrico montado en el segmento 166.

En la figura 8, se puede observar que el primer eje AX1 del robot es vertical, que los ejes AX2 y AX3 son horizontales y paralelos, y que los ejes AX4, AX5 y X6 presentan un punto de intersección común.

15 El dispositivo de mecanizado comprende además una unidad electrónica de mando con microprocesador – no representada –, tal como un ordenador asociado a una memoria que contiene datos representativos del molde que haya que mecanizar, que está unida a los accionadores del robot y al accionador del soporte rotatorio. Esta unidad de mando está programada para mandar el funcionamiento de los accionadores del robot y para mandar la rotación del soporte rotatorio de la pieza en bruto, como se describe en la presente.

20 Refiriéndose a las figuras 5 a 8, el mecanizado de una pieza 15 de forma paralelepípedica en el interior de la pieza en bruto 10, puede efectuarse del modo siguiente:

- se eligen dos planos de mecanizado PU1, PU2 que son paralelos a, - y contienen, en la configuración representada en la figura 5 – el eje 13 de mayor dimensión de la pieza 15 que haya que mecanizar, estos planos son elegidos de tal modo que sus respectivas distancias 22, 23 a las caras externas 20, 21 de la pieza en bruto a lo largo de las
25 cuales se extienden respectivamente estos planos, sean inferiores a la longitud « activa » de la herramienta de fresado, de modo que se evite una interferencia entre la pieza en bruto y la parte « inactiva » de la herramienta y/o con el mandril que lleva a la herramienta;

- se mandan los accionadores del robot de modo que se posicione la extremidad de la herramienta de fresado, y que después se desplace esta extremidad de la herramienta, de modo que esta extremidad de la herramienta « barra »
30 una superficie constituida por el empalme de la superficie externa 150, 151 de una primera parte de la pieza 15 que se extiende entre el primer plano de mecanizado PU1 y el robot, y la parte de este plano PU1 que se extiende en el interior de la pieza en bruto y alrededor de esta superficie externa de una primera parte de la pieza 15; a tal efecto, como ilustra la figura 6, se desplaza la extremidad de la herramienta de fresado según una trayectoria que comprende tramos 30 de trayectoria ascendente, tramos 31 de trayectoria descendente, y tramos 32, 33 de unión
35 que unen cada uno un tramo 30 de trayectoria ascendente al tramo 31 de trayectoria descendente siguiente (respectivamente precedente).

Como puede observarse especialmente en la figura 6, ciertos tramos 30, 31 de trayectoria son rectilíneos, paralelos, y están contenidos en el plano PU1, mientras que otros tramos 30, 31 de trayectoria comprenden porciones – tales como las indicadas por 310 y 320 – que se extienden a distancia del plano PU1, extendiéndose estas porciones 310,
40 320 de trayectoria sobre porciones 150, 151 de la superficie externa de la pieza 15 que haya que mecanizar.

Generalmente, mientras que la extremidad de la herramienta es desplazada por el robot según estas trayectorias 30 a 33, el eje (X6 véase la figura 8) longitudinal – y de rotación – de la herramienta es mantenido paralelo a una dirección 29 poco inclinada con respecto a la normal al plano PU1: la inclinación del eje X6 con respecto a esta normal es generalmente inferior a – o próxima a – 20 grados o 30 grados.

45 A continuación de este mecanizado parcial de la pieza en bruto 10 ilustrado en la figura 6, se modifica la orientación mutua de la pieza en bruto y la herramienta de fresado, generalmente modificando la orientación mutua de la pieza en bruto y del robot, con la ayuda del soporte rotatorio de posicionamiento de la pieza en bruto; se provoca una rotación del plato y de la pieza en bruto, según el eje 13, de 90 grados en este ejemplo, para proceder a continuación a las operaciones de mecanizado con respecto al segundo plano de mecanizado PU2 que es
50 perpendicular al plano PU1, como está ilustrado en la figura 7.

Previamente a esta rotación de la pieza en bruto, se hace seguir a la herramienta generalmente una trayectoria de separación que comprende un tramo 34 que se extiende a lo largo del tramo 31 de trayectoria recorrido en último lugar. Estos tramos 34, 31 están sensiblemente confundidos, siendo la longitud del tramo 34 próxima a la semilongitud del tramo 31 realizado en último lugar.

La trayectoria de separación comprende además un tramo 35 de trayectoria, extendiéndose este tramo sensiblemente perpendicularmente al plano PU1; la longitud de este tramo es al menos igual a la de la parte activa de la herramienta 18, por ejemplo al menos igual a la longitud de esta herramienta.

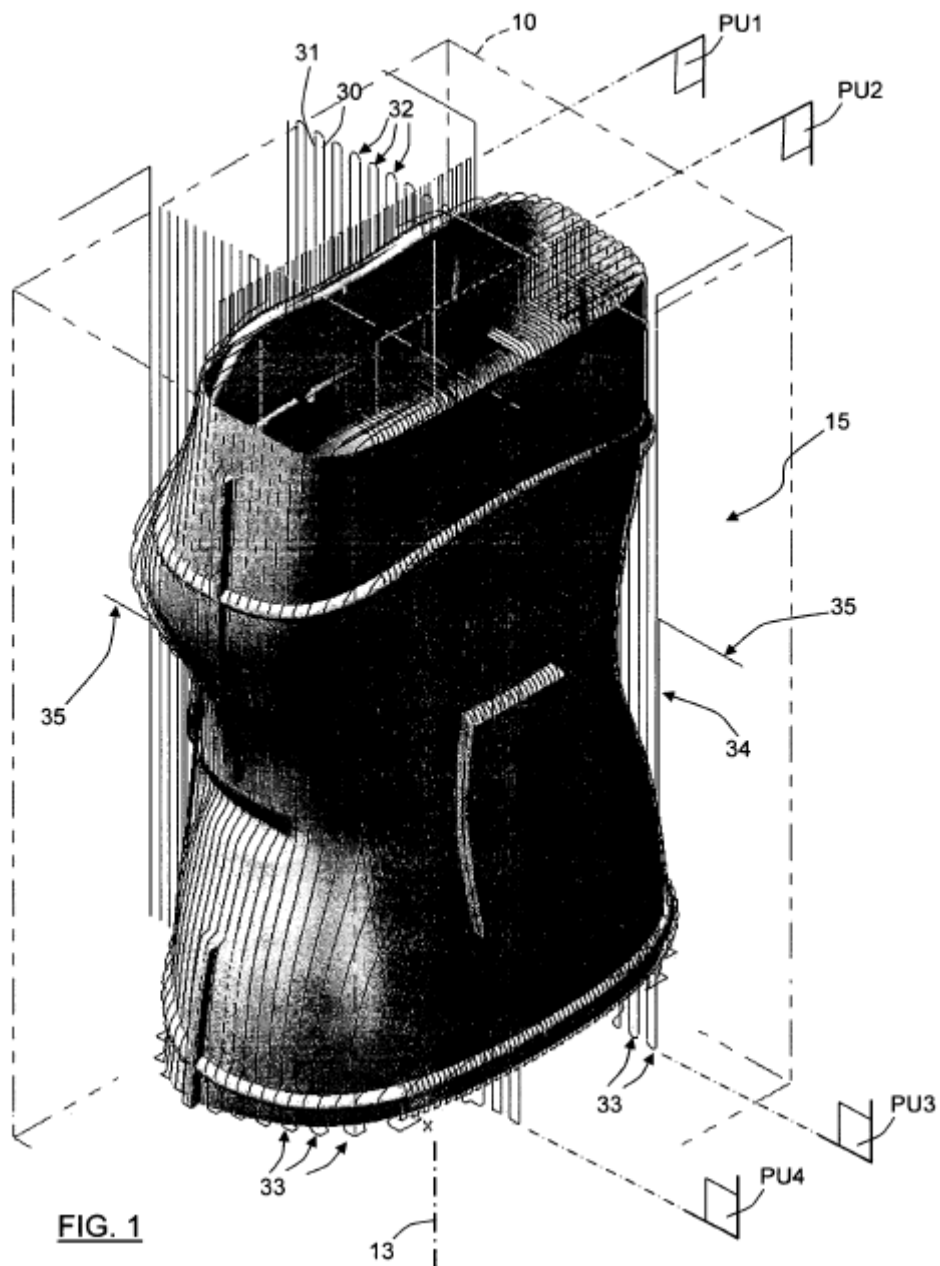
- 5 Después de la rotación de la pieza en bruto, se mandan los accionadores del robot de modo que se posicione la extremidad de la herramienta de fresado, y que después se desplace esta extremidad de herramienta, de modo que esta extremidad de herramienta se desplace a lo largo de una superficie constituida por el empalme de la superficie externa de una segunda parte de la pieza 15 que se extiende entre el segundo plano de mecanizado PU2 y el robot, y la parte de este plano PU2 que se extiende en el interior de la pieza en bruto restante y alrededor de esta superficie externa de una segunda parte de la pieza 15.
- 10 A tal efecto, como se describió anteriormente y como está ilustrado en la figura 7, se desplaza la extremidad de la herramienta de fresado según una trayectoria que comprende tramos 30, 31 de trayectoria que se extienden en planos de desplazamiento Pld sensiblemente perpendiculares al plano PU2, tramos 32, 33 de unión, y en último lugar tramos 34, 35 de trayectoria de separación de la herramienta.
- 15 Los planos Pld de desplazamiento en los cuales se extienden los tramos 30, 31 de trayectoria a lo largo de los cuales la velocidad de desplazamiento de la herramienta es máxima, están generalmente espaciados regularmente una distancia que puede ser próxima a la cuarta parte – u octava parte – del diámetro de la herramienta de fresado.
- A título de ejemplo, para una fresa que tenga un diámetro de 20 milímetros, el paso de desplazamiento de estos planos puede ser del orden de 2,5 milímetros a 5 milímetros aproximadamente.
- 20 Para el mecanizado final de la pieza 15, posteriormente a la configuración de mecanizado parcial ilustrada en la figura 7, se modifica una segunda vez la orientación mutua de la pieza en bruto y del robot, por una rotación de 90 grados del plato que soporta la pieza en bruto, para proceder a las operaciones finales de fresado, refiriéndose al primer plano PU1 de mecanizado.
- 25 Se mantiene entonces el eje de la herramienta de fresado según una dirección opuesta a la indicada por 29 en la figura 6, y se procede al mecanizado final desplazando la herramienta sostenida por el robot según una trayectoria similar a las ilustradas en las figuras 6 y 7.
- Para los modos de realización ilustrados en las figuras 1 y 2, se procede del modo descrito anteriormente. Puede observarse en estas figuras que el mecanizado es realizado según cuatro planos de mecanizado PU1 a PU4 que son paralelos dos a dos, y paralelos al eje 13.
- 30 Se procede de modo similar para el modo de realización ilustrado en la figura 3, orientando y desplazando la herramienta de fresado con respecto a tres planos PU1, PU3, PU4 que son paralelos al eje 13, según tres secuencias respectivas de mecanizado. Además, en una cuarta secuencia de mecanizado, se provoca el desplazamiento de la herramienta refiriéndose a un cuarto plano de mecanizado (no representado) que es ortogonal al eje 13.
- 35 Se procede igualmente de modo similar para el modo de realización ilustrado en la figura 4, desplazando la herramienta con respecto a seis planos PU1 a PU6 de mecanizado, en seis secuencias de mecanizado.
- En este modo de realización, los planos PU3 a PU6 son paralelos dos a dos y paralelos al eje 13, mientras que los planos PU1 y PU2 – que cortan respectivamente a los planos PU5 y PU6 según las rectas D5 y D6 – están inclinados con respecto al eje 13.
- 40 Con el mismo objetivo que el indicado anteriormente, los planos PU1 y PU2 se extienden respectivamente a lo largo de los dos ejes de mayor dimensión de las partes del molde que haya que mecanizar que corresponden a los muslos del paciente. En este modo de realización, el ángulo formado por los planos PU1 y PU2 es determinado por la abducción de las piernas del paciente.
- Por otra parte, el hecho de mecanizar cada parte lateral externa (izquierda y derecha) del molde según dos secuencias de mecanizado, respectivamente con respecto a dos planos de mecanizado mutuamente inclinados, es decir los planos PU1 y PU5 para la parte izquierda del molde y los planos PU2 y PU6 para la parte derecha del molde, permite limitar las amplitudes de movimiento de al menos uno de los ejes del robot, en particular del eje AX5.
- 45 La invención se beneficia del hecho de que la arquitectura electromecánica de un robot le proporciona una gran capacidad de aceleración a poco que se manden los accionadores del robot de modo que se haga seguir a la herramienta trayectorias « simples » (o « uniformes »), idealmente trayectorias circulares, rectilíneas, o trayectorias caracterizables por una ecuación simple.
- 50 Contrariamente a una fresadora que desplace la herramienta a una velocidad de desplazamiento constante, el robot acelera y desacelera entre cada punto que caracteriza una inflexión de la trayectoria que haya que seguir; así, cuanto mayor es la distancia entre dos puntos de inflexión, mayor posibilidad tiene el robot de alcanzar su velocidad máxima.

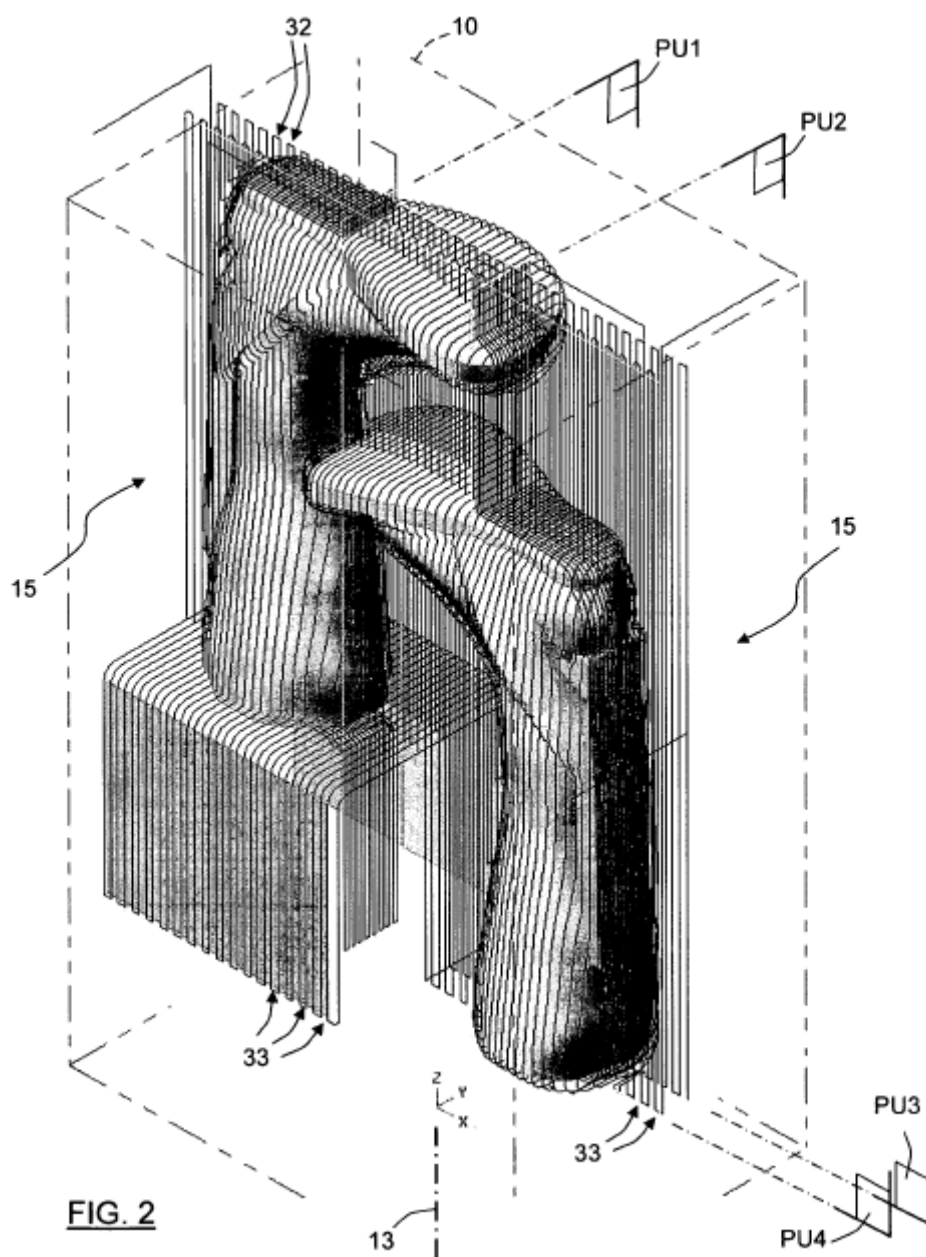
La invención se beneficia igualmente del hecho de que las inversiones de sentido de rotación de los motorreductores de las articulaciones del robot son menos frecuentes – si no eliminadas – cuando la herramienta describe las trayectorias descritas anteriormente, en particular cuando la herramienta describe las porciones de trayectoria 30, 31, lo que permite aumentar la velocidad media de desplazamiento de la herramienta por el robot.

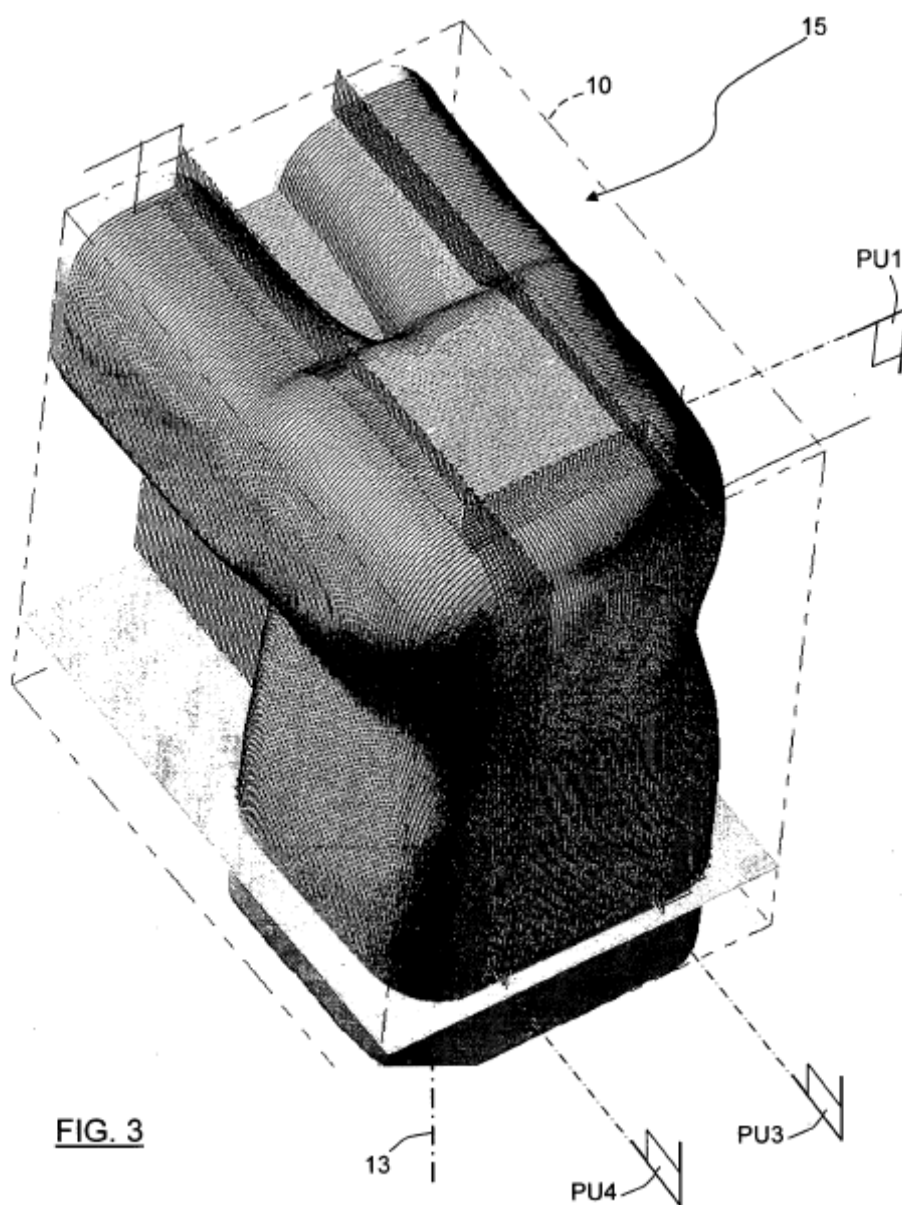
REIVINDICACIONES

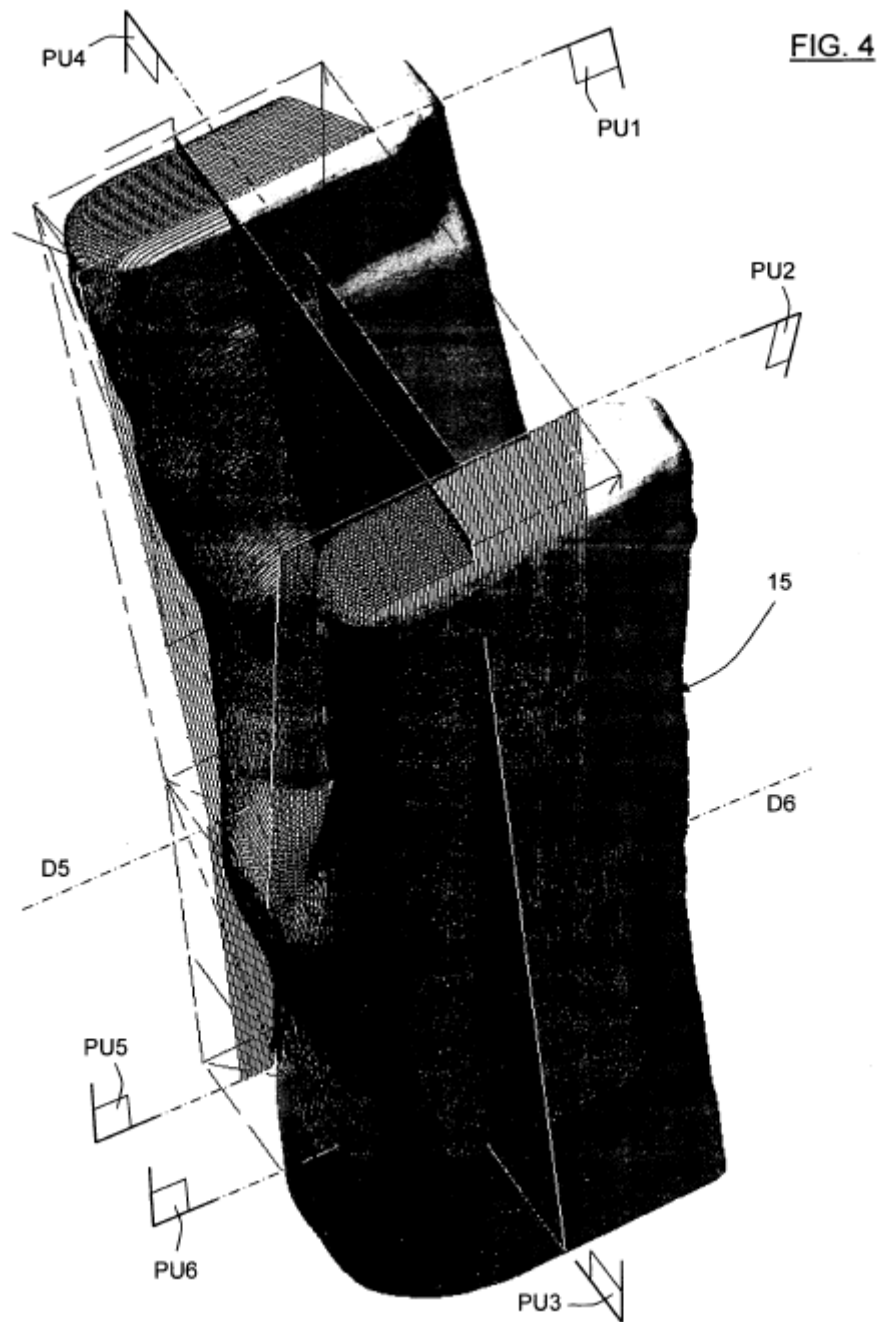
1. Procedimiento de mecanizado de un molde (15) para la fabricación de un aparato ortopédico, con la ayuda de una máquina (16) de al menos cinco ejes que lleva una herramienta (18) rotatoria, en el cual la máquina es un robot que comprende al menos cinco articulaciones (AX1 a AX5) giratorias en serie, y en el cual :
 - 5 - se fija una pieza en bruto (10) del molde a un soporte (12) montado rotatorio según un eje (13) de rotación,
 - se dispone sucesivamente una pieza en bruto (10) del molde en varias posiciones de mecanizado distintas con respecto al robot, por rotación del soporte rotatorio, y
 - para cada una de estas posiciones de mecanizado, se mecaniza la pieza en bruto manteniendo la dirección (29) de la herramienta sensiblemente fija, y desplazando la extremidad de la herramienta a lo largo de trayectorias (30, 31) sucesivas que se extienden en planos (Pld) de desplazamiento paralelos.
- 10 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 en el cual los planos (Pld) de desplazamiento son paralelos a un eje (13) de mayor dimensión del molde.
3. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2 en el cual los planos (Pld) de desplazamiento están espaciados un paso próximo a la cuarta parte o la octava parte del diámetro de la parte cortante de la herramienta (18).
- 15 4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3 que comprende las operaciones siguientes:
 - a1) fijar una pieza en bruto del molde al soporte (12) rotatorio;
 - b1) manteniendo inmóvil el soporte rotatorio, mecanizar parcialmente la pieza en bruto con la ayuda de la herramienta rotatoria, manteniendo el eje (X6) (de rotación) de la herramienta sensiblemente paralelo a una
 - 20 dirección (29) determinada con respecto a la pieza en bruto;
 - c1) alejar (35) la herramienta de la pieza en bruto parcialmente mecanizada al final de la operación b1);
 - d1) elegir una segunda dirección determinada con respecto a la pieza en bruto diferente de la primera dirección determinada con respecto a la pieza en bruto, y en su caso provocar una rotación del soporte rotatorio según un ángulo de rotación que sea igual a – o determinado en función de – el ángulo formado por la primera y segunda
 - 25 dirección determinada con respecto a la pieza en bruto; y después
 - repetir la operación b1) manteniendo el eje de rotación de la herramienta sensiblemente paralelo a la segunda dirección determinada con respecto a la pieza en bruto.
- 30 5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, comprendiendo el robot un accionador rotatorio asociado a cada una de las articulaciones y que lleva un mandril para arrastrar en rotación la herramienta de mecanizado, en el cual:
 - a2) se fija la pieza en bruto del molde al soporte rotatorio;
 - b2) manteniendo inmóvil el soporte rotatorio de modo que se disponga la pieza en bruto en una de las citadas posiciones de mecanizado, se arrastra la herramienta en rotación y se mandan los accionadores rotatorios del robot para desplazar la herramienta interfiriendo con la pieza en bruto para provocar una retirada de material,
 - 35 manteniendo sensiblemente fija la orientación del eje de rotación de la herramienta con respecto a un plano de mecanizado (PU1 a PU6), siendo mandados los accionadores del robot para desplazar la herramienta a lo largo de planos de desplazamiento que son sensiblemente paralelos al eje de rotación del soporte rotatorio, espaciados sensiblemente regularmente, y sensiblemente perpendiculares al plano de mecanizado;
 - c2) se aleja la herramienta de la pieza en bruto parcialmente mecanizada al final de la operación b2);
 - 40 - d2) se provoca una rotación del soporte rotatorio para disponer la pieza en bruto en otra posición de mecanizado con respecto al robot; y
 - se repite al menos una vez la operación b2) modificando el plano de mecanizado.
- 45 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5 en el cual la herramienta está constituida por una fresa que presenta una parte activa que comprende una porción cilíndrica y/o una porción (19) semiesférica, y órganos de corte repartidos sobre esta o estas porciones.
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6 en el cual el eje (13) de rotación del soporte rotatorio es paralelo al eje (AX1) de articulación de los dos primeros segmentos (161, 162) del robot y se extiende en una parte periférica del volumen de trabajo del robot.

- 5 8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7 en el cual el plano del soporte rotatorio que recibe la pieza en bruto está dispuesto en una cota medida a lo largo de un eje paralelo al eje (AX1) de articulación mutua de los dos primeros segmentos (161, 162) del robot, que es tal que la cota (98) sobre este eje del centro (97) del molde o de la pieza en bruto esté confundida con – o sea próxima a – la cota (99), sobre el mismo eje, del eje (AX2) de articulación mutua de los segundo y tercero segmentos (162, 163) del robot.
- 10 9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8 en el cual el eje (AX1) de articulación mutua de los dos primeros segmentos (161, 162) del robot y el eje (13) de rotación del soporte rotatorio son verticales, estando colocado el plano del soporte rotatorio debajo de la altitud del eje (AX2) de articulación mutua de los segundo y tercero segmentos (162, 163) del robot, a una distancia igual o próxima a la semialtura de la pieza en bruto o del molde.
- 15 10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9 en el cual el número de posiciones de mecanizado distintas, que en su caso corresponde al número de rotaciones del soporte rotatorio – y al número de operaciones b1) o b2) – aumentado en una unidad, está situado en un intervalo que va de 2 a 8, en particular situado en un intervalo que va de 2 a 6.
- 20 11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 a 10 en el cual el ángulo de rotación del soporte rotatorio es de 90 grados o de 180 grados.
12. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 a 11 en el cual al menos dos de los planos de mecanizado (PU1 a PU6) son ortogonales.
- 25 13. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 a 12 en el cual al menos dos de los planos de mecanizado (PU1 a PU6) son paralelos.
14. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 a 13 en el cual, para cada operación c1) o c2) de separación o « repliegue », se provoca un desplazamiento (34) de la herramienta en sentido contrario a lo largo de una mitad de la trayectoria de la herramienta realizada en último lugar, seguido de un desplazamiento (35) de la herramienta según una normal al plano de mecanizado (PU1 a PU6) correspondiente a la operación de mecanizado en curso, en el sentido de un alejamiento relativo de la herramienta y del plano de mecanizado, y en una distancia al menos igual a la semilongitud de la parte « activa » de la herramienta.
- 30 15. Dispositivo de mecanizado de un molde (15) para la fabricación de un aparato ortopédico, comprendiendo el dispositivo un soporte (12) de pieza en bruto (10) montado rotatorio según un eje (13) de rotación, un robot (16) que comprende al menos cinco articulaciones (AX1 a AX5) giratorias en serie y que llevan un mandril para arrastrar en rotación una herramienta (18) de mecanizado, así como una unidad de mando – tal como una unidad electrónica de mando con microprocesador – programada para mandar el funcionamiento de los accionadores del robot y para mandar la rotación del soporte rotatorio de la pieza en bruto, de modo que se realicen las operaciones de un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 14.
- 35 16. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 15, en el cual los ejes (AX4, AX5) de articulación mutua de los cuarto, quinto, y sexto segmentos (164, 165, 166) del robot, y en su caso el eje (X6) de rotación de la herramienta (18), concurren en un punto (96).









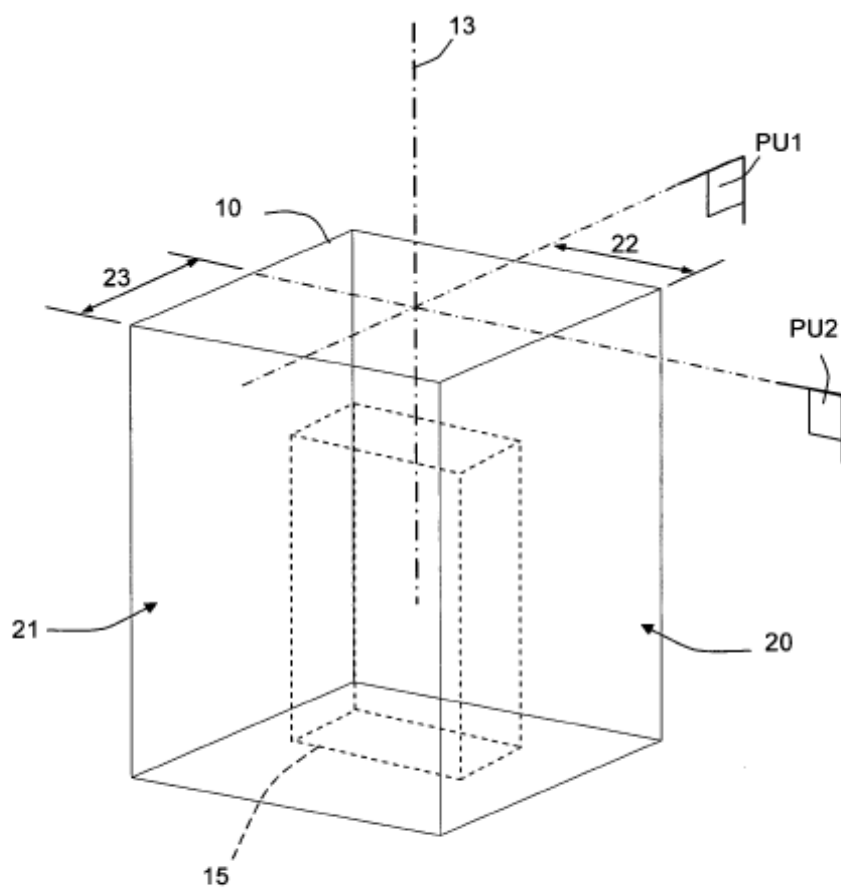


FIG. 5

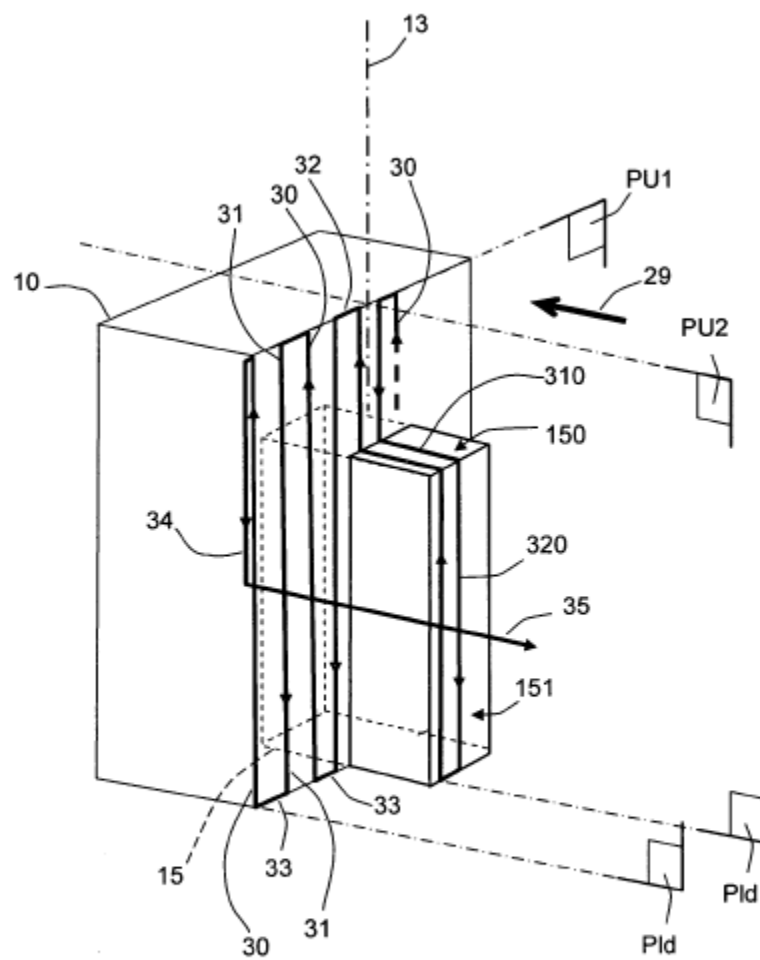


FIG. 6

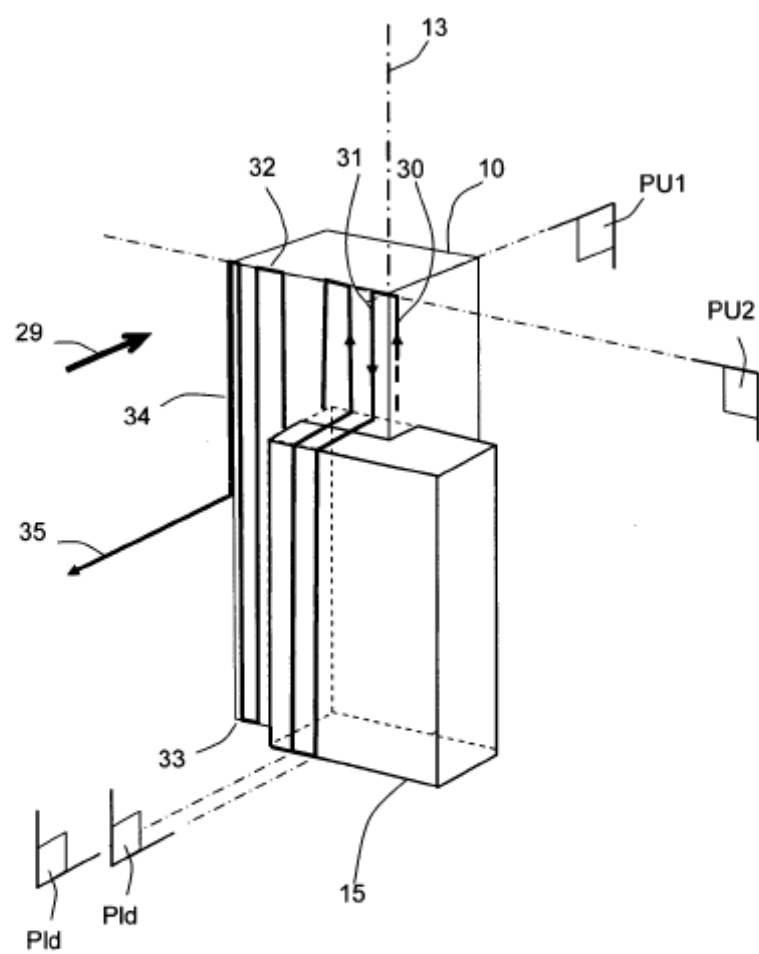


FIG. 7

