

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 684 141**

51 Int. Cl.:

**B23K 26/073** (2006.01)

**B23K 26/38** (2014.01)

**B23K 26/08** (2014.01)

**B23K 26/04** (2014.01)

**B24C 1/04** (2006.01)

**B26F 3/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.12.2010** **E 10405236 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018** **EP 2338634**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para separar una capa de material a lo largo de una línea de separación mediante un chorro de corte**

30 Prioridad:

**17.12.2009 CH 19372009**

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

**01.10.2018**

73 Titular/es:

**MICROWATERJET AG (100.0%)  
Mittelstrasse 8  
4912 Aarwangen, CH**

72 Inventor/es:

**MAURER, WALTER**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 684 141 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 para separar una capa de material a lo largo de una línea de separación mediante un chorro de corte

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo de separación para separar una capa de material mediante un chorro de corte de acuerdo con el preámbulo de las reivindicaciones 1-2 y 10 (véase p.ej. el documento US6 922 605 B1). El chorro de corte puede estar realizado p.ej. en forma de un chorro de líquido o de un rayo láser (respecto al corte con chorro de agua, véanse p.ej. los documentos US 6,766,216 B2 o US 6,922,605 B1).  
 10 El chorro de corte que se forma al salir del cabezal de corte no presenta una geometría fija, sino que forma una especie de herramienta dinámica, cuya acción en la capa de material a separar puede cambiar a lo largo del tiempo.

El posicionamiento del chorro de corte respecto a una línea de separación a lo largo de la cual debe separarse una capa de material determinada es conocido considerar la sección transversal del chorro de corte como circular e invariable. No obstante, este planteamiento restringe los límites de las precisiones con las que puede separarse una capa de material. Este modelo no es adecuado para una separación muy precisa.

La solicitud de patente japonesa JP 5 019825 A se refiere a un procedimiento en el que se corta mediante un rayo láser controlado por CN a lo largo de una línea circular. Se propone prever un desplazamiento del rayo láser en la dirección radial para compensar el retardo del servosistema del control numérico.

20 En el documento US 5,609,284 está descrita una técnica diferente, que es adecuada para separar una capa de material de vidrio. En lugar de un chorro de corte se usa en esta técnica alternativamente calor y frío para separar una capa de vidrio. En primer lugar, se forma una fisura no pasante calentándose el vidrio mediante el rayo láser y enfriándose a continuación mediante un refrigerante. Al volver a calentar, aumenta la profundidad de la fisura hasta la separación completa de la capa de vidrio.

25 Uno de los objetivos de la presente invención es indicar un procedimiento que permita una separación precisa de una capa de material mediante un chorro de corte.

En la reivindicación 1 o 2 se indica un procedimiento con el que se consigue este objetivo. En la reivindicación 10 se indica un dispositivo de separación que consigue este objetivo. Las otras reivindicaciones indican realizaciones preferibles del procedimiento, del dispositivo de separación, así como un uso del procedimiento y/o del dispositivo de separación.

35 En el procedimiento, la distancia que el chorro de corte impacta lateralmente desplazado respecto a la línea de separación sobre una capa de material, queda definida, de acuerdo con la reivindicación 1, en función de los cambios en la velocidad de desplazamiento con la que se desplaza el chorro de corte y, de acuerdo con la reivindicación 2, en función de las desviaciones de la sección transversal efectiva del chorro de corte de una forma circular. Esto permite respectivamente una separación precisa de la capa de material.

40 A continuación, la invención se explicará con ayuda de ejemplos de realización haciéndose referencia a las Figuras. Muestran

La Figura 1 una vista en perspectiva de un dispositivo de separación de acuerdo con la invención.

45 La Figura 2 una vista lateral parcialmente en corte de una capa de material que se separa con un dispositivo de separación de acuerdo con la Figura 1.

La Figura 3 un ejemplo de realización de una sección transversal que representa la geometría del chorro de corte.

50 La Figura 4 una vista en planta desde arriba de una pieza de trabajo que se corta usándose el ejemplo de realización de acuerdo con la Figura 3, indicándose también la trayectoria de mecanizado modificada de acuerdo con la invención.

55 La Figura 5 otro ejemplo de realización de una forma de sección transversal que representa la geometría del chorro de corte.

La Figura 6 la acción geométrica del chorro de corte en una pieza de trabajo con tres velocidades de desplazamiento diferentes.

60 La Figura 7 un ejemplo del desarrollo de la velocidad de desplazamiento  $V$  con la que el chorro de corte se mueve a lo largo de una línea de separación, significando  $S$  el recorrido realizado desde un punto de inicio.

65 La Figura 8 el desarrollo correspondiente de la distancia  $W$  entre el chorro de corte y la línea de separación como función de  $S$ .

La Figura 9 una vista en planta desde arriba de una pieza de trabajo que es cortada con un chorro de corte cuando W se determina en función de V.

La Figura 10 una variante de un dispositivo de separación con un cabezal de corte inclinado en una vista lateral.

La Figura 11 la vista en planta desde arriba de una pieza de trabajo en la que se ha generado un agujero con el dispositivo de separación de acuerdo con la Figura 10.

La Figura 1 muestra un dispositivo de separación con un bastidor 8 que está colocado en el suelo, en el que está dispuesto un puente 9 desplazable. En este está dispuesto un cabezal de corte 10 que es desplazable en la dirección transversal respecto al puente 9 y que es por lo tanto desplazable en el plano, así como en la dirección vertical respecto al mismo. El mando del cabezal de corte 10 se realiza mediante un control 15, por ejemplo, un control numérico en forma de un CNC.

En el proceso de separación sale un chorro de corte del cabezal de corte 10, separándose mediante este chorro de corte una capa de material 20 en forma de una pieza de trabajo. Como chorro de corte son adecuados p.ej. los siguientes tipos: chorro de agua de agua pura para el corte con agua pura o de agua con material abrasivo añadido, para el corte con agua con abrasivo, un chorro formado por otro líquido o también un chorro formado por otro medio, por ejemplo, un rayo láser, un chorro de plasma, el oxicorte, etc. El dispositivo de separación está equipado con los componentes habituales para generar el chorro de corte correspondiente.

El control 15 comprende equipos habituales para la entrada y salida de informaciones, como teclado, monitor y/o dispositivo indicador (p.ej. pantalla táctil), etc. y medios para el procesamiento de datos y para la generación de señales de control, que provocan en el funcionamiento un desplazamiento del cabezal de corte 10. Estos medios comprenden preferentemente un ordenador que presenta una unidad central (CPU) y una memoria, p.ej. en forma de una memoria de escritura/lectura (RAM) y/o un disco duro.

La Figura 2 muestra esquemáticamente un chorro de corte 11, que sale de un tubo focalizador del cabezal de corte 10 y que se propaga en la dirección de propagación 12. El chorro de corte 11 impacta sobre el lado superior 20a de la capa de material 20, la atraviesa y sale en el lado inferior 20b de la capa de material 20.

En el corte de acuerdo con la Figura 2, la línea de separación 21 predeterminada a lo largo de la cual debe separarse la capa de material solo se ve como punto. El chorro de corte 11, que presenta una extensión transversal respecto a la dirección de propagación 12, está dispuesto desplazado lateralmente una distancia W respecto a la línea de separación 21. Por lo tanto, en la capa de material 20 se forma una pared de separación, que sigue la línea de separación 21 deseada.

El valor que ha de elegirse para la distancia W depende de la forma geométrica actual del chorro de corte 11. Por un lado, la sección transversal efectiva que presenta el chorro de corte 11 al impactar sobre la capa de material 20 puede diferir de un disco circular. Por otro lado, la superficie de la sección transversal del chorro de corte 11 que actúa sobre la capa de material depende de la velocidad de desplazamiento (llamada también velocidad de avance) con la que se desplaza el chorro de corte 11. Estas dos posibilidades se explicarán más detalladamente en los siguientes apartados A) y B):

A) Forma no circular del chorro de corte

En el marco de la presente invención se ha detectado que el chorro de corte 11, como se genera p.ej. en el corte con chorro de agua pura o en el corte con chorro de agua con abrasivo, visto en corte transversal en la dirección perpendicular respecto a la dirección de propagación 12 puede diferir de una forma circular. Una forma no circular de este tipo puede deberse p.ej. a que en el cabezal de corte 10 puede producirse un desgaste a medida que aumentan las horas de funcionamiento, que es localmente irregular. El chorro de corte 10 para el corte con chorro de agua presenta por ejemplo un tubo focalizador 10a (véase la Figura 10), del que sale el chorro de corte 11 y que está sometido a un desgaste. En particular en el caso del corte con agua con abrasivo puede ser asimétrico, cuando las partículas abrasivas se alimentan por ejemplo lateralmente al cabezal de corte 10, por lo que la carga de la sección transversal del chorro de corte es geoméricamente no homogénea.

También es posible que se produzcan ya en la fabricación del cabezal de corte, en particular del tubo focalizador 10a, desviaciones de una forma circular, p.ej. por tolerancias de fabricación, por lo que la sección transversal efectiva del chorro de corte no es circular.

Una forma no circular de la sección transversal efectiva del chorro de corte 11 también puede producirse en caso de una posición inclinada del cabezal de corte 10.

Cuando un chorro de corte 11, como se muestra en la Figura 2, se desplaza de forma demasiado rápida o demasiado lenta, se forma por regla general una ranura de corte que está limitada por cantos de corte no paralelos.

Los cantos de corte 20c, 20d presentan por consiguiente una inclinación  $\delta$  respecto a la vertical en la superficie de la pieza de trabajo 20a (véase la Figura 2). Esta inclinación se denomina también "taper". Cuando el cabezal de corte 10 se inclina en el proceso de separación respecto a la vertical (véase la Figura 10), el "taper" puede compensarse al menos en uno de los cantos de corte 20c, 20d. La posición inclinada del cabezal de corte 10 hace, no obstante, que el chorro de corte 11, incluso cuando es circular en la dirección perpendicular respecto a la dirección de propagación, impacta con una sección transversal no circular en la pieza de trabajo 20. En la Figura 11 se muestra un ejemplo de una pieza de trabajo 20 en el que se ha generado un agujero 20e en una posición inclinada de acuerdo con la Figura 10 del cabezal de corte 10. Como puede verse, el agujero 20e presenta una forma no circular.

Para tener en cuenta las formas no circulares arriba mencionadas del chorro de corte 11, se procede de la siguiente manera:

En una primera etapa se detecta la forma geométrica actual del chorro de corte 11 con técnicas de medición, p.ej. mediante un dispositivo óptico. También es posible generar con el chorro de corte 11 uno o varios agujeros de prueba en una capa de material 20 y medir la forma generada. En caso de un cabezal de corte 10 inclinable, pueden elegirse diferentes ángulos de inclinación para generar los agujeros de prueba.

A continuación, se ajusta una elipse 11' a la forma medida, usándose p.ej. el método de los mínimos cuadrados u otro procedimiento matemático de adaptación adecuado. De ello resultan los siguientes parámetros (véase la Figura 3): la posición del punto cero U de la elipse 11' respecto a un sistema de coordenadas X, Y, Z dado, la longitud del eje principal a, así como del eje secundario b y el ángulo  $\alpha$  que la elipse 11' está girado respecto a uno de los ejes, p.ej. respecto al eje X.

Además de las mediciones arriba indicadas, también pueden aplicarse modelos empíricos, para determinar p.ej. un cambio a lo largo del tiempo de los parámetros de la elipse mostrados en la Figura 3. Puede tenerse en cuenta, por ejemplo, que el ángulo  $\alpha$  puede cambiar a lo largo del tiempo, p.ej. cuando cambia la geometría interior del tubo focalizador 10a por el desgaste. Cuando el cabezal de corte 10 está dispuesto de forma inclinada y/o rotatoria, también pueden usarse los modelos empíricos para determinar los parámetros de la elipse en función del ángulo de rotación o de inclinación.

La Figura 4 muestra un ejemplo de una pieza de trabajo 20 con una forma determinada, que debe cortarse de una capa de material. El contorno 21 define la forma de la superficie que debe presentar la pieza de trabajo 20 en el lado superior. En el presente ejemplo, la pieza de trabajo 20 presenta dos escotaduras, de modo que el contorno 21 está formado por un contorno exterior 21a y dos contornos interiores 21b y 21c.

Los datos que definen el contorno 21, así como datos respecto a los parámetros a, b,  $\alpha$ , U de la elipse 11' ajustada se transmiten al control 15. Este calcula con ayuda de un programa la distancia W, que el chorro de corte 11 o el punto cero U han de disponerse de forma lateralmente desplazada respecto al contorno 21, de modo que la elipse ajustada 11' es colindante con el contorno 21. El cálculo de W puede realizarse p.ej. como función del recorrido S que realiza el chorro de corte 11 desde el punto de inicio, cuando se desplaza a lo largo del contorno 21. En la Figura 4 están dibujadas las elipses 11' en diferentes puntos. En el presente ejemplo, el dispositivo de separación está ajustado de tal modo que el cabezal de corte 10 mantiene su orientación cuando se desplaza en el plano. Por lo tanto, el ángulo  $\alpha$  se mantiene invariable.

La línea de trazo continuo 25 en la Figura 4 define la trayectoria del punto cero U y, por lo tanto, la distancia W correspondiente. Como se puede ver, W cambia cuando el chorro de corte 11 se desplaza a lo largo del contorno 21. Para comparar, la línea de trazo interrumpido 24 muestra la trayectoria del punto cero U que resultaría en caso de una sección transversal circular constante del chorro de corte 11 y que en este caso corresponde a una distancia W0 constante del contorno 24. En la técnica de control, esta distancia constante W0 también se denomina también "Corrección del radio de la herramienta". La diferencia entre las dos líneas 24 y 25 refleja la mayor precisión con la que se corta la pieza de trabajo 20.

Para aumentar aún más la precisión, es imaginable reproducir la forma medida del chorro de corte 11 no en una elipse sino matemáticamente en otra forma geométrica, que está caracterizada por más parámetros que los que presenta la elipse. Por ejemplo, puede asignarse a la forma medida del chorro de corte 11 una secuencia de puntos N Pj, estando definido cada punto Pj por sus coordenadas respecto al punto cero U (véase la Figura 5). Los puntos Pj juntos forman por lo tanto una especie de nube de puntos 11". El punto Pj correspondiente está definido p.ej. de tal modo que queda dispuesto en el contorno de la forma medida del chorro de corte 11.

Para calcular la distancia W, los parámetros que definen la nube de puntos 11" se transmiten al control 15 y son procesados por el programa junto con los datos del contorno 21 a cortar.

B) Remoción variable del chorro de corte

Aparte de la forma no circular de la sección transversal del chorro de corte, también puede producirse un corte inexacto cuando la forma geoméricamente efectiva del chorro de corte 11 cambia al cambiar la velocidad de

desplazamiento V, con la que se desplaza. La acción del chorro de corte sobre la capa de material cuando el mismo se mueve en la dirección transversal respecto a la superficie superior de la capa de material con la velocidad V puede cambiar cuando cambia V, incluso si se mantiene constante p.ej. la distancia entre el cabezal de corte y la superficie superior (véase la Figura 2, en la que está dibujada esta distancia como distancia de trabajo d). A continuación, el punto de perforación de la dirección de propagación 12 del chorro de corte 11 con el lado superior 20a de la capa de material 20 (véase la Figura 2) se denomina también punto cero del chorro de corte 11.

La Figura 6 muestra un ejemplo en el que se corta un contorno interior 21c con tres velocidades de desplazamiento diferentes:

- Cuando el chorro de corte 11a se desplaza en la dirección 13 con la velocidad de desplazamiento  $V_0$  óptima, el chorro de corte 11a es colindante con la línea de separación 21c deseada y resultan cantos de corte que a diferencia de los cantos de corte 20c y 20d en la Figura 2 son paralelos unos a otros. La distancia entre el punto cero 12a del chorro de corte 11a y la línea de separación 21c está definida por  $W_0$  y corresponde a la mitad de la anchura de la ranura de corte.
- Cuando el chorro de corte 11b se desplaza con una velocidad de desplazamiento que es superior a  $V_0$ , queda reducida la remoción por el chorro de corte 11b en la zona de la entrada del chorro. Resulta una línea de separación 21c' que está dispuesta de forma desplazada hacia el interior respecto a la línea de separación 21c deseada. Para que el corte se realice a lo largo de la línea de separación 21c deseada, la distancia entre la línea de separación 21c y el punto cero 12c del chorro de corte 11b debe elegirse inferior a  $W_0$ .
- Cuando el chorro de corte 11b se desplaza con una velocidad de desplazamiento que es inferior a  $V_0$ , queda aumentada la remoción por el chorro de corte 11c en la zona de la entrada del chorro. Resulta una línea de separación 21c'' que está dispuesta de forma desplazada hacia el exterior respecto a la línea de separación 21c deseada. Para que el corte se realice a lo largo de la línea de separación 21c deseada, la distancia entre la línea de separación 21c y el punto cero 12c del chorro de corte 11b debe elegirse superior a  $W_0$ .

Puede determinarse en el marco de modelos empíricos la relación entre la velocidad de desplazamiento V y la distancia W que ha de elegirse, con la que el chorro de corte ha de disponerse lateralmente respecto a la línea de separación deseada, para que el corte se realice a lo largo de esta línea de separación. También es imaginable determinar la relación de forma experimental. Para ello, se generan cortes en una pieza de trabajo del tipo a mecanizar con diferentes velocidades de desplazamiento y se mide la anchura de la ranura de corte que se genera respectivamente en el lado superior de la pieza de trabajo y que corresponde al doble de W.

Los datos de V y la W correspondiente se transmiten p.ej. en forma de una tabla o también en forma de una función ajustada al control 15 y se almacenan allí. Junto con los datos que definen el contorno a cortar, el control 15 calcula con ayuda de un programa la distancia W, que el chorro de corte 11 ha de disponerse de forma lateralmente desplazada respecto al contorno para que el contorno cortado corresponda al contorno deseado.

Las Figuras 7 y 8 muestran un ejemplo de V y la W correspondiente, respectivamente en función del recorrido S que el chorro de corte 11 ha realizado en la dirección de desplazamiento del cabezal de corte 10 desde el punto de inicio. En este ejemplo, el chorro de corte 1 se acelera al principio en la dirección de desplazamiento 13 y, por consiguiente, se reduce W. A continuación, se desplaza con una velocidad de desplazamiento constante máxima y W se mantiene correspondientemente en un valor mínimo constante. Finalmente se frena y W queda correspondientemente más grande.

La Figura 9 muestra el ejemplo de la pieza de trabajo 20 de la Figura 4, cuya forma está definida por el contorno 21 que está formado por el contorno exterior 21a y los dos contornos interiores 21b y 21c. La línea de trazo interrumpido 24 corresponde a la trayectoria del punto cero del chorro de corte 11 con un valor  $W_0$  constante para la distancia del contorno 21, siendo la distancia de trabajo d también constante.

La línea de trazo continuo 26 corresponde a la trayectoria corregida del chorro de corte 11, en la que la distancia W está adaptada a la velocidad de desplazamiento V actual. De la diferencia entre las dos trayectorias 24 y 26 resulta la corrección K, que se ajusta respecto al valor constante  $W_0$ ,  $K=W-W_0$  y corresponde a la mejora en la precisión local con la que la pieza de trabajo 20 se corta en el punto correspondiente de la trayectoria de mecanizado.

En el presente ejemplo, el chorro de corte 11 se desplaza en los tramos rectos del contorno 21 con la misma velocidad de desplazamiento V, de modo que allí para la corrección es válido  $K=0$ . No obstante, cuando el chorro de corte 11 cambia la dirección, V cambia. La distancia W se adapta correspondientemente, de modo que la corrección K es positiva o negativa (véase la diferencia de las trayectorias 24 y 26 en las esquinas, así como en las líneas curvadas del contorno 21).

El programa mencionado en los apartados A) y B) arriba expuestos para el cálculo del movimiento del cabezal de corte 10 o del chorro de corte 11 a lo largo del tiempo puede estar almacenado p.ej. en el control 15 y puede ejecutarse antes del proceso de corte. También es imaginable ejecutar el programa en un sistema de ordenador externo y transmitir los datos de cálculo a continuación al control 15. Además, es imaginable configurar el control de tal modo que el movimiento del cabezal de corte 10 se calcule continuamente durante el proceso de corte.

A partir de la descripción anteriormente expuesta, el experto tiene acceso a numerosas variantes sin abandonar el ámbito de protección de la invención que está definida en las reivindicaciones.

5 Por ejemplo, es imaginable configurar el programa para el cálculo del movimiento del chorro de corte a lo largo del tiempo de tal modo que en el cálculo de la distancia  $W$  se tienen en cuenta al mismo tiempo las dos correcciones descritas en los apartados A) y B) anteriormente expuestos, para poder cortar de este modo mediante el chorro de corte de forma especialmente precisa a lo largo de la línea de separación deseada.

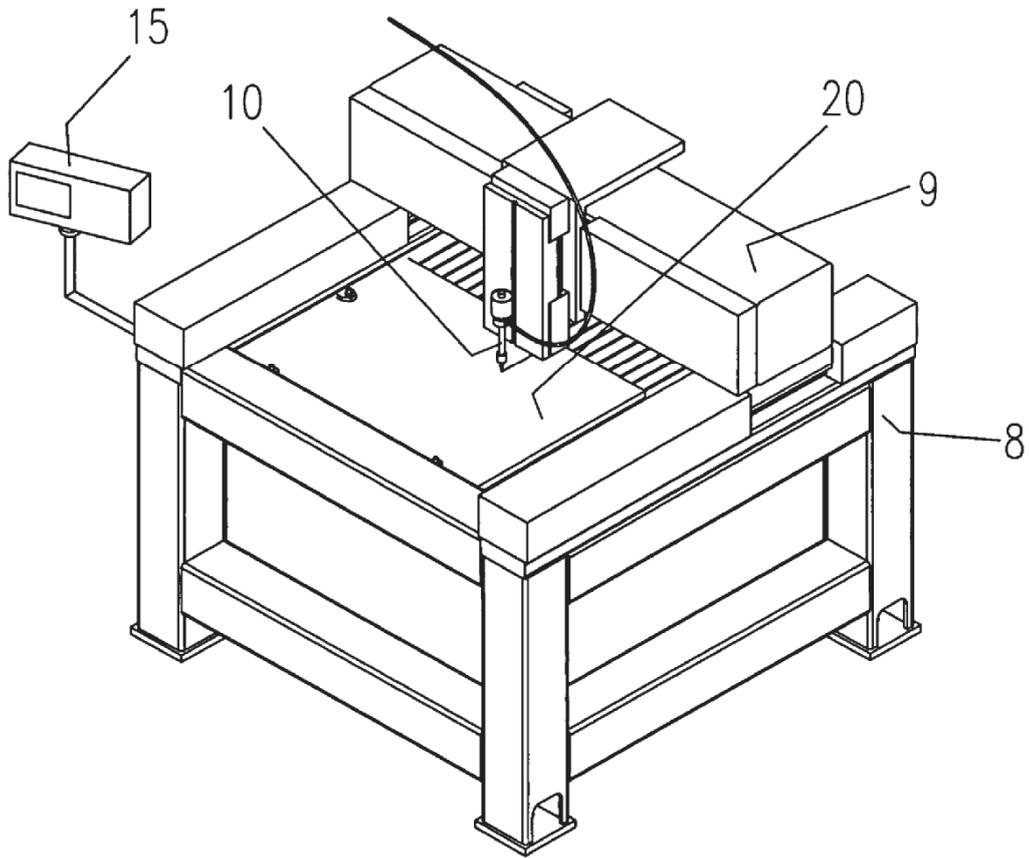
10 Además, el dispositivo de separación puede estar realizado de tal modo que el cabezal de corte es adicionalmente rotatorio respecto a los tres ejes lineales a lo largo de los que puede moverse. P.ej., el cabezal de corte puede ser rotatorio alrededor del eje que queda definido por la dirección de propagación del chorro de corte y/o puede ser rotatorio en la dirección transversal respecto a este eje y/o puede ser rotatorio alrededor de cualquier otro eje.

15

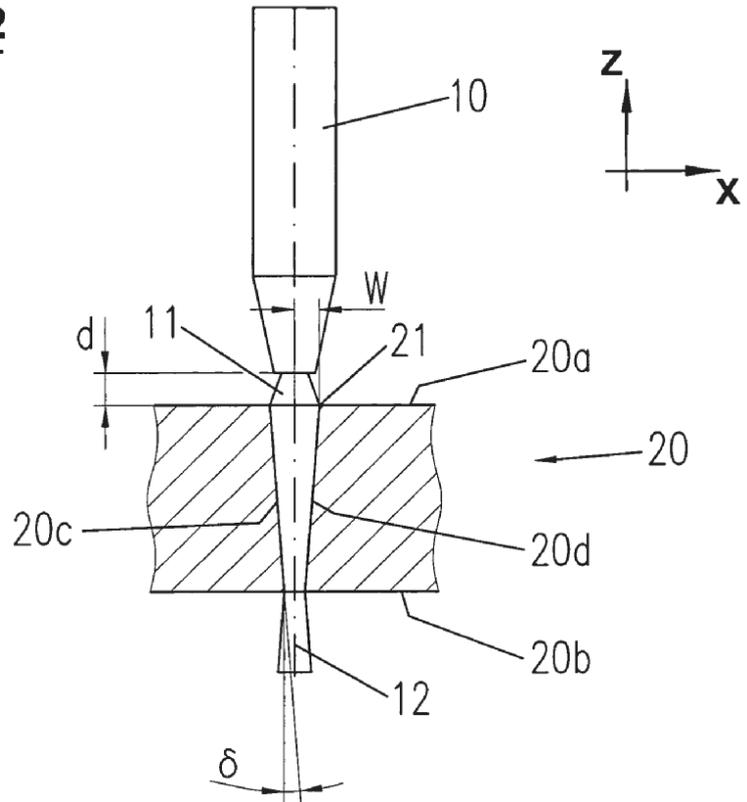
**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para separar una capa de material (20) a lo largo de una línea de separación (21) predeterminada mediante un chorro de corte (11) que se desplaza durante la separación de tal modo que impacta a una distancia W lateralmente desplazada respecto a la línea de separación (21) sobre la capa de material (20), caracterizado por que la distancia W se define en función de los cambios en la velocidad de desplazamiento (V) con la que se desplaza el chorro de corte (11), cambiando la velocidad de desplazamiento (V) cuando cambia la dirección del chorro de corte (11) y adaptándose la distancia W correspondientemente, de modo que la corrección K definida por  $K=W-W_0$  es positiva o negativa, siendo  $W_0$  un valor constante.
- 10 2. Procedimiento para separar una capa de material (20) a lo largo de una línea de separación (21) predeterminada mediante un chorro de corte (11) que se desplaza durante la separación de tal modo que impacta a una distancia W lateralmente desplazada respecto a la línea de separación (21) sobre la capa de material (20), caracterizado por que la distancia W se define en función de las desviaciones de la sección transversal efectiva del chorro de corte de una forma circular.
- 15 3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, detectándose la sección transversal del chorro de corte y asignándose una forma geométrica al mismo.
- 20 4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, siendo la forma geométrica una elipse (a, b,  $\alpha$ ) o una secuencia de una serie de puntos (Pj).
- 25 5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, estando compuesta la línea de separación (21) por tramos (21a, 21b, 21c) con diferentes curvaturas y definiéndose la velocidad de desplazamiento (V), así como la distancia (W) en función de las curvaturas.
- 30 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, desplazándose el chorro de corte (11) en un primer tramo de la línea de separación (21) con una velocidad de desplazamiento V1 a una distancia W1 y desplazándose en un segundo tramo, dispuesto a continuación del primer tramo de la línea de separación (21) con una velocidad de desplazamiento V2 a una distancia W2, que se define de la siguiente manera:
- la distancia W2 se define superior a la distancia W1 cuando la velocidad de desplazamiento V2 es inferior a V1,
  - la distancia W2 se define inferior a la distancia W1 cuando la velocidad de desplazamiento V2 es superior a V1.
- 35 7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, saliendo el chorro de corte (11) de un cabezal de corte (10) que es rotatorio alrededor de al menos un eje alrededor de un ángulo de rotación y/o que está dispuesto de forma inclinada un ángulo de inclinación respecto a la vertical.
- 40 8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, asignándose a la sección transversal efectiva del chorro de corte una forma geométrica en función del ángulo de rotación y/o del ángulo de inclinación.
9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, estando formado el chorro de corte (11) por un líquido con o sin partículas abrasivas, gas y/o fotones.
- 45 10. Dispositivo de separación para separar una capa de material (20) a lo largo de una línea de separación (21) predeterminada mediante un chorro de corte (11) con un cabezal de corte (10) desplazable, del que sale en el proceso de separación el chorro de corte (11), caracterizado por que el dispositivo de separación está equipado con un programa, en cuya ejecución se realiza al menos una de las siguientes etapas a) y b):
- 50 a) el chorro de corte (11) impacta a una distancia W lateralmente desplazada respecto a la línea de separación (21) sobre la capa de material (20), definiéndose la distancia W en función de los cambios en la velocidad de desplazamiento (V) con la que se desplaza el chorro de corte (11), cambiando la velocidad de desplazamiento (V) cuando cambia la dirección del chorro de corte (11) y adaptándose la distancia W correspondientemente, de modo que la corrección K definida por  $K=W-W_0$  es positiva o negativa, siendo  $W_0$  un valor constante,
- 55 b) el chorro de corte (11) impacta a una distancia W lateralmente desplazada respecto a la línea de separación (21) sobre la capa de material (20), definiéndose la distancia W en función de las desviaciones de la sección transversal efectiva del chorro de corte de una forma circular.
- 60 11. Dispositivo de separación de acuerdo con la reivindicación 10, siendo el cabezal de corte (10) rotatorio alrededor de al menos un eje y/o estando dispuesto de forma inclinada respecto a la vertical.
12. Dispositivo de separación de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, que presenta un control numérico (15):
- 65 13. Uso del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9 y/o del dispositivo de separación de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 12 para separar una capa de material (20).

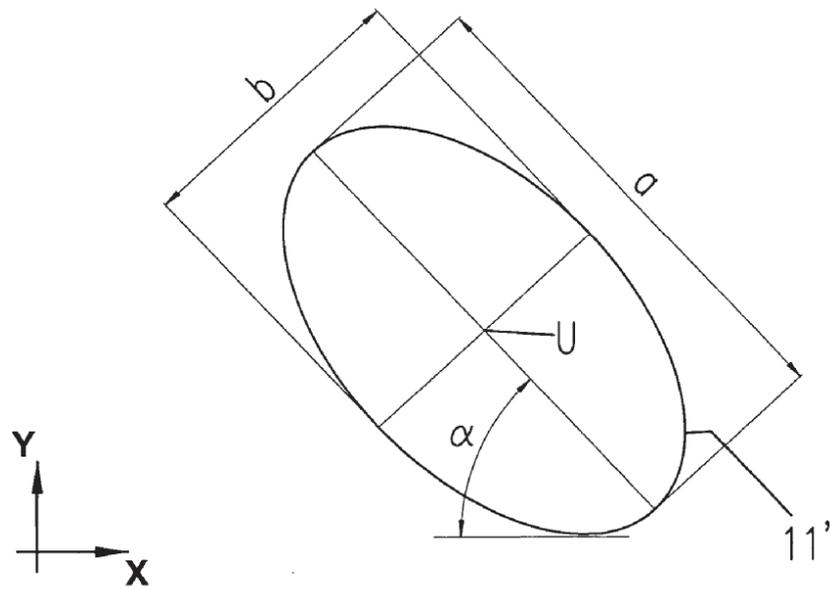
**FIG. 1**



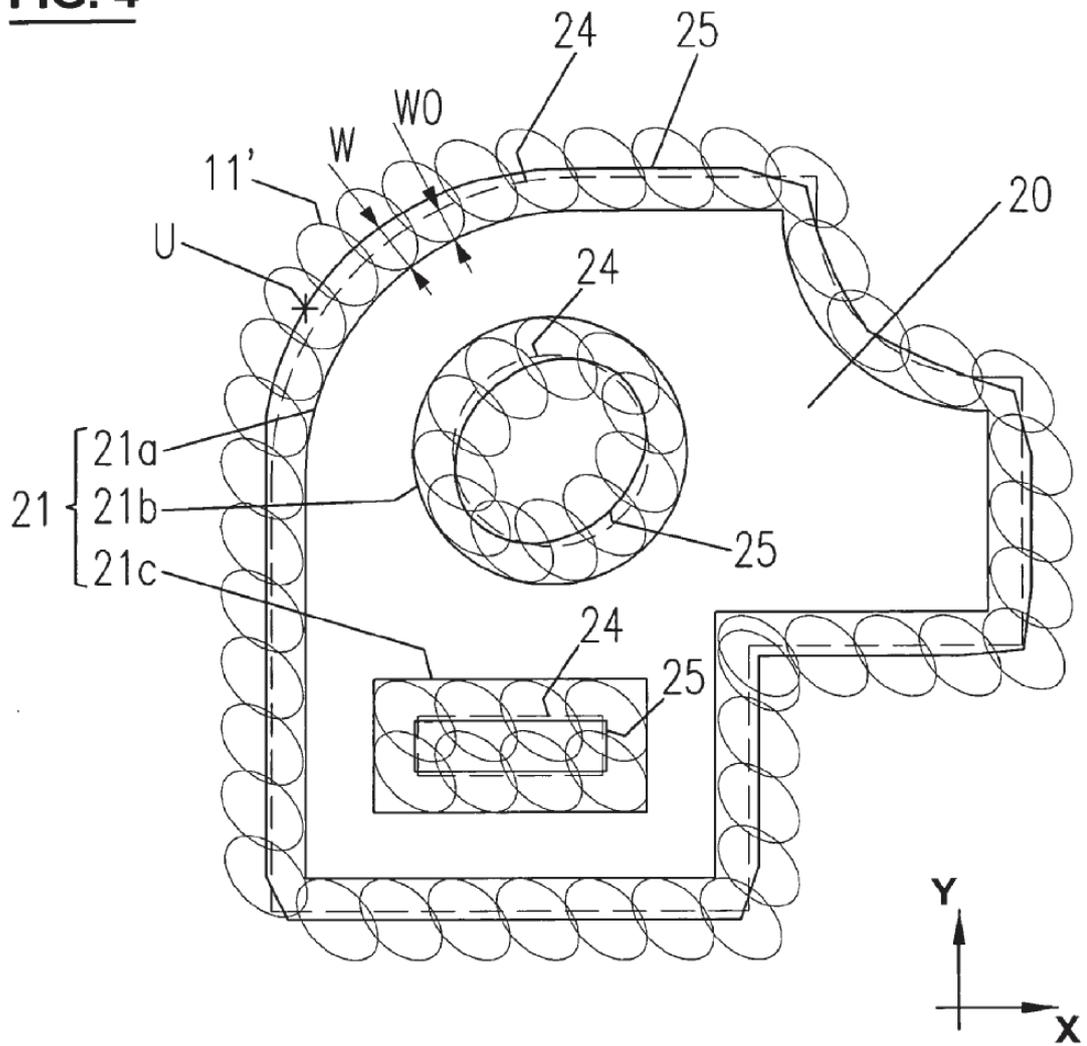
**FIG. 2**



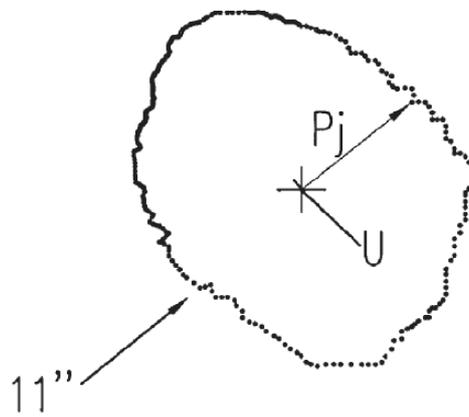
**FIG. 3**



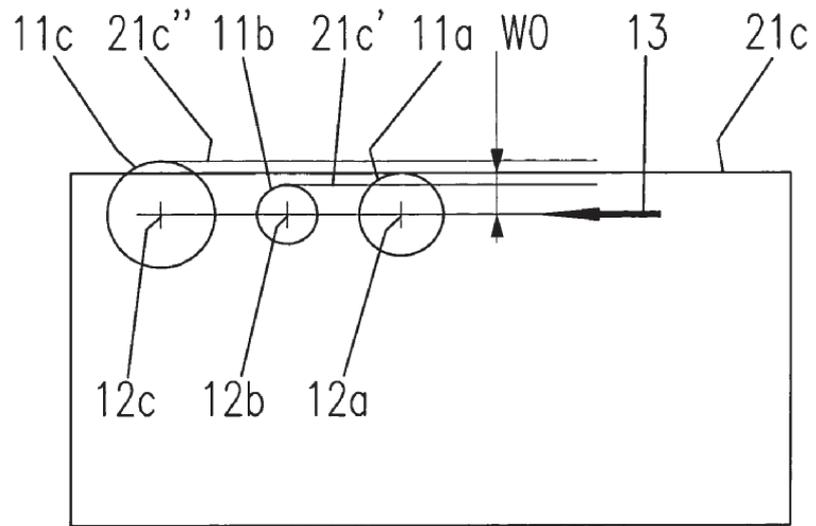
**FIG. 4**



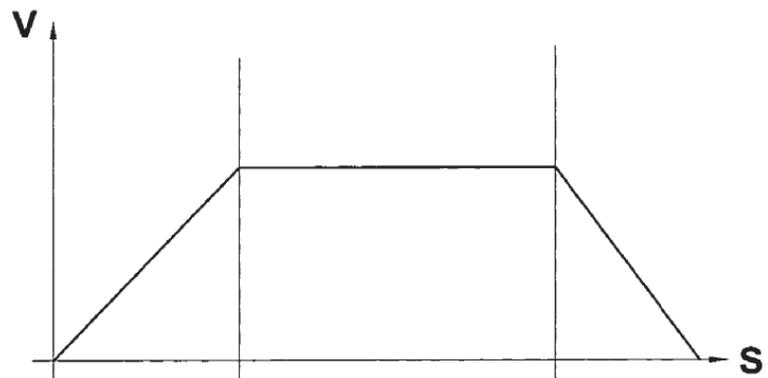
**FIG. 5**



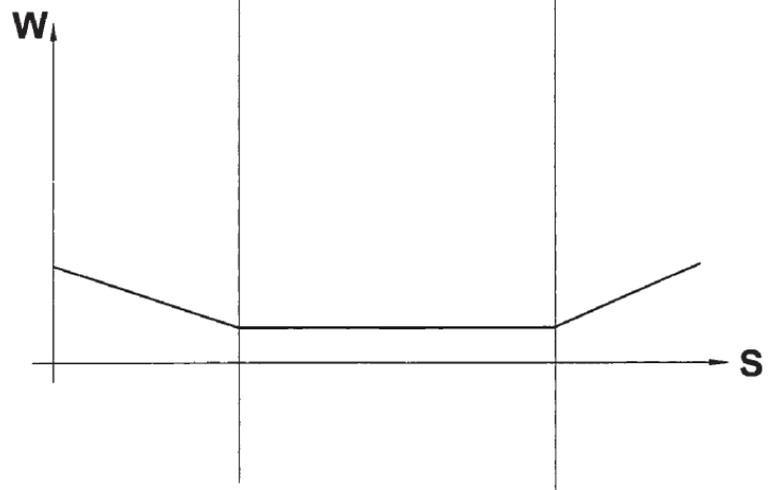
**FIG. 6**



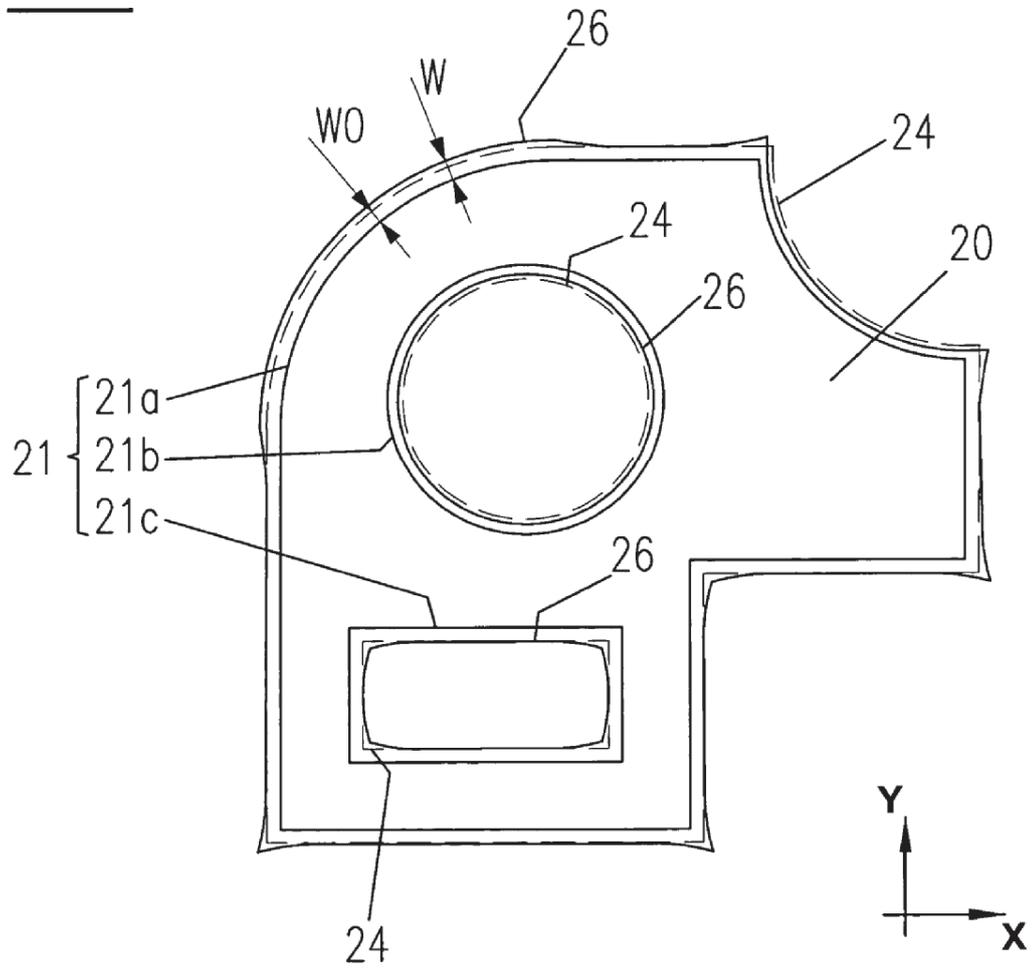
**FIG. 7**



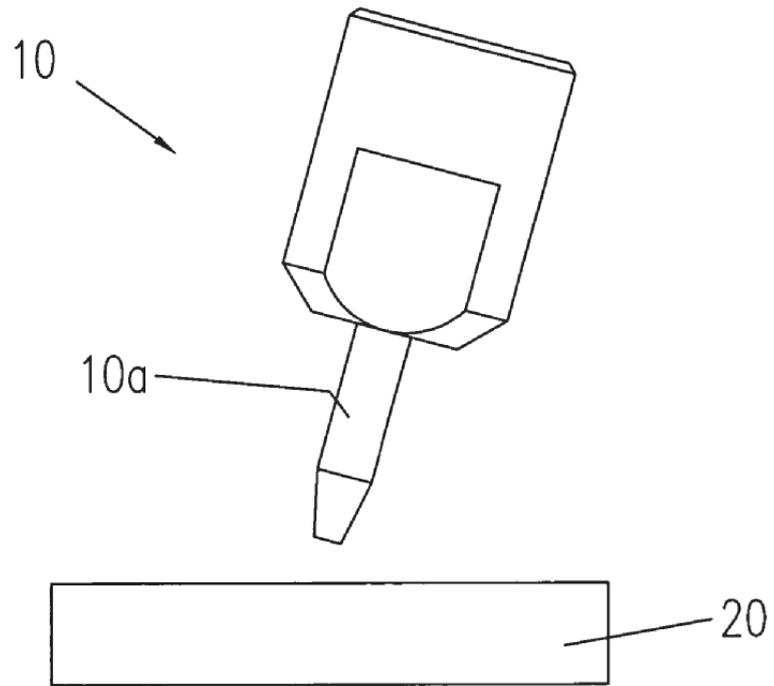
**FIG. 8**



**FIG. 9**



**FIG. 10**



**FIG. 11**

