

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 886 488**

51 Int. Cl.:

B23K 37/02 (2006.01)
B23K 37/04 (2006.01)
B23K 26/03 (2006.01)
B23K 26/04 (2014.01)
B23K 26/08 (2014.01)
B23K 26/38 (2014.01)
B23K 31/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.06.2017** **PCT/EP2017/065291**
87 Fecha y número de publicación internacional: **28.12.2017** **WO17220682**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.06.2017** **E 17732873 (9)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.07.2021** **EP 3475025**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para determinar una posición focal de referencia de un rayo de una máquina herramienta basada en rayos mediante realización de una secuencia de cortes de prueba en una pieza de trabajo**

30 Prioridad:

22.06.2016 DE 102016111455

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.12.2021

73 Titular/es:

TRUMPF LASER- UND SYSTEMTECHNIK GMBH
(100.0%)
Johann-Maus-Strasse 2
71254 Ditzingen, DE

72 Inventor/es:

MEYER, JEREMY

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 886 488 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 determinar una posición focal de referencia de un rayo de una máquina herramienta basada en rayos mediante realización de una secuencia de cortes de prueba en una pieza de trabajo

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para determinar una posición focal, en particular para máquinas herramienta basadas en láser. Además, la invención se refiere a una máquina herramienta con un ajuste de la posición focal al menos parcialmente automatizado.

10 En las máquinas herramienta basadas en rayos, en particular basadas en láser, un posicionamiento exacto de una posición focal (por ejemplo, un rayo láser o de electrones) es fundamental para la implementación del mecanizado preciso de las piezas de trabajo. Para poder mecanizar piezas de trabajo con suficiente precisión, ya sea, por ejemplo, mediante corte por láser o soldadura por láser, es necesario poner el rayo láser en contacto con la pieza de trabajo en el punto en el que presenta la mayor densidad de potencia. En general, las máquinas herramienta presentan para ello sistemas de posicionamiento (sistemas de traslación y giro), que permiten un ajuste preciso del rayo de mecanizado con respecto a la pieza a mecanizar. Por ejemplo, en los denominados sistemas láser multieje se proporcionan movimientos de traslación y movimientos de giro para el eje del rayo. Además, se pueden prever correspondientemente movimientos de traslación y giro para la pieza de trabajo sujeta.

15 Se conocen procedimientos que se basan en una medición manual u óptica de los anchos de corte de las incisiones realizadas en una chapa, con lo que las incisiones se han generado con una distancia variable entre la pieza de trabajo y la salida del rayo (por ejemplo, un cabezal de mecanizado de una máquina herramienta). Véase por ejemplo el documento WO 2004/050290 A1 (fundamento del preámbulo de las reivindicaciones 1 y 13). La posición focal actual se le asigna a la incisión para la que se ha determinado un ancho de corte mínimo. Otros procedimientos de ajuste de foco se conocen por los documentos JP 2637523 B2 y JPH 1076384 A.

20 El documento DE 10 2007 016301 A1 da a conocer además un procedimiento en el que un parámetro láser de un rayo láser se establece en un valor específico y se corta una preparación biológica a lo largo de una línea de corte de prueba con el rayo láser. Se registra una imagen de la línea de corte de prueba generada en el corte. El procedimiento incluye una comparación automática de la imagen de la línea de corte de prueba registrada con una línea de corte de referencia,

25 El documento EP 0 437 676 A1 da a conocer además una máquina de corte por láser en la que un rayo láser se enfoca por una lente de mecanizado y el rayo láser y una pieza de trabajo a cortar se mueven uno respecto a otro. La máquina de corte por láser comprende un dispositivo de movimiento de eje óptico para mover el rayo láser incidente en la lente de mecanizado en paralelo a un eje óptico a una posición deseada, y medios para el control del movimiento del eje óptico a fin de controlar el dispositivo de movimiento de eje en concordancia con un programa.

Un aspecto de esta invención se basa en el objetivo de especificar un procedimiento que permita determinar una posición focal de forma al menos parcialmente automatizada.

30 Al menos uno de estos objetivos se consigue mediante un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 y mediante una máquina herramienta de acuerdo con la reivindicación 13. En las reivindicaciones dependientes se especifican perfeccionamientos.

35 En un aspecto, un procedimiento para determinar una posición focal de referencia de un rayo de una máquina herramienta basada en rayos comprende el paso de la facilitación de una trayectoria de movimiento relativo que delimita una zona discoidal con respecto a una zona circundante, en el que la zona discoidal está conectada a la zona circundante a través de al menos una zona de nervio, y el paso de la realización de una secuencia de cortes de prueba en una pieza de trabajo, en la que en cada corte de prueba en la pieza de trabajo se corta una estructura de corte mediante guiado del rayo a lo largo de la trayectoria del movimiento relativo y el corte a lo largo de la al menos una zona de nervio de la trayectoria de movimiento relativo se lleva a cabo en posiciones focales establecidas de manera diferente.

40 En algunos modos de realización, el corte se lleva a cabo en posiciones respectivamente específicas de corte de prueba de la pieza de trabajo en el desarrollo del rayo y las posiciones específicas de corte de prueba se asignan a una zona de prueba de posiciones focales que se extiende a lo largo de la dirección de propagación del rayo.

45 De acuerdo con la invención, el procedimiento comprende además el paso de la evaluación de si, en el caso de una estructura en corte individual, la pieza de trabajo presenta, en la región discoidal de la trayectoria de movimiento relativo, un disco sujeto por al menos un nervio o si la pieza de trabajo en la zona discoidal de la trayectoria del movimiento relativo presenta una abertura en la pieza formada de acuerdo con la trayectoria del movimiento relativo y el paso de la asignación de la posición focal de referencia a una posición, en particular dentro de la zona de prueba, en base a la evaluación de las estructuras de corte.

50 En algunos perfeccionamientos, se identifica un grupo central de estructuras de corte, en las que la pieza de trabajo presenta un disco sujeto por al menos un nervio en la zona discoidal, y a cada lado del grupo central se identifica un grupo de bordes de estructuras de corte, en las que la pieza de trabajo presenta una abertura en la pieza de trabajo

en la zona discoidal, y una posición central, que está asignada al grupo central, o una posición central entre los grupos de bordes se asigna a la posición focal de referencia.

Por ejemplo, los cortes de prueba se realizan en una zona central en la que se debe esperar la posición focal de referencia, y los cortes de prueba se realizan en ambos lados de la zona central. Adicional o alternativamente, las posiciones focales específicas del corte de prueba se diferencian por un tamaño de corte, en particular ajustable, en la dirección de propagación.

En algunos modos de realización, la trayectoria de movimiento relativo en la al menos una zona de nervio presenta dos segmentos de línea que discurren uno a lo largo del otro, que se caracterizan por una distancia predeterminada, y cuando la pieza de trabajo se posiciona en la posición focal de referencia, los anchos de corte generados en la zona de nervio se encuentran en el intervalo del 10% al 45% de la distancia especificada.

La trayectoria de movimiento relativo presenta una forma de anillo casi cerrada en la zona discoidal, por ejemplo, que se convierte en sus extremos en segmentos de línea de la al menos una zona de nervio. Además, la trayectoria de movimiento relativo puede presentar dos secciones de trayectoria esencialmente con simetría especular que están formadas en una zona central como segmentos semicirculares opuestos, entre los que se conforma la zona discoidal, y en zonas laterales, que son adyacentes a la zona central y se encuentran opuestas entre sí, están formadas como segmentos de línea espaciados, que se extienden uno a lo largo de otro, que configuran dos zonas de nervio. A este respecto, los segmentos de línea espaciados pueden extenderse desde la zona central a diferentes distancias.

En algunos modos de realización, la evaluación de la estructura de corte puede comprender acercarse e irradiar las zonas discoidales, así como detectar la radiación reflejada por el disco sujeto y/o la radiación que pasa a través de la abertura en la pieza de trabajo. Además, la evaluación de la estructura de corte puede comprender una grabación óptica de una imagen de la pieza de trabajo en la zona de la secuencia de cortes de prueba y un procesamiento de imagen de la imagen para reconocer los discos sujetos y/o aberturas en la pieza de trabajo. Además, la posición focal asignada a la posición focal de referencia se puede utilizar por un control para el mecanizado posterior y, en particular, para el posicionamiento preciso del enfoque en la superficie de la pieza de trabajo.

En algunos modos de realización del procedimiento, la máquina herramienta está conformada para posicionada una pieza de trabajo en diferentes posiciones a lo largo de la dirección de propagación del rayo y para guiar el rayo sobre la pieza de trabajo.

En otro aspecto, una máquina herramienta presenta una instalación de mecanizado por láser con un sistema de láser, un soporte de piezas de trabajo y un cabezal de mecanizado por láser. El cabezal de mecanizado por láser está conectado ópticamente al sistema láser y se puede provocar un movimiento relativo entre el cabezal de mecanizado por láser y el soporte de piezas de trabajo para guiar un rayo láser a lo largo de una trayectoria sobre la pieza de trabajo. Además, la máquina herramienta comprende una unidad de control con acceso a una trayectoria de movimiento relativo almacenada, en la que la unidad de control está conformada para llevar a cabo un procedimiento como el descrito anteriormente para determinar una posición focal de referencia de un rayo.

En un aspecto, el uso de una geometría de placa de peine se expande en una secuencia de estructuras de corte discoidal. La secuencia de estructuras de corte recortadas o todavía esencialmente ocultas/cerradas deja claro dónde se encuentra una posición focal de referencia. A este respecto, la posición focal de referencia del rayo láser es, por ejemplo, aquella posición focal en la que el foco del rayo se encuentra en la superficie de la pieza de trabajo, ya que aquí prevalece la densidad de potencia más alta y se genera el intersticio de corte más estrecho. Si una estructura de corte conduce a una abertura recortada o "solo" a una línea de corte casi cerrada, depende del ancho de intersticio de corte existente respectivo, que cambia en función de la posición focal. Es decir, si se corta con la posición focal de referencia, el ancho del intersticio de corte es mínimo y las líneas de corte de la estructura de corte no se superponen (por ejemplo, al principio y al final de una estructura de corte en forma de árbol). Al aumentar la distancia desde la posición focal de referencia, la línea de corte se vuelve más ancha, de modo que se produce una superposición de las secciones de la línea de corte. El interior de la línea de corte se libera así de la chapa y forma una abertura. En otras palabras, el cambio en la posición focal da como resultado que la forma determinada por la línea de corte (por ejemplo, una forma de disco) se mantenga o se caiga. Mediante una evaluación de simetría visual o (parcialmente) automatizada siguiente de una secuencia de estructuras de corte con diferentes posiciones focales, la posición focal de referencia se puede asignar, por ejemplo, al centro de los discos que se mantienen.

En algunos modos de realización, las "geometrías de chapa de peine" de incisión conocidas se ensanchan en un contorno de disco.

En algunos perfeccionamientos, una evaluación automatizada de una geometría de corte, por ejemplo, un reconocimiento de la caída de discos individuales de estructuras de corte, se puede realizar de acuerdo con la invención a través de un sistema de cámara. Debido a la evaluación automatizada se pueden prescindir de herramientas adicionales (en particular a operar manualmente). En general, la capacidad de automatizar la determinación de la posición focal puede permitir una configuración más rápida de la máquina herramienta.

Los conceptos descritos aquí pueden ofrecer resultados reproducibles. Pueden basarse en una evaluación simple que está libre de influencias subjetivas que no se pueden evitar, en particular en el caso de la evaluación visual de los

procedimientos de chapa de peine. Se pueden llevar a cabo con los más distintos tipos de láser y potencias nominales de láser, que se debe adaptar respectivamente a la pieza de trabajo de prueba a cortar.

Los conceptos aquí descritos se refieren en particular al mecanizado de componentes en los que, por ejemplo, se corta o retira una pieza con un rayo láser. La implementación de los conceptos descritos aquí puede conducir a una reducción en la probabilidad de errores y una simplificación de la determinación de la posición del foco.

En el presente documento se dan a conocer conceptos que permiten mejorar, al menos en parte, aspectos del estado de la técnica. En particular, otras características y su conveniencia se deducen de la siguiente descripción de formas de realización en referencia a las figuras. De las figuras muestran:

Fig. 1 una representación espacial esquemática de una máquina herramienta,

Fig. 2 un diagrama de flujo esquemático para ilustrar un desarrollo a modo de ejemplo de un ajuste de posición focal,

Fig. 3 una representación esquemática de un primer desarrollo a modo de ejemplo de una línea de corte en el plano de una pieza de trabajo de prueba plana,

Fig. 4 una representación esquemática en perspectiva de un proceso de corte por láser para generar la línea de corte de la fig. 3 con una distancia variable entre la salida del rayo de un cabezal de mecanizado y la pieza de trabajo de prueba,

Figuras 5A-5C representaciones esquemáticas para ilustrar líneas de corte abiertas y cerradas,

Fig. 6 una representación esquemática de un segundo desarrollo a modo de ejemplo de una línea de corte en el plano con una distancia variable entre la salida del rayo de un cabezal de mecanizado y la pieza de trabajo de prueba,

Fig. 7 una representación ampliada de una estructura de corte del desarrollo de la línea de corte de la fig. 6,

Fig. 8 una foto de una chapa de prueba después del paso de corte de prueba y el paso de evaluación en base a un desarrollo de línea de corte de acuerdo con la fig. 7 y

Fig. 9 una representación esquemática en perspectiva de un paso de evaluación para reconocer estructuras de corte abiertas y cerradas del proceso de corte de prueba de la fig. 4.

Los aspectos descritos aquí se basan en parte en el conocimiento de que el ancho de la línea de corte dependiente de la posición focal, puede usarse para cerrar una línea de corte no cerrada per se.

A continuación, en relación con la fig. 1, se describe una máquina herramienta a modo de ejemplo en base a una instalación de mecanizado por láser, en la que se puede utilizar el concepto de ajuste de la posición focal descrito aquí. Un desarrollo a modo de ejemplo de ajuste de la posición focal se explica en relación con el diagrama de flujo de la fig. 2. A continuación, se explican dos estructuras de corte a modo de ejemplo con referencia a las representaciones esquemáticas de las figuras 3 a 5 o 6 y 7. La fig. 8 muestra finalmente un fragmento de una pieza de trabajo de prueba mecanizada correspondientemente. Un proceso de exploración a modo de ejemplo se explica en relación con la fig. 9.

En la fig. 1 se muestra una máquina herramienta 1 con una instalación de mecanizado por láser 3 como máquina básica para mecanizar una pieza de trabajo 5. El manejo de la máquina herramienta 1 se realiza a través de un panel de mando 7 de un sistema de control (no representado explícitamente). Por ejemplo, a través de la elaboración y ajuste de programas NC en el panel de mando 7 se pueden efectuar procesos de trabajo específicos adaptados a las piezas de trabajo y su mecanizado. Estos se pueden utilizar para mecanizar la pieza de trabajo en sí y para ajustar la máquina de la pieza de trabajo. Por ejemplo, la máquina herramienta 1 presenta un armario de distribución con el sistema de control, en el que están previstos un control CNC asociado, una alimentación eléctrica de los accionamientos y, en general, componentes lógicos y de potencia.

Un equipo láser de la instalación de mecanizado por láser 3, no mostrado explícitamente en la figura 1, sirve para generar radiación láser y puede basarse, por ejemplo, en un láser de estado sólido como un láser de disco o láser de fibra o un láser de gas. como un láser de CO₂. El guiado del rayo se puede realizar del equipo láser a la pieza de trabajo a través de cables de luz láser y/o espejos. Otros componentes de la máquina herramienta 1 comprenden, por ejemplo, un cambiador de rotación para sujetar la pieza de trabajo 5 a mecanizar y para extraer fácilmente las piezas mecanizadas, un aspirador de polvo compacto para aspirar los gases de escape y partículas suspendidas del espacio interior, un transportador de chatarra, así como elementos para la neumática, para el corte y el suministro de gas de soldadura, así como para la lubricación central.

Un proceso de trabajo controlado por el control CNC permite mecanizar la pieza de trabajo 5 de un modo y manera predeterminados con la cooperación de los más distintos componentes de la instalación de mecanizado por láser 3.

Así, un proceso de trabajo se puede llevar a cabo de forma repetida sucesivamente y un gran número de piezas de trabajo se puede mecanizar de manera eficiente y esencialmente idéntica - a pesar de las posibles variaciones en las dimensiones debido a intervalos de tolerancia - puede ser procesada.

Un programador elabora el programa NC para el mecanizado respectivo dentro de un sistema de programación en el ordenador, es decir, por ejemplo, en el panel de mando 7 del sistema de control. La trayectoria del láser, definida por una trayectoria de movimiento relativo 8 (indicada esquemáticamente en la fig. 1) entre el rayo láser y la pieza de trabajo, puede calcularse automáticamente mediante el sistema de control o bajo la influencia del operador. Durante el mecanizado, por ejemplo en un proceso de corte por láser, el desarrollo de intersticio y el ancho de intersticio del corte resultan del diámetro del rayo en la pieza de trabajo y de la trayectoria de movimiento relativo 8. El sistema de control puede establecer la secuencia de mecanizado, establecer puntos de corte iniciales en los lugares correctos, redondear esquinas agudas o prever cortes de canteo. A este respecto, el sistema de control puede implementar las estrategias que el programador ha seleccionado para una pieza de trabajo específica. En una simulación preparatoria, el programador puede ver cómo se está procesando el programa NC.

Para que la calidad de corte sea la correcta, el programa NC del control proporciona los valores adecuados para los parámetros de mecanizado como la velocidad de corte, la potencia del láser, la distancia de la boquilla y la posición focal. Estos valores se encuentran en las denominadas tablas de tecnología, a las que puede acceder el control. Además, los parámetros de mecanizado comprenden parámetros específicos de la pieza, como los límites de tolerancia de las aristas (por ejemplo, de chapa) y las velocidades de movimiento máximas posibles del cabezal de mecanizado en relación con la pieza de trabajo y/o la velocidad para el ajuste de la distancia.

La fig. 1 muestra además esquemáticamente la estructura de la instalación de mecanizado por láser 3, que se encuentra, por ejemplo, en el espacio interior de una cabina de protección. La instalación de mecanizado por láser 3 presenta una unidad de movimiento 9 con componentes funcionalmente relevantes tales como carros x, y y z 9A, 9B, 9C para el movimiento de componentes de guiado del rayo y de suministro de medios con respecto a la pieza de trabajo 5, por ejemplo, de acuerdo con la trayectoria de movimiento relativo 8 proporcionada por el sistema de control.

En general, los componentes de guiado del rayo pueden comprender cables de luz láser, una pinola z, una óptica de colimación y óptica de mecanizado para conducir y enfocar el rayo láser sobre la pieza de trabajo 5. La óptica de procesamiento está prevista normalmente en un cabezal de procesamiento 11 con una boquilla 11A con una salida de rayo 12. El cabezal de mecanizado 11 se puede posicionar y orientar esencialmente libremente en el espacio, por ejemplo mediante otros ejes giratorios y de pivotación, y así guiar el rayo láser saliente sobre la pieza de trabajo 5 de forma dirigida. Otros ejes, en particular redundantes, pueden mejorar un ajuste rápido de la posición y la orientación del cabezal de mecanizado 11 con respecto a la pieza de trabajo 5. El cabezal de procesamiento 11, también denominado cabezal de corte en el caso del corte por láser, convierte el rayo láser en una herramienta de corte con óptica de enfoque ajustable basada en lentes o espejos. La distancia entre la boquilla 11A y la pieza de trabajo y/o la óptica de enfoque del cabezal de mecanizado 11 se pueden ajustar de modo que el foco del rayo láser se encuentre, por ejemplo, en la superficie de la pieza de trabajo 5. Con esta información (la distancia o el ajuste del dispositivo de enfoque, en la que o en el que el foco del rayo se encuentra en la superficie de la pieza de trabajo 5), se puede ajustar una posición focal deseada durante el posterior mecanizado de la pieza de trabajo. El rayo láser sale del cabezal de mecanizado 11 a través de la boquilla 11A, por ejemplo junto con un gas de corte. La distancia a la pieza de trabajo 5 para el mecanizado de la pieza de trabajo 5 puede estar, por ejemplo, en el intervalo de 0,5 mm a 2 mm, por ejemplo en el intervalo de 0,7 mm a 1,2 mm.

En la realización a modo de ejemplo de la unidad de movimiento, el cabezal de mecanizado 11 puede asumir cualquier posición y orientación ajustable en una zona determinada por los carros x, y y z 9A, 9B, 9C, así como por la movilidad de la pinola z. A los carros x, y y z 9A, 9B, 9C se les asignan unidades de accionamiento que permiten llevar a cabo un movimiento relativo del cabezal de mecanizado 11 con respecto a la pieza de trabajo 5. La orientación del cabezal de mecanizado 11 respecto a la pieza de trabajo 5 se realiza a través de los ejes de giro y pivotación. Esto da como resultado un espacio de trabajo que comprende todos los puntos que se pueden mecanizar por el rayo láser que sale, adecuadamente enfocado.

La pieza de trabajo 5 puede estar almacenada de manera estacionaria en un dispositivo de almacenamiento de piezas de trabajo 13 usando una técnica de sujeción (no mostrada). En modos de realización alternativos, la pieza de trabajo 5/el dispositivo de almacenamiento de piezas de trabajo 13 o solo la pieza de trabajo 5/el dispositivo de almacenamiento de piezas de trabajo 13 se pueden mover en el espacio. Los conceptos hechos aquí también se pueden utilizar en tales configuraciones de forma adaptada correspondientemente.

Al dispositivo de almacenamiento de piezas de trabajo 13 pertenecen generalmente otros elementos tales como abrazaderas para sujetar la pieza de trabajo 5, así como sensores para el reconocimiento de componentes y accionamientos para desplazar/mover el dispositivo de almacenamiento de piezas de trabajo 13.

En general, las piezas de chapa conformadas son un ejemplo de una pieza de trabajo 5 formada de forma variable tridimensional. La pieza de trabajo 5 mostrada en la fig. 1 es, por ejemplo, una pieza de trabajo de prueba que se usa específicamente para determinar la posición focal. La trayectoria de movimiento relativo 8 está indicada a modo de ejemplo, a lo largo de la cual se guía el rayo láser sobre la pieza de trabajo 5 para determinar la posición focal. En

algunas aplicaciones, la pieza de trabajo 5 puede ser alternativamente una zona de la pieza de trabajo que no es necesaria para el producto a generar. Las piezas de trabajo típicas están hechas de un metal, como por ejemplo acero, aluminio o cobre, o una aleación de metal. Pero asimismo son posibles cerámicas funcionales, plásticos, materiales orgánicos u otros materiales.

5 En procesos de corte a modo de ejemplo, la pieza de trabajo 5 se puede mecanizar con un corte de separación durante el corte por láser con el rayo láser, es decir, los parámetros del láser, en particular la potencia del láser, están ajustados de tal manera que la pieza de trabajo 5 se divide en dos zonas separadas una de otra mediante una línea de corte que discurre a lo largo de la trayectoria del movimiento 8. Para ello, por ejemplo, cuando se activa el rayo láser, el cabezal de mecanizado 11 se mueve desde arriba hacia la pieza de trabajo 5 para perforar la pieza de trabajo 5. El movimiento relativo se realiza a continuación a lo largo de la trayectoria de movimiento relativo 8, en tanto que el rayo láser/el cabezal de mecanizado 11 y la pieza de trabajo 5 se mueven uno respecto a otro, de modo que se puede generar un intersticio de corte continuo en la pieza de trabajo.

15 La posición focal a la pieza de trabajo 5 o el conocimiento exacto de la posición focal para el control correcto de la trayectoria del movimiento relativo 8 es en particular decisivo para un corte limpio. Así durante el corte se debe regular la distancia entre la boquilla de corte 11A y la pieza de trabajo 5 de la forma más exacta posible a un valor de consigna (designado aquí también como distancia de trabajo), para que el foco se encuentre continuamente de forma óptima con respecto a la superficie del material durante el proceso de corte y el gas de corte pueda fluir de manera óptima hacia el intersticio de corte, por ejemplo. El ajuste de la posición focal mediante la óptica de enfoque se realiza en función de la distancia entre boquillas seleccionada. Dado que incluso pequeñas desviaciones en la distancia pueden influir en el resultado de corte, la distancia de trabajo, es decir, la distancia entre la boquilla de corte 11A y la pieza de trabajo 5, se supervisa normalmente mediante un sistema sensor activo y se reajusta continuamente. Para ello, el sistema sensor generalmente mide continuamente la distancia entre la boquilla de corte 11A y la pieza de trabajo 5. La distancia de trabajo a realizar puede variar en función de los respectivos procedimientos de mecanizado y sistemas láser. Por ejemplo, el corte por fusión requiere una pequeña distancia en el intervalo de milímetros, por ejemplo, para permitir que el gas de corte fluya hacia el intersticio de corte.

25 La posición focal se puede cambiar en relación con la superficie de la pieza de trabajo 5 ajustando la óptica de enfoque y/o cambiando la distancia entre la boquilla 11A (es decir, el cabezal de mecanizado 11) y la pieza de trabajo 5. Si la posición focal está por encima de la pieza de trabajo, entonces se origina una abertura en la pieza de trabajo que se ensancha hacia abajo. Si el foco está debajo de la pieza de trabajo, se origina una abertura que se ensancha hacia arriba. Si la posición focal está en (o cerca) de la superficie de la pieza de trabajo, entonces se origina una abertura con paredes laterales esencialmente paralelas. Al mecanizar la pieza de trabajo, el foco del rayo láser está, por ejemplo, en el lado superior de la pieza de trabajo o dentro de la pieza de trabajo.

35 La posición focal de referencia del rayo láser es, por ejemplo, aquella posición focal en la que el foco del rayo se encuentra esencialmente sobre (o cerca) de la superficie de la pieza de trabajo. En esta posición focal, el intersticio de corte más estrecho generalmente se logra en la pieza de trabajo 5, ya que la mayor densidad de potencia está presente en la superficie de la pieza de trabajo. La distancia entre la boquilla 11A y la superficie de la pieza de trabajo 5 y/o la óptica de enfoque del cabezal de mecanizado 11 se ajusta entonces, por ejemplo, de modo que el foco del rayo láser se encuentre sobre la superficie de la pieza de trabajo 5.

40 La determinación de la posición focal descrita a continuación se describe a modo de ejemplo en base a la pieza de trabajo plana 5, por ejemplo, una placa de chapa. Sin embargo, generalmente también se puede realizar en piezas de trabajo no planas.

45 Para algunos modos de realización de la determinación de la posición focal, la instalación de mecanizado por láser 3 puede presentar además una cámara 14 para evaluar un proceso de corte de prueba. En la fig. 1, la cámara 14 está prevista en el cabezal de mecanizado 11, por ejemplo. La cámara 14 es habitualmente parte de la unidad de control de la instalación de mecanizado por láser 3.

Al proceso de corte de prueba descrito a continuación le precedido habitualmente un proceso de posicionamiento y/o corte. El objetivo de este proceso de posicionamiento y/o corte es garantizar, entre otras cosas, que el cabezal de mecanizado 11 pueda cortar un contorno de corte específico en la pieza de trabajo 5 a una distancia predeterminada desde la posición de mecanizado vinculada a una posición inicial. El proceso de posicionamiento y/o corte se asume a continuación y se puede realizar una o varias veces, por ejemplo, para segmentos de corte separados espacialmente.

50 El diagrama de flujo mostrado en la fig. 2 ilustra en general el modo de proceder para determinar la posición focal, como se explica a continuación a modo de ejemplo para dos tipos de estructuras de corte a modo de ejemplo. El modo de proceder comprende un paso de corte de prueba 21, un paso de evaluación 23 del paso de corte de prueba 21, un paso de asignación 25 de la posición focal real en base al resultado de evaluación y un paso de ajuste 27 de la posición focal para el siguiente mecanizado de la pieza de trabajo.

En la fig. 2 se aclara que el paso de corte de prueba 21 se refiere a una secuencia de estructuras de corte 29. Las estructuras de corte 29 se llevan a cabo en diferentes posiciones focales a lo largo de la dirección de propagación del rayo láser con respecto a la pieza de trabajo 5. En la fig. 1, diferentes posiciones focales, asumiendo una pieza de

trabajo de prueba plana en el plano x-y, corresponden a un cambio de posición del foco en la dirección z.

La posición focal con respecto a la pieza de trabajo 5 está determinada generalmente por la longitud del camino óptico de la trayectoria del rayo atravesada por el rayo láser hasta la pieza de trabajo 5. Si se presupone una longitud de camino inalterada hasta la salida del rayo 12 de la boquilla 11A, la posición focal con respecto a la pieza de trabajo 5 está definida por la distancia d_1 , d_2 a d_n de la pieza de trabajo 5 a la salida del rayo 12 de la boquilla 11A. Alternativa o adicionalmente, la posición focal con respecto a la pieza de trabajo 5 puede definirse por la posición de un elemento óptico desplazable, por ejemplo un espejo, en la trayectoria del rayo. En la siguiente descripción, las distancias d_1 , d_2 a d_n de la pieza de trabajo 5 a la salida del rayo 12 son a modo de ejemplo para la capacidad de ajuste de la posición focal en la dirección z. El experto en la materia reconocerá que si la longitud del camino óptico se puede ajustar en consecuencia de otra manera, los conceptos dados a conocer aquí se pueden transferir correspondientemente.

Al paso de corte de prueba le sigue un paso de evaluación 23, un paso de asignación 25 así como un paso de ajuste 27. En el paso de evaluación 23, la secuencia de las estructuras de corte 29 se examina primero para obtener un resultado de corte. En el paso de asignación 25 se asigna entonces una estructura de corte a la posición focal de referencia, con la que se ajusta la posición focal de referencia en el control de la máquina de mecanizado en el paso de ajuste 27.

La fig. 3 muestra esquemáticamente un desarrollo de corte 31 de un corte de separación, como resultaría si una pieza de trabajo se corta de acuerdo con una trayectoria de movimiento relativo que comprende una secuencia de, por ejemplo, estructuras de corte 33 idénticas en forma de árbol. En la primera y las dos últimas estructuras de corte 33, la trayectoria de movimiento relativo 8 en la que se basa el desarrollo de corte se indica a trazos en blanco. A este respecto, con cada nueva estructura de corte 33 se ha asumido una posición focal cambiada por un tamaño de corte fijo. En la fig. 1, esto correspondería a una posición relativa cambiada en un tamaño de corte Δz de la posición focal con respecto a la pieza de trabajo en forma de placa 5.

En el desarrollo de corte 31 de la fig. 3, la posición focal del rayo láser se ha movido a través de la pieza de trabajo 5, ya que un ancho de corte B del corte de separación primero disminuye de izquierda a derecha y luego aumenta nuevamente.

Las estructuras de corte 33 descritas con forma de árbol se basan en una trayectoria de movimiento relativo 8 que presenta una zona de corona 33A y una zona de tronco 33B. En la zona de tronco 33B, las secciones de la trayectoria de movimiento relativo 8 que pasan por delante están espaciadas entre sí de tal manera que la trayectoria de movimiento relativo 8 da como resultado una secuencia de contornos de disco recortados casi por completo. Cada uno de los contornos del disco está conectado al material restante de la pieza de trabajo 5 a través de un nervio 33'.

En el caso de las estructuras cortadas 33 caracterizadas con "x" en la fig. 3, los cortes generados se solapan en la zona de tronco 33B debido al ancho B del corte de separación, de modo que las rodajas recortadas pueden caer. Esta caída se puede detectar visualmente o con la cámara 14 en el paso de evaluación 23, por ejemplo. Alternativa o adicionalmente, el procedimiento ya mencionado anteriormente, conocido por el documento DE 10 2011 004 117 A1 se pueden utilizar para controlar el proceso de corte. Si el foco se encuentra en la zona de la pieza de trabajo 5, el ancho B del corte de separación respectivo no es lo suficientemente grande para eliminar completamente el nervio 33' definido mediante la trayectoria de movimiento relativo 8, de modo que los discos permanecen fijados a la pieza de trabajo 5.

La figura 4 ilustra el paso de corte de prueba de la fig. 3 en una vista en perspectiva. La boquilla 11A se indica esquemáticamente en tres posiciones de una secuencia de cortes de prueba. Un foco de rayo láser asignado 35 de un rayo láser 37 así como las distancias asignadas d_1 , d_2 , d_3 entre la salida del rayo 12 y la superficie de la pieza de trabajo 5 muestran cómo el foco de rayo láser 35 se encuentra primero por debajo de la pieza de trabajo 5 (distancia mínima d_1), a continuación, sobre o cerca de la superficie de la pieza de trabajo (distancia $d_2 > d_1$) y, finalmente, por encima de la pieza de trabajo 5 (mayor distancia $d_3 > d_2$). Cada una de las distancias d_1 , d_2 , d_3 define una posición focal 35 del rayo láser 37, específica para la respectiva estructura de corte 33 llevada a cabo en un corte de prueba y que se extiende a lo largo de la dirección de propagación del rayo láser. Las estructuras de corte 33 situadas unas junto a otras definen una zona de prueba de las posiciones focales 35. La zona de prueba comprende una zona central en la que se debe esperar la posición focal de referencia. Los cortes de prueba se llevan a cabo a ambos lados de la zona central y en la zona central. A este respecto, los cortes de prueba se diferencian, por ejemplo, por un tamaño de corte, en particular ajustable, en la dirección de propagación, es decir, los cortes de prueba se generan con posición focal ajustada de manera diferente.

Dado que la placa interior se ha caído en el caso de las estructuras de corte 33 caracterizadas con una "x" en la fig. 3 (aberturas recortadas negras 39 en la fig. 4), solo en las cinco estructuras de corte centrales 33 se reconoce que los discos de material 41 (resaltados a trazos en la fig. 4) de la pieza de trabajo 5 todavía están presentes en el interior de la correspondiente zonas de corona 33A y están conectados a través de nervios delgados 43 con el material residual de la pieza de trabajo 5 que forma una zona circundante 44.

Las cinco estructuras de corte centrales 33 forman un grupo central Z de estructuras de corte sucesivas, en las que la pieza de trabajo presenta un disco sujeto por al menos una zona de nervio en la zona discoidal. Las estructuras de

corte 33 caracterizadas con "x" forman en cada lado del grupo central Z respectivamente un grupo de bordes R de, en particular, posiciones sucesivas de estructuras de corte en las que la pieza de trabajo presenta una abertura en la pieza de trabajo en la zona discoidal.

Para el paso de corte de prueba mostrado en las figs. 3 y 4, las figs. 5A a 5C ilustran la relación entre la trayectoria de movimiento relativo 8 y el corte de separación resultante para el caso de que el corte se realice en la zona de la posición focal de referencia 35 (fig. 5B) o de forma espaciada de la posición focal de referencia 35 (fig. 5A).

En la zona de corona 33A, la trayectoria de movimiento relativo 8 forma, por ejemplo, un círculo casi cerrado, es decir, un segmento de círculo 51 de, por ejemplo, aproximadamente 350°. El punto de inicio 51A y el punto final 51B están conectados a segmentos de línea lineales 53 que discurren en paralelo entre sí (generalmente uno a lo largo de otro) y espaciados entre sí y que corresponden a la zona de tronco 33B. La trayectoria de movimiento relativo 8 implementada en la fig. 5C (como en las figuras 3 y 4) se ha redondeado para un movimiento uniforme. Pero, presenta esencialmente las mismas características, un desarrollo similar a un segmento circular casi cerrado en la zona de corona 33A y un desarrollo al menos parcialmente paralelo en la zona de tronco 33B.

En la zona de transición entre la zona de la corona 33A y la zona de tronco 33B, los diámetros de rayo 55A, 55B a modo de ejemplo se indican en las fig. 5A y 5B, que determinan los respectivos anchos B1, B2 del intersticio de corte (bordes indicados a trazos a lo largo de la trayectoria de movimiento relativo 8). Desde un cierto ancho mínimo, no queda ningún nervio (o este es tan inestable que ya no puede sujetar el disco), y el disco se ha desprendido mediante el corte de separación. Para el ancho B1 en la fig. 5A se reconoce que los diámetros de rayo 55A se superponen, es decir, no se configura ningún nervio. Para el ancho B2 más pequeño en la fig. 5B, los diámetros de rayo 55B (más pequeños) no se superponen y el disco 41 se sujeta por el nervio 43.

Dado que el nervio programado de la trayectoria de movimiento relativo 8 presenta siempre el mismo ancho, en el caso ideal el aumento del ancho de intersticio de corte conduce a la destrucción del nervio, de modo que el disco se cae (izquierda en la fig. 5C). Aquí (dependiendo del ancho de intersticio de corte) la estabilidad del contorno sólo está garantizada mediante el nervio 43 con mucha filigrana que queda en un lado. El nervio 43 individual puede conducir a errores con respecto a un paso de evaluación automatizado y robusto si, por ejemplo, un nervio 43 se conserva en principio, pero el nervio no es lo suficientemente fuerte para sujetar el disco 41. Por tanto, en algunas constelaciones, las estructuras de corte 33 en forma de árbol pueden presentar una inestabilidad demasiado alta.

En particular, en un paso de evaluación llevado a cabo en particular por medio de exploraciones por rayo láser, por ejemplo, el nervio se puede doblar debido a la acción del gas de corte que fluye, por lo que el resultado se falsea.

La previsión de un segundo nervio mediante una trayectoria de movimiento relativo modificada (o en general la previsión de una pluralidad de nervios) le puede ofrecer al disco el soporte necesario. De este modo se puede posibilitar un paso de evaluación que es menos propenso a errores. Una implementación a modo de ejemplo se ilustra en base a las figs. 6 a 8.

Las figuras 6 y 7 muestran estructuras de corte 61 a modo de ejemplo que se han cortado con diferentes posiciones focales (fig. 6), o una sección de la trayectoria de movimiento relativo 8' para generar una estructura de corte 61 (fig. 7). Las estructuras de corte 61 se han generado con dos secciones de trayectoria 61A, 61B que discurren esencialmente con simetría especular. En una zona central 65, estas están formadas como segmentos semicirculares opuestos 67, entre los cuales se conforma una zona discoidal 69. Los segmentos semicirculares 67 continúan como segmentos de línea espaciados 73 que discurren esencialmente en paralelo entre sí en zonas laterales contiguas y mutuamente opuestas 71A, 71B. En general, a los segmentos de línea 73 se les puede asignar una distancia predeterminada. De manera correspondiente, dependiendo del ancho de corte, se pueden conformar estructuras de nervio 77 respectivamente (con filigrana) en lados opuestos de un disco recortado. El ancho mínimo de un nervio 77 resulta de la diferencia entre la distancia predeterminada entre los segmentos de línea 73 y el ancho de corte.

Si el ancho de corte se vuelve demasiado grande, los nervios son demasiado débiles o ya no están conformados en absoluto de modo que los discos se recorten y caigan. Para la clarificación, un diámetro de foco 78A (es decir, el diámetro del rayo láser en la posición focal de referencia) y un diámetro de rayo 78B alejado de la posición de foco de referencia se indican en la fig. 7 en los puntos de punción (puntos de encendido del láser). Para la medición, por ejemplo, cuando la pieza de trabajo 5 se posiciona en la posición de la posición focal de referencia, se generan anchos de corte en la zona de nervio que se encuentran en el intervalo de, por ejemplo, 10% a 45% de la distancia predeterminada. En general, la distancia predeterminada se elige de modo que se forme una estructura de nervio suficientemente estable en la posición focal de referencia, es decir, en la posición en la que la posición focal está orientada de manera óptima en/sobre la pieza de trabajo.

En el caso de las estructuras de corte 61 caracterizadas con una "x" en la fig. 6, por ejemplo en la zona central 65, los cortes de separación generados se solapan debido al ancho del corte separación, de modo que los discos se pueden caer. Sin embargo, en el caso de las estructuras de corte 61 situadas entremedias, los discos 69 se sujetan mediante los nervios opuestos 77.

En la fig. 8 se muestra una imagen 80 de una placa de prueba 81 en la que se ha llevado a cabo una determinación de la posición focal. En la placa de prueba 81, en el caso de estructuras de corte medias 83, sólo se reconocen líneas

de corte 85 (negras) de diferentes anchos en la forma de acuerdo con la fig. 7, de modo que se sujeta respectivamente un disco 86 a través de dos nervios 87. En contraste, se pueden reconocer dos agujeros (negros) 88 en el lado izquierdo y un agujero (negro) 88 en el lado derecho, con lo que los recortes/agujeros (negros) 88 continúan en lados opuestos como incisiones lineales 89 con diferentes anchos.

5 Como se ilustra además en la fig. 7, los segmentos de línea rectos 73 permiten prever solo un segmento de línea en la zona de la punción en la pieza de trabajo 5. Para ello, los segmentos de línea por parejas se acercan en la dirección opuesta (las flechas 91 están indicadas en la dirección "+ x" o en la dirección "-x" en las figuras 5 y 6) y una punción, es decir, el inicio de cada corte de separación, se realiza a una distancia mayor desde el disco 69 (por ejemplo el centro del disco) que la terminación del otro corte de separación (por ejemplo mediante desconexión de láser). De este modo se puede evitar que un orificio de punción 93 generado durante la punción, cuyo diámetro puede exceder el ancho del corte de separación, conduzca a una caída no deseada del disco, aunque se han conformado estructuras de nervio cerca del disco.

10 Ejemplos de las dimensiones de la sección de trayectoria 8' mostrada en la fig. 7 son un radio de curvatura en la zona central 65 en el intervalo de 1 mm a 3 mm, por ejemplo 1,5 mm, una longitud de los segmentos de línea 73, por ejemplo en el intervalo de 3 mm a 10 mm, con lo que la longitud del segmento de línea que parte del agujero de la punción 93 es algo mayor (por ejemplo 1 mm a 3 mm mayor). Además, la transición de las zonas laterales 71A, 71B a la zona central 65 se puede suavizar con un radio en el intervalo de 1 mm a 3 mm.

La fig. 9 ilustra, a modo de ejemplo, un paso de evaluación 23 para la estructura de corte 31 en forma de árbol, que se basa en la exploración de las estructuras de corte 31 individuales con un rayo láser 97. Con la ayuda del láser, se reconoce si un disco 99A todavía está sujeto en este caso mediante un único nervio o si el disco se ha recortado completamente y, por lo tanto, se ha caído, por lo que se forma una abertura 99B en la pieza de trabajo 5.

20 Para ello, la boquilla 11A se posiciona, por ejemplo, centralmente sobre el centro de cada estructura de corte 31, y el rayo láser 97 se conecta. Si el rayo láser 97 incide en el disco 99A todavía sujeto, el rayo láser 97 se refleja. Se puede detectar la luz reflejada. Si, por otro lado, está presente una abertura 99B, el rayo láser 97 pasa a través de la pieza de trabajo 5 y no tiene lugar ninguna reflexión, es decir, no se detecta luz reflejada. La pieza de trabajo de prueba 81 mostrada en la fig. 8 muestra, por ejemplo, puntos de impacto 101 del rayo láser sobre los discos conservados. Alternativa o complementariamente, se puede detectar la luz que ha pasado a través de una abertura.

25 De esta manera, a la secuencia de estructuras de corte 31 se le puede asignar una serie de valores medidos que tienen en cuenta el ancho de corte y, por tanto, la posición focal. Por ejemplo, a las aberturas se les puede asignar el valor "0" y al disco sujeto el valor "1" (paso de evaluación 23 en la fig. 2). Correspondientemente, como resultado del paso de evaluación para la fig. 9 resulta la serie de valores medidos: 0 - 0 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 0 - 0 - 0 - 0. A este respecto, entre cada valor medido se ha movido la posición focal en un paso de corte fijo, por ejemplo, en la dirección de propagación (por ejemplo en fig.1 en la dirección z).

30 Alternativamente a la evaluación automatizada de las estructuras de corte 31, un operador también puede asumir manualmente la evaluación de las estructuras de corte 31. Alternativa o complementariamente, la secuencia de estructuras de corte también se puede evaluar, por ejemplo, mediante el reconocimiento de imágenes de una imagen registrada por la cámara 14, y los valores medidos correspondientes se pueden asignar a las estructuras de corte 31 individuales.

35 Si se supone un ensanchamiento de intersticio simétrico cuando hay una desviación de la posición focal de referencia, la posición focal de referencia se puede asignar al centro entre los valores de abertura medidos "0" (paso de asignación 25 en la fig. 2). En la medición de ejemplo de la fig. 9, la posición focal de referencia se encuentra correspondientemente en el centro de los valores medidos de disco "1" en la pieza de trabajo 5.

40 En el caso de un número par de valores de medición de corte "1", se puede suponer que la posición focal de referencia está entre los valores de medición de disco medios y se puede interpolar correspondientemente con la ayuda del tamaño de corte. La posición focal de referencia se almacena en el control y se utiliza para el procesamiento posterior y, en particular, el posicionamiento preciso del foco sobre o en la pieza de trabajo (paso de ajuste 27 en la fig. 2).

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar una posición focal de referencia (35) de un rayo de una máquina herramienta basada en rayos usando una unidad de control, caracterizado por que la unidad de control realiza los siguientes pasos:
 - 5 facilitación de una trayectoria de movimiento relativo (8, 8') que delimita una zona discoidal (69) con respecto a una zona circundante (44), en la que la zona discoidal (69) está conectada a la zona circundante (44) a través de al menos una zona de nervio (77),

realización (paso 21) de una secuencia de cortes de prueba en una pieza de trabajo (5), en la que para cada corte de prueba en la pieza de trabajo (5) se corta una estructura de corte (31, 61) mediante guiado del rayo (37) a lo
10 largo de la trayectoria movimiento relativo (8, 8') y el corte se realiza a lo largo de la al menos una zona de nervio (77) de la trayectoria de movimiento relativo (8, 8') en posiciones focales ajustadas de manera diferente,

evaluación (paso 23) de si en el caso de una única estructura de corte (31, 61), la pieza de trabajo (5) presenta, en la zona discoidal (69) de la trayectoria de movimiento relativo (8, 8'), un disco (86) sujeto por al menos un nervio (87) o si la pieza de trabajo (5) presenta, en la zona discoidal de la trayectoria de movimiento relativo (8, 8'), una
15 abertura (88) en la pieza de trabajo (5) formada de acuerdo con la trayectoria de movimiento relativo (8, 8') y

asignación (paso 25) de la posición focal de referencia en base a la evaluación de las estructuras de corte (31, 61).
 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se identifica un grupo central (Z) de estructuras de corte (31, 61), en las que la pieza de trabajo (5) presenta un disco (86) sujeto por al menos un nervio (87) en la zona discoidal (69), y a cada lado del grupo central (Z) se identifica un grupo de bordes (R) de estructuras de corte
20 (31, 61), en las que la pieza de trabajo (5) presenta una abertura (88) en la pieza de trabajo (5) en la zona discoidal (69), y

una posición central, que está asignada al grupo central (Z), o una posición central entre los grupos de bordes (R) se asigna a la posición focal de referencia.
 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que se realizan cortes de prueba en una zona central en los que se debe esperar la posición focal de referencia, y se llevan a cabo cortes de prueba en ambos lados de la zona central.
25
 4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que las posiciones focales específicas del corte de prueba difieren en un tamaño de corte en la dirección de propagación.
 5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el tamaño de corte es ajustable.
 - 30 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la trayectoria de movimiento relativo (8, 8') en la al menos una zona de nervio (77) presenta dos segmentos de línea (73) que discurren uno a lo largo del otro, que están caracterizados por una distancia predeterminada, y

en el que, cuando la pieza de trabajo (5) se posiciona en la posición focal de referencia, los anchos de corte generados en la zona del nervio se encuentran en el intervalo del 10% al 45% de la distancia predeterminada.
 - 35 7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la trayectoria de movimiento relativo (8, 8') en la zona discoidal (69) presenta una forma anular (67) casi cerrada, que en sus extremos se convierte en los segmentos de línea (73) de la al menos una zona del nervio (77).
 8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la trayectoria de movimiento relativo (8, 8') comprende dos secciones de trayectoria (61A, 61B) que discurren esencialmente con simetría
40 especular, que están formadas en una zona central (65) como segmentos semicirculares opuestos (67), entre los cuales se conforma la zona discoidal (69), y en zonas laterales (71A, 71B), que son adyacentes a la zona central (65) y se encuentran opuestas entre sí, están formadas como segmentos de línea espaciados (73), que se extienden uno a lo largo de otro, que configuran dos zonas de nervio (77).
 9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el que los segmentos de línea espaciados (73) se extienden a diferentes distancias desde la zona central (65).
45
 10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la evaluación (paso 23) de una de las estructuras de corte (31) comprende acercarse e irradiar la zona discoidal asociada (69), así como la detección de la radiación reflejada en el disco sujeto (86) y/o radiación que atraviesa la abertura (88) de la pieza de trabajo (5).
 - 50 11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la evaluación (paso 23) de la estructura de corte (31) comprende grabar ópticamente una imagen (80) de la pieza de trabajo (5) en la zona de la secuencia de cortes de prueba y procesamiento de imagen de la imagen (80) para el reconocimiento de discos

sujetos (86) y/o aberturas (88) en la pieza de trabajo (5).

12. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la posición focal asociada con la posición focal de referencia se utiliza por un control para el mecanizado posterior y/o para el posicionamiento exacto del foco (35) en la superficie de la pieza de trabajo (5).

5 13. Máquina herramienta (1) con:

una instalación de mecanizado por láser (3) con un sistema láser,

un soporte de piezas de trabajo (13),

10 un cabezal de mecanizado por láser (11), en la que el cabezal de mecanizado por láser (11) está conectado ópticamente al sistema láser y se puede provocar un movimiento relativo entre el cabezal de mecanizado por láser (11) y el soporte de piezas de trabajo (13) para guiar un rayo láser (37) a lo largo de una trayectoria sobre la pieza de trabajo (5),

una cámara (14) para grabar una imagen (80) de estructuras de corte (31, 61) generadas de acuerdo con la trayectoria de movimiento relativo (8, 8'), y caracterizada por

15 una unidad de control con acceso a una trayectoria de movimiento relativo (8, 8'), que está concebida para determinar una posición focal de referencia de un rayo (37) para llevar a cabo los siguientes pasos:

facilitación de una trayectoria de movimiento relativo (8, 8') que delimita una zona discoidal (69) con respecto a una zona circundante (44), en la que la zona discoidal (69) está conectada a la zona circundante (44) a través de al menos una zona de nervio (77),

20 realización (paso 21) de una secuencia de cortes de prueba en una pieza de trabajo (5), en la que para cada corte de prueba en la pieza de trabajo (5) se corta una estructura de corte (31, 61) mediante guiado del rayo (37) a lo largo de la trayectoria movimiento relativo (8, 8') y el corte se realiza a lo largo de la al menos una zona de nervio (77) de la trayectoria de movimiento relativo (8, 8') en posiciones focales ajustadas de manera diferente,

25 evaluación (paso 23) de si en el caso de una única estructura de corte (31, 61), la pieza de trabajo (5) presenta, en la zona discoidal (69) de la trayectoria de movimiento relativo (8, 8'), un disco (86) sujeto por al menos un nervio (87) o si la pieza de trabajo (5) presenta, en la zona discoidal de la trayectoria de movimiento relativo (8, 8'), una abertura (88) en la pieza de trabajo (5) formada de acuerdo con la trayectoria de movimiento relativo (8, 8') y

asignación (paso 25) de la posición focal de referencia en base a la evaluación de las estructuras de corte (31, 61).

30 14. Máquina herramienta (1) de acuerdo con la reivindicación 13, en la que la unidad de control está configurada para llevar a cabo un procedimiento para determinar una posición focal de referencia de un rayo (37) de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 12.

FIG 1

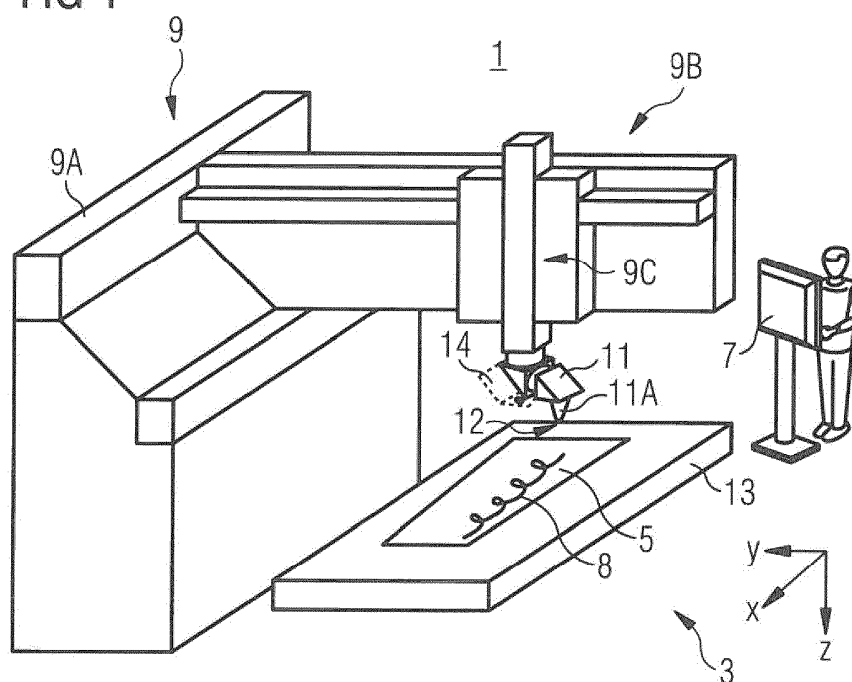


FIG 2

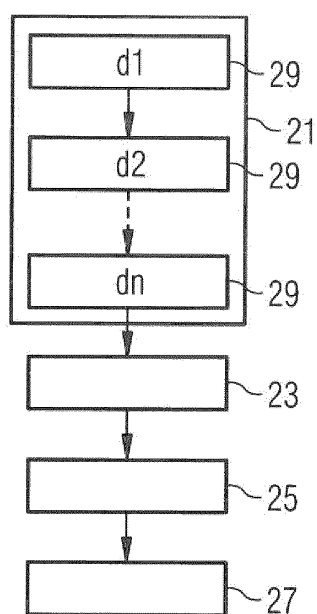


FIG 3

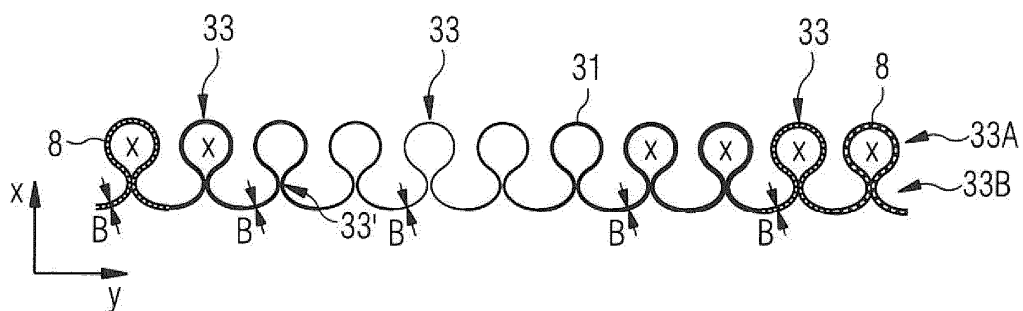


FIG 4

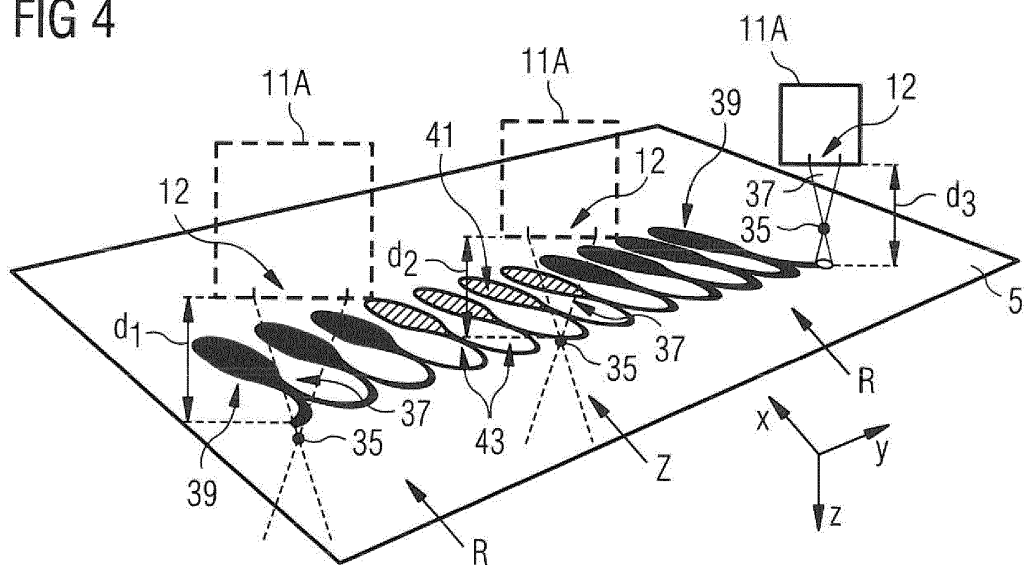


FIG 5A

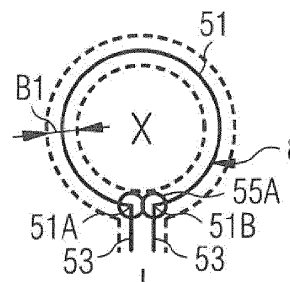


FIG 5B

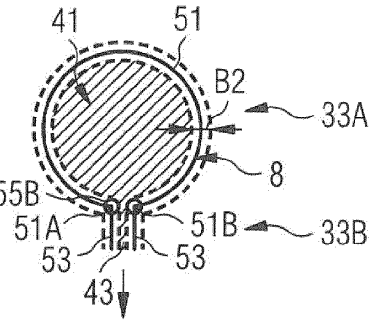


FIG 5C

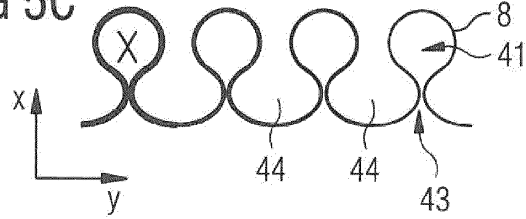


FIG 6

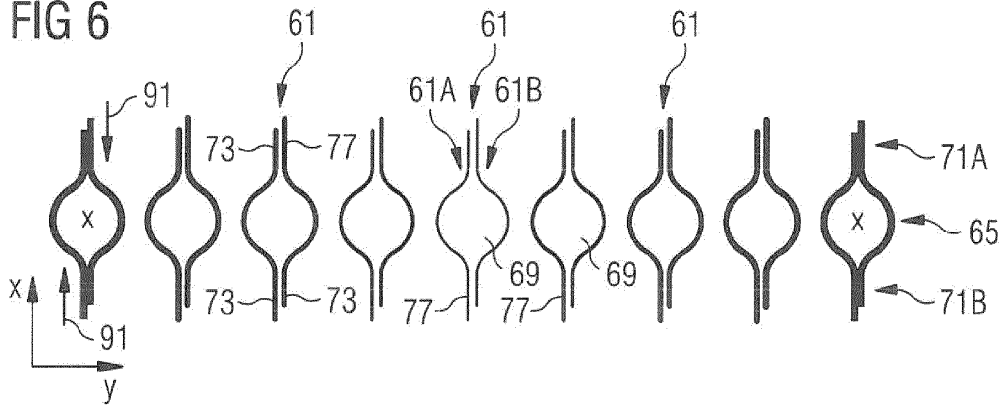


FIG 7

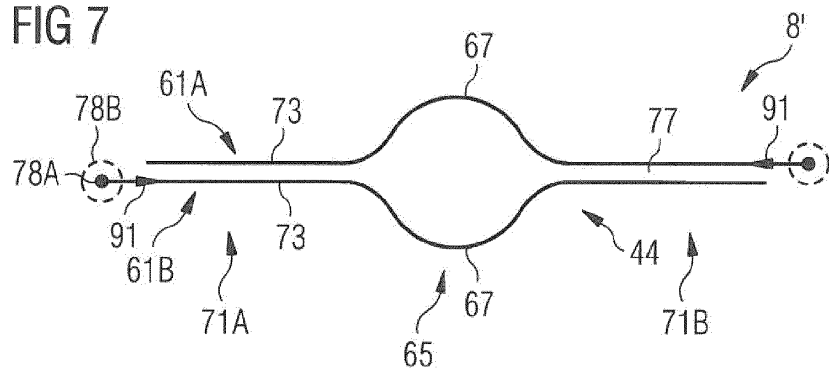


FIG 8

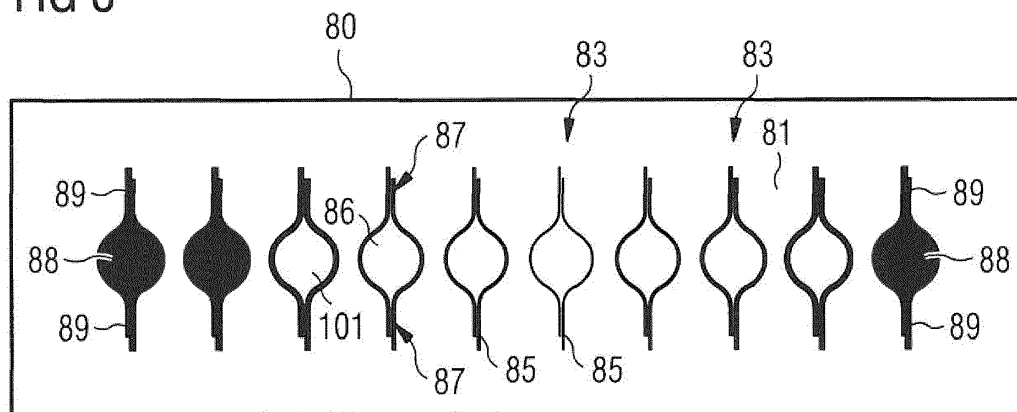


FIG 9

