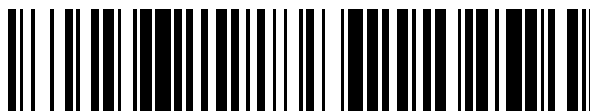


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 709 696**

51 Int. Cl.:

B23K 26/36 (2014.01)

B23K 26/08 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA
TRAS OPOSICIÓN

T5

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.10.2010 E 10188598 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **07.09.2022 EP 2314412**

54 Título: **Dispositivo de mecanizado por láser y procedimiento para la fabricación de una superficie en una pieza bruta**

30 Prioridad:

22.10.2009 DE 102009044316

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

09.01.2023

73 Titular/es:

**FRITZ STUDER AG (100.0%)
Thunstrasse 15
3612 Steffisburg, CH**

72 Inventor/es:

**BRUNNER, GERHARD;
HUNZIKER, URS;
FRIEDERICH, ROLAND y
MUSHARDT, HEINRICH**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 709 696 T5

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de mecanizado por láser y procedimiento para la fabricación de una superficie en una pieza bruta

5 La invención se refiere a un dispositivo de mecanizado por láser, así como a un procedimiento para la fabricación de una superficie en una pieza bruta. En particular, en la pieza bruta se deben formar una o varias aristas de corte, superficies de deslizamiento y superficies libres. La superficie a fabricar puede ser, por ejemplo, una superficie de deslizamiento o una superficie libre. En la fabricación de la superficie se puede formar al mismo tiempo la arista, en particular la arista de corte. De esta manera, a partir de la pieza bruta se puede fabricar una herramienta de corte. La
10 pieza bruta también puede estar construida de varias capas de material o de varios elementos unidos entre sí.

Para el mecanizado de tales piezas brutas se conocen distintos procedimientos de remoción, por ejemplo, rectificado. El rectificado de materiales muy duros, como por ejemplo diamante policristalino (DPC) o diamante CVD (Chemical Vapor Deposition) choca sin embargo contra sus límites visto tanto técnicamente como también económicamente. La
15 ablación por láser con la ayuda de láseres de pulso corto ofrece nuevas posibilidades para mecanizar estos materiales de forma económica, por ejemplo, para fabricar herramientas.

Sin embargo, la generación de aristas de corte de alta calidad plantea problemas. Según el actual estado de la técnica se conocen sistemas láser que recorren el contorno de la pieza de trabajo con ayuda de un escáner láser, donde la
20 pieza bruta está dispuesta de forma estacionaria con respecto al escáner. A saber, los escáneres láser permiten velocidades de trayectoria muy altas, con las que se pueden mover los pulsos de rayo láser individuales a lo largo de la pieza bruta. No obstante, la exactitud alcanzable en este caso no se corresponde con los requerimientos actuales. Además, las superficies y aristas fabricados se desvían del desarrollo rectilíneo y presentan un desarrollo irregular dentado.

25 Además, también se conocen máquinas de mecanizado por láser, en las que el láser se mueve sobre los ejes de máquina con respecto a la pieza bruta. En este caso se puede lograr una mayor exactitud y una mayor calidad de las superficies y aristas generados en la pieza bruta, pero las tasas de remoción alcanzables son bajas. Esto se debe atribuir a que está limitada la dinámica y la velocidad de los ejes de la máquina. Para aumentar la dinámica de los ejes
30 de la máquina, se debe realizar un esfuerzo muy grande, lo que hace muy cara la máquina de mecanizado por láser.

Un procedimiento y un dispositivo para el mecanizado por láser de una pieza bruta se conocen, por ejemplo, por el documento DE 299 08 585 U1. El dispositivo dispone de un láser para generar pulsos de rayo láser. A través de una unidad de accionamiento se mueve el láser y/o el portapiezas en la dirección y transversalmente al eje óptico del láser.
35 A este respecto, el rayo láser se mueve para la remoción de las capas de material individuales en varias líneas que discurren una al lado de la otra o que se solapan a lo largo de toda la anchura de la superficie a retirar. Por lo tanto, el material se retira puntualmente en los puntos de incidencia del pulso de rayo láser. Para obtener una remoción de material continua, los puntos de incidencia se superponen entre el 5 y el 25 por ciento. En el caso de láseres pulsados con frecuencias muy altas, para ello son necesarias correspondientemente grandes velocidades de avance. Según
40 está expuesto ya, es baja la tasa de remoción en este modo de proceder y los tiempos de mecanizado son correspondientemente largos.

En el documento WO 2006/038017 A2 se describen dos formas de realización distintas de un dispositivo de mecanizado por láser. En la primera forma de realización, con ayuda de un escáner láser se forma una superficie de
45 pulsos a partir de varios puntos de incidencia de los pulsos de rayo láser dispuestos uno al lado del otro. La remoción de material se realiza en los puntos de incidencia de los pulsos de rayo láser en la superficie de pulsos. En una segunda forma de realización no se provoca una remoción de material plana, sino que la pieza de trabajo se tronza. En primer lugar se perfora la pieza bruta. Después de la perforación, comienza un movimiento de avance para cortar la pieza bruta en un solo movimiento. Esto corresponde a las dos variantes del mecanizado por láser ya descritas al
50 principio.

Por el documento DE 10 2007 012 815 A1 se conoce un procedimiento, en el que los puntos de incidencia de los pulsos de rayo láser se colocan a lo largo de una cuadrícula por medio de un escáner. El escáner debe permitir un
decalado rápido y preciso de los pulsos del rayo láser con una superposición predeterminada. Para ello, el escáner
55 dos de los escáneres presenta dos guías de rayo que provocan, por ejemplo, movimientos de desviación de los pulsos de rayo láser orientados en ángulo recto entre sí. El decalado entre dos pulsos de rayo láser consecutivos se puede aumentar de este modo.

El documento DE 10 2007 012 816 A1 describe un procedimiento para el mecanizado de piezas de trabajo por medio
60 de un rayo láser. El rayo láser se guía por medio de una guía de rayo dentro de una ventana de trabajo alcanzable como máximo sobre la superficie de la pieza de trabajo. La guía de rayo y la pieza de trabajo se pueden desplazar entre sí en una dirección de desplazamiento alrededor de un tramo de desplazamiento, de modo que pueden ocupar entre sí una primera y una segunda posición relativa de trabajo. Las ventanas de trabajo a ajustar una tras otra mediante diferentes posicionamientos relativos de la pieza de trabajo y guía de rayo se superponen entre sí. En la
65 zona de superposición se pueden mecanizar puntos de la pieza de trabajo opcionalmente desde la una ventana de trabajo de la primera posición relativa de trabajo o desde la otra ventana de trabajo de la segunda posición relativa de

trabajo.

El procedimiento conocido a partir del documento WO 2005/044505 A1 prevé que se usen diferentes cabezales láser en una pieza de trabajo en función de la forma que a producir (taladro o matriz). Los dos cabezales láser se hacen funcionar con diferentes parámetros, tal como, por ejemplo, frecuencia del pulso, duración del pulso, línea de pico de pulso, etc. del láser.

En el procedimiento conocido a partir del documento DE19860585 para el mecanizado de piezas de trabajo de materiales que contienen diamante, en particular, para el mecanizado de aristas de corte de herramientas de materiales que contienen diamante, se usa un rayo láser pulsado para eliminar material punto por punto de la pieza de trabajo mientras el rayo láser es guiado sobre la superficie de la pieza de trabajo.

Partiendo de estos procedimientos y dispositivos conocidos se puede considerar como objetivo de la presente invención proporcionar un procedimiento y un dispositivo de mecanizado por láser que garantice la generación de desarrollos precisos de superficies y aristas y que a este respecto, sin embargo, sea económico.

Este objetivo se consigue mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1 así como un dispositivo con las características de la reivindicación 12.

Según la invención está previsto utilizar un láser pulsado que genera pulsos de rayo láser con una frecuencia de pulso predeterminada. A través de un dispositivo deflector, los pulsos de rayo láser se dirigen en una secuencia predeterminada fija a una pluralidad de puntos de incidencia en la superficie de la pieza bruta. Estos puntos de incidencia predeterminados forman una superficie de pulsos bidimensional en la superficie de la pieza bruta. Por consiguiente se genera una secuencia de pulsos de rayo láser, que están dirigidos hacia puntos de incidencia predeterminados, distintos entre sí en la superficie de pulsos. Esta secuencia se repite siempre de nuevo en una secuencia predeterminada. Mientras tanto, tiene lugar un movimiento relativo continuo entre la pieza bruta y la superficie de pulsos. El movimiento relativo se realiza sin detener la superficie de pulsos en la superficie de la pieza bruta. Si, por ejemplo, en el marco de una inversión de la dirección del movimiento relativo se producen fases de parada cortas, entonces la superficie de pulsos se encuentra durante estas fases de parada fuera de la pieza bruta. Tan pronto como incluso una sección de la superficie de pulsos incide sobre la superficie de la pieza bruta, el movimiento relativo se realiza sin parada. Un dispositivo de posicionamiento mueve la pieza bruta y/o el dispositivo deflector eventualmente junto con el láser en una dirección de movimiento relativo a lo largo de la arista o superficie a generar. A este respecto, la superficie de pulsos se mueve con la velocidad prevista mediante el dispositivo de posicionamiento para el movimiento relativo sobre la superficie de la pieza bruta. De esta manera se realiza una remoción de material en la zona de la superficie de pulsos, que se mueve como un útil con respecto a la pieza bruta. De este modo se consigue, por un lado, una alta tasa de remoción de material y, por otro lado, de esta manera se pueden producir desarrollos de arista o superficie muy exactos con pequeñas desviaciones o imprecisiones de la línea de desarrollo deseada. La invención combina los dos procedimientos de mecanizado por láser utilizados hasta ahora de forma alternativa. La óptica de escaneo rápida se utiliza para formar la superficie del pulso. A este respecto, la óptica de escaneo no posiciona los pulsos de rayo láser a lo largo del contorno deseado de la superficie o arista a fabricar, sino que dirige los pulsos de rayo láser a los puntos de incidencia de la superficie de pulso. El movimiento relativo simultáneo de la superficie de pulsos con respecto a la pieza bruta a través de los ejes de la máquina garantiza la exactitud deseada para obtener desarrollos de superficie y aristas con pequeñas desviaciones del desarrollo predeterminado.

El dispositivo de posicionamiento ajusta al menos temporalmente un ángulo de inclinación con un valor mayor que cero entre la dirección de irradiación de los pulsos de rayo láser y una superficie a generar en la pieza bruta. A este respecto, los pulsos de rayo láser discurren en este caso preferentemente en ángulo recto con respecto a la dirección de movimiento relativo. La superficie de pulsos está orientada transversalmente respecto a la superficie a generar. Mediante los pulsos de rayo láser orientados oblicuamente respecto a la superficie a generar en el ángulo de inclinación se crea un espacio libre adicional durante la remoción de material, el cual mejora la retirada del plasma originado en la zona de remoción. Al comienzo del procedimiento, el ángulo de inclinación puede ser igual a cero y aumentarse después de alcanzar un estado de procedimiento predeterminado durante la fabricación.

Preferentemente se utilizan láseres pulsados con una frecuencia entre 1 y 10 MHz.

El ángulo de inclinación a ajustar depende del material a mecanizar de la pieza bruta. El ángulo de inclinación puede adoptar valores en el rango entre 0 grados y 45 grados, preferentemente en el rango de 5 grados hasta 25 grados. A través del dispositivo de posicionamiento se puede modificar el ángulo de inclinación también durante el mecanizado de la pieza bruta y ajustarse a un valor deseado. En particular, si la pieza bruta se compone de varias capas de diferentes materiales y el material a mecanizar se modifica de este modo en el transcurso del mecanizado, el ángulo de inclinación predeterminado entre diferentes valores se puede adaptar al material respectivo.

La superficie de pulsos puede presentar un contorno esencialmente rectangular. A este respecto, los puntos de incidencia que forman la superficie de pulsos están dispuestos uno al lado del otro dentro de un contorno rectangular, de modo que varios de los cráteres formados en los puntos de incidencia por los pulsos de rayo láser tocan el contorno

rectangular. Expresado en otras palabras, los puntos de incidencia exteriores de la superficie de pulsos están dispuestos en una línea rectangular. En lugar de una superficie de pulsos rectangular también pueden estar predeterminadas otras superficies poligonales, superficies elípticas o circulares o superficies en forma de segmento anular. La forma de la superficie de pulsos se puede adaptar a la remoción de material a conseguir y el desarrollo de
5 contorno deseado a conseguir de la pieza de trabajo a generar a partir de la pieza bruta.

El dispositivo deflector dirige los pulsos de rayo láser hacia puntos de incidencia que están dispuestos a lo largo de una trayectoria de pulsos predeterminada. A este respecto, la trayectoria de pulsos depende de la forma de la superficie de pulsos y presenta preferentemente un desarrollo espiral o en forma de meandro. A este respecto, la
10 trayectoria de pulsos puede presentar un punto de incidencia como punto inicial y un punto de incidencia como punto final, en donde el punto final está dispuesto en el borde de la superficie de pulsos, a la que está asociada el contorno a fabricar. La sección final de trayectoria de la trayectoria de pulsos, que presenta el punto final, está orientada preferiblemente en paralelo o tangencialmente a la dirección del movimiento relativo. Durante el movimiento de retorno del punto final hacia el punto inicial se recorre un recorrido de desplazamiento relativamente grande, que es claramente
15 mayor que los otros recorridos de desplazamiento entre dos puntos de incidencia sucesivos a lo largo de la trayectoria de pulsos. Dado que la exactitud del posicionamiento de los pulsos de rayo láser está limitada por el dispositivo deflector y el dispositivo deflector tiende a la sobreoscilación, la dirección de movimiento del movimiento de retorno está dirigida alejándose de la arista y/o superficie a fabricar. De este modo se pueden evitar deterioros cualitativos del contorno a fabricar.

20 La distancia entre dos puntos de incidencia consecutivos a lo largo de la trayectoria de pulsos se puede predeterminar de acuerdo con los deseos, en particular mediante selección o ajuste de la frecuencia de pulso del láser y la velocidad de desplazamiento del dispositivo deflector.

25 Dos pulsos de rayo láser consecutivos pueden estar dirigidos a diferentes puntos de incidencia en la superficie de pulsos. Alternativamente a ello también es posible dirigir una secuencia de pulsos con dos o más pulsos de rayo láser sobre el mismo punto de incidencia y dirigir sólo la siguiente serie de pulsos sobre un punto de incidencia distinto de él. La energía del pulso individual o de la secuencia de pulsos dirigida hacia un punto de incidencia está predeterminada y se distribuye conforme al número de pulsos utilizados. Cuanto mayor sea el número de pulsos de
30 rayo láser contenidos en una secuencia de pulsos, menor será la energía contenida en un pulso de rayo láser individual.

La retirada de la parte de material de la pieza bruta a retirar, que cubre la superficie a generar se realiza por capas en varias capas de remoción que discurren esencialmente en paralelo a la superficie de pulsos. El espesor de la capa de
35 remoción - visto en la dirección de emisión de los pulsos de rayo láser - depende de la frecuencia de pulsos del láser y de la velocidad relativa de la superficie de pulsos respecto a la pieza bruta. Se pueden lograr espesores de capa de varias centésimas de milímetro. Las capas de remoción discurren transversalmente delante de la superficie a fabricar. A partir de la pieza bruta se puede fabricar una herramienta de corte con al menos una arista de corte. La pieza bruta presenta preferentemente una capa de material de corte o un elemento de material de corte que está dispuesto sobre
40 una capa de soporte o un elemento de soporte. La parte del material a eliminar se extiende sobre ambas capas. A este respecto, el dispositivo de posicionamiento puede ajustar un primer ángulo de inclinación para la remoción del material de la capa de material de corte y un segundo ángulo de inclinación para la remoción del material de la capa de soporte. De esta manera, se pueden lograr tasas de remoción óptimas dependiendo del material a mecanizar.

45 Preferiblemente, después de la remoción de cada capa de remoción se realiza una adaptación o un ajuste de la posición de focalización de los pulsos de rayo láser a través de una óptica de focalización o el dispositivo de posicionamiento.

También es posible predeterminar otros parámetros de mecanizado en función del material. Por ejemplo, la intensidad de los pulsos láser durante la remoción del material de la capa de material de corte puede ser distinta de la intensidad durante la remoción del material de la capa de soporte. De este modo se pueden reducir las desviaciones entre el desarrollo deseado de la arista de corte o la superficie a fabricar.

50 Características ventajosas de la invención se deducen de las reivindicaciones dependientes y de la descripción. A este respecto, la descripción se limita a las características esenciales de la invención, así como a otras circunstancias. Se debe recurrir al dibujo de forma complementaria. Muestran:

Figura 1 un diagrama de bloques de un ejemplo de realización de un dispositivo de mecanizado por láser,
Figura 2 una representación esquemática en perspectiva de un ejemplo de realización de un dispositivo de
60 mecanizado por láser,
Figuras 3-5 distintas formas de superficies de pulsos,
Figura 6 una representación en sección esquemática de dos puntos de incidencia,
Figura 7 la intensidad de los pulsos de rayo láser o series de pulsos respecto al tiempo,
Figura 8a una vista esquemática en perspectiva de la pieza bruta con la superficie de pulsos,
65 Figura 8b una representación en detalle esquemática de la remoción de material generada por el movimiento relativo entre la superficie de pulsos y la pieza bruta,

Figuras 9-13 representaciones parciales esquemáticas de la pieza bruta cortadas transversalmente a la dirección de movimiento relativo en diferentes estadios del mecanizado,

Figura 14 una representación esquemática, similar a un diagrama de bloques de otro ejemplo de realización del dispositivo de mecanizado por láser con una cámara de vacío y

5 Figura 15 una representación esquemática, similar a un diagrama de bloques, de una modificación del ejemplo de realización según la figura 14.

En la figura 1 está representada esquemáticamente un dispositivo de mecanizado por láser 20. El dispositivo de mecanizado por láser 20 presenta un láser pulsado 21, que genera un rayo láser pulsado 22 y lo suministra a un
10 cabezal láser 19 con un dispositivo deflector 23. El dispositivo deflector 23 puede modificar la orientación de los pulsos de rayo láser 24 emitidos y, de este modo, orientar el pulso de rayo láser 24 hacia un punto de incidencia 25 predeterminado sobre una superficie 26 de una pieza bruta 27. El dispositivo deflector 23 también se puede designar como dispositivo de escáner. También comprende una óptica de focalización 28. En un portapiezas 18 está sujeta la pieza bruta 27 en una zona de recepción 47.

15 El dispositivo de mecanizado por láser 20 presenta un dispositivo de control 29. Éste controla un dispositivo de posicionamiento 30, a través del que se puede ajustar y modificar una posición relativa entre el cabezal láser 19 y la pieza bruta 27. El número de los ejes lineales y ejes de giro del dispositivo de posicionamiento 30 puede variar. En el ejemplo de realización preferido, el dispositivo de posicionamiento 30 presenta un primer accionamiento de
20 desplazamiento 31, mediante el cual el cabezal láser 19 puede moverse en una primera dirección 32. En este caso, se trata preferentemente de un movimiento lineal en la primera dirección 32. El primer accionamiento de desplazamiento 31 presenta, por ejemplo, un primer carro 33 que está montado sobre un primer soporte de carro 34 guiado de manera desplazable linealmente. En el primer carro 33, está fijado el cabezal láser 19.

25 Para el desplazamiento lineal del portapiezas 18 o de la pieza bruta 27, así como del cabezal láser 19, el dispositivo de posicionamiento 30 puede presentar otros accionamientos de desplazamiento. A modo de ejemplo, se proporciona un segundo soporte de carro 35, sobre el cual se aloja un segundo carro 36 de manera desplazable en una segunda dirección 37. En este segundo carro 36 está montado el primer soporte de carro 34. La segunda dirección 37 discurre perpendicular a la primera dirección 32. La primera y la segunda dirección 32, 37 despliegan un plano que discurre
30 sustancialmente en sentido transversal a una dirección de emisión R de los pulsos del rayo láser 24.

Una tercera dirección 38 discurre perpendicularmente a las otras dos direcciones 32, 37. Un tercer carro 39 está alojado en un tercer soporte de carro 40 en esta tercera dirección 38 de manera linealmente desplazable. A través de este conjunto de carros 39, 40, el portapiezas 18 es desplazable en la tercera dirección 38, por lo que la distancia del
35 portapiezas 18 y, por tanto, de la pieza bruta 27 al cabezal láser 19 se puede ajustar. La tercera dirección 38 se corresponde según el ejemplo con la dirección de emisión R. En el ejemplo de realización según la Figura 2, la dirección de emisión R está alineada de manera sustancialmente horizontal, en donde, alternativamente, también es posible una alineación vertical.

40 Por lo tanto, el dispositivo de posicionamiento 30 puede provocar el movimiento relativo entre el cabezal láser 19 y el portapiezas 18 o la pieza bruta 27 en una dirección de movimiento relativo V. La dirección de movimiento relativo V no tiene que ser constante en el espacio, sino que puede describir una trayectoria cualquiera con respecto a las tres direcciones 32, 37, 38.

45 El portapiezas 18 está dispuesto a través de un accionamiento pivotante 41 sobre el tercer carro 39, que puede realizar un movimiento pivotante del portapiezas 18 alrededor de un primer eje de pivotación 42a y/o un segundo eje de pivotación 42b. El primer eje de pivotación 42a discurre en la segunda dirección 37, mientras que el segundo eje de pivotación 42b discurre en la primera dirección 32. Con la ayuda del accionamiento pivotante 41, se puede modificar y ajustar según se desee un ángulo en el que incide el pulso del rayo láser 24 en la pieza bruta 27.

50 El dispositivo de posicionamiento 30 puede presentar accionamientos de desplazamiento adicionales o accionamientos de pivotación o giratorios para el ajuste de la posición relativa entre la pieza bruta 27 y el pulso de rayo láser 24. En una modificación del ejemplo de realización ilustrado, también es posible disponer el cabezal láser 19 de manera fija y solo configurar el portapiezas 18 para la pieza bruta 27 de forma deslizante y giratoria. Para la
55 realización del dispositivo de posicionamiento 30 existen muchas posibilidades de variación. La posición relativa a ajustar mediante el dispositivo de posicionamiento 30 entre el cabezal láser 19 y el portapiezas 18 está predeterminada por el dispositivo de control 29.

El dispositivo de control 29 controla el cabezal láser 19, a fin de ajustar o modificar los parámetros de mecanizado
60 antes o durante el mecanizado de la pieza bruta 27. Los parámetros de mecanizado son, por ejemplo, la intensidad I de los pulsos del rayo láser y/o la frecuencia de pulsos f del láser 21 en un intervalo de frecuencias de preferentemente 1 MHz a 10 MHz y/o la distancia focal de la óptica de focalización 28 y/o similares.

El dispositivo de mecanizado por láser 20 presenta una alimentación de gas de proceso 45 así como una aspiración
65 de gas de proceso 46, que están dispuestas en la segunda dirección 37 vista a ambos lados de la zona de recepción 47 (fig. 1). En un ejemplo de realización preferido, esto da como resultado un flujo de gas de proceso P en la segunda

dirección 37. Durante el mecanizado de la pieza bruta 27, se puede ajustar un flujo de gas de proceso P en la zona de la superficie a mecanizar 26 para retirar el plasma resultante de la sublimación del material durante la ablación por láser del punto a mecanizar en la pieza bruta 27.

- 5 En los ejemplos de realización mostrados en las figuras 14 y 15, alternativamente a la generación del flujo de gas de proceso P está prevista una cámara de vacío 48, en donde se sitúan el portapiezas 18 y la zona de recepción 47 para la pieza bruta 27 dentro de la cámara de vacío 48. A través de una línea de aspiración 49, la cámara de vacío 48 está conectada a una bomba de vacío 50, de modo que se puede establecer un vacío en la zona de recepción 47. El dispositivo deflector 23 puede estar dispuesto a este respecto dentro de la cámara de vacío 48 (figura 14) o situarse
10 alternativamente fuera de la cámara de vacío 48, según se muestra esto por ejemplo en las figuras 2 y 15. En este caso la cámara de vacío 48 debe ser transparente en la zona del punto de entrada 51 del pulso de rayo láser 24 para la longitud de onda láser usada.

Con ayuda del dispositivo deflector 23, los pulsos de rayo láser 24 se orientan en la zona de una superficie de pulsos
15 55 sobre la superficie 26 de la pieza bruta 27. Un pulso de rayo láser 24 incide en el punto de incidencia 25 sobre la superficie 26 y provoca allí una remoción de material, por lo que se forma un cráter 56 en forma de embudo, según se ilustra esquemáticamente en la figura 6. Como punto de incidencia 25 se designa aquí el punto central o el eje central del cráter 56. Una pluralidad de puntos de incidencia 25 predeterminados y distanciados forma la superficie de pulsos 55.

20 El dispositivo de control 29 le predetermina al dispositivo deflector 23 una trayectoria de pulsos B para la disposición de los puntos de incidencia 25 sucesivos. El dispositivo deflector 23 dirige los pulsos de rayo láser 24 uno tras otro sobre los puntos de incidencia 25 de la trayectoria de pulsos B. El desarrollo de la trayectoria de pulsos B depende de la forma de la superficie de pulsos 55 y en el caso de superficie de pulsos rectangular 55 presenta según la figura 3
25 un desarrollo de meandros, que se compone de desarrollos parciales rectilíneos. Un punto de incidencia 25 en uno de los puntos de esquina de la superficie de pulsos 55 constituye un punto inicial que está espaciado de la arista 60 o superficie 62 a fabricar. Partiendo del punto inicial S se colocan los pulsos de rayo láser 24 a lo largo de la trayectoria de pulsos hasta el punto de incidencia 25 en la esquina opuesta diagonalmente de la superficie de pulsos, que marca el punto final E de la trayectoria de pulsos B. La sección final de trayectoria 57 de la trayectoria de pulsos B que
30 presenta el punto final E discurre, según el ejemplo, paralela a la superficie 62 o arista 60 a fabricar. Esta sección final de trayectoria 57 linda directamente con la superficie 62 o el borde 60 a fabricar. Tras alcanzar el punto final E tiene lugar un movimiento de retorno en el dispositivo deflector 23 y los pulsos de rayo láser 24 se colocan a continuación de nuevo sobre la trayectoria de pulsos B comenzando en el punto inicial S. El movimiento de retorno está dirigido alejándose del contorno 60, 62 a fabricar. En las figuras 3 a 5 se ilustra respectivamente mediante una flecha a trazos.

35 La distancia A entre dos puntos de incidencia 25 sucesivos a lo largo de la trayectoria de pulsos B se predetermina a través de la frecuencia de pulsos f del láser 21 y la velocidad de desplazamiento del dispositivo deflector 23. En el caso de cambios de dirección en la trayectoria de pulsos B también puede variar la distancia.

40 En una superficie de pulsos 55 con forma redonda, elíptica u otra forma curvada, la sección final de trayectoria 57 que presenta el punto final E también puede discurrir tangencialmente al contorno 60, 62 a fabricar (figura 4). La trayectoria de pulsos B es a este respecto espiral. La superficie de pulsos 55 también puede tener la forma de un segmento anular (figura 5).

45 De forma alternativa a la orientación de los pulsos de rayo láser 24 sucesivos a lo largo de una trayectoria en forma de meandro o de serpiente, también se pueden seleccionar otras trayectorias de pulsos predeterminadas en el dispositivo de control 29, en las que se recorren sucesivamente todos los puntos de incidencia 25 que definen la superficie de pulsos 55 desde el punto inicial S hasta el punto final E. Preferentemente el punto inicial S y el punto final E están espaciados uno de otro lo más lejos posible en la dirección del flujo de gas de proceso P, en donde el
50 gas de proceso fluye del punto final E hacia el punto inicial S.

En el ejemplo de realización preferido, en cada punto de incidencia 25 solo se dirige un pulso de rayo láser 24, mientras que el siguiente pulso de rayo láser 24 se dirige hacia otro punto de incidencia 25 de la superficie de pulsos 55. Un procedimiento semejante está representado en la figura 7 en el gráfico superior. El intervalo temporal entre dos pulsos
55 de rayo láser 24 sucesivos resulta del valor inverso de la frecuencia de pulsos f actual del láser 21. El láser pulsado 21 puede estar configurado como un láser de picosegundo o un láser de femtosegundo.

Si los pulsos de rayo láser 24 sucesivos se dirigen hacia diferentes puntos de incidencia 25, entonces estos pulsos de rayo láser 24 tienen la intensidad I_1 . Según se muestra en los otros dos diagramas en la figura 7, sobre un punto de
60 incidencia 25 también se pueden dirigir dos o más pulsos de rayo láser 24, antes de que se excite el siguiente punto de incidencia 25. En otras palabras, el dispositivo deflector 23 dirige en primer lugar hacia un punto de incidencia 25 una secuencia de pulsos 65 de varios pulsos de rayo láser 24, antes de que la secuencia de pulsos 65 posterior se dirija hacia otro punto de incidencia 25. A este respecto, la energía contenida en una secuencia de pulsos 65 que actúa sobre un punto de incidencia 25 debe corresponder a un pulso de rayo láser 24 individual con la intensidad I_1 .
65 Por lo tanto, la intensidad I de un pulso de rayo láser 24 individual de una secuencia de pulsos 65 se reduce. En el ejemplo de realización aquí representado, la intensidad total I de una secuencia de pulsos 65 es constante. Por ello la

intensidad I de un pulso de rayo láser 24 individual se corresponde en una secuencia de pulsos 65 con el cociente de la intensidad I1 dividido por el número de los pulsos de rayo láser 24 contenidos en la secuencia de pulsos 65.

5 El diámetro D de los cráteres 56 depende del diámetro efectivo de los pulsos de rayo láser 24 en el punto de incidencia 25, que se puede predeterminar y ajustar preferentemente a través de la óptica de focalización 28 y, en particular, también se puede modificar durante el mecanizado.

10 Mientras que ahora se mecaniza una superficie de pulsos 55 bidimensional, espacialmente delimitada, a través del dispositivo deflector 23, el dispositivo de posicionamiento 30 provoca al mismo tiempo un movimiento relativo de la superficie de pulsos 55 a lo largo de una arista 60 o superficie 62 a fabricar sobre la superficie 26 de la pieza bruta 27. En otras palabras, la zona de la remoción de material formada por la superficie de pulsos 55 con la pluralidad de puntos de incidencia 25 de los pulsos de rayo láser 24 se mueve con una velocidad relativa v_{rel} predeterminada en la dirección del movimiento relativo V, lateralmente a lo largo de la arista 60 o la superficie 62 a fabricar. La velocidad relativa v_{rel} es siempre diferente de cero, siempre y cuando al menos una parte de la superficie de pulsos 55 incida sobre la superficie 26 de la pieza bruta. De este modo, a partir de la pieza bruta 27 se pueden fabricar aristas o superficies con solo una desviación muy pequeña del desarrollo deseado de las aristas o superficies. Esto es particularmente relevante en la fabricación de una herramienta de corte en la que deben crearse uno o más aristas de corte 60 que están delimitados por una superficie de deslizamiento 61 y una superficie libre 62.

20 Sobre el dispositivo de posicionamiento 30 y según el dispositivo giratorio 41, se establece un ángulo de inclinación α . El ángulo de inclinación α se define entre la dirección de emisión R de los pulsos del rayo láser 24 y un plano F en el que se encuentra la superficie 62 a mecanizar a partir de la pieza bruta 27 con respecto a la posición actual de la superficie de pulsos 55. En el caso de un desarrollo de superficie curvado, el plano F representa un plano tangencial en el punto actualmente procesado. El ángulo de inclinación α a ajustar está predeterminado por el dispositivo de control 29 y puede cambiar durante el mecanizado de la pieza bruta 27. Para lograr una tasa de eliminación óptima en cada caso, el ángulo de inclinación α se adapta al material que se eliminará de la pieza bruta 27. En el caso de piezas brutas 27, que se componen de varias partes o capas de material diferentes, siempre se garantiza un ángulo de inclinación α que se adapta de manera óptima al material, lo que aumenta significativamente la eficacia del proceso.

30 Con ayuda de las figuras 9 a 13 se explican a continuación distintos estadios durante el mecanizado de la pieza bruta 27 para generar una arista de corte 60 así como una superficie libre 62 adyacente a la arista de corte 60.

35 La pieza bruta 27 se compone de una capa de material de corte, que está formada por un elemento de corte 70 y se compone, por ejemplo, de diamante policristalino (PCD) o diamante CVD. El elemento de corte 70 está aplicado sobre un elemento de soporte 71, que representa una capa de soporte y se compone, por ejemplo, de metal duro. Los dos elementos 70, 71 están conectados de forma fija entre sí a través de una capa de conexión 72, por ejemplo, una capa de soldadura. Alternativamente a ello, una capa de material de corte también se podría aplicar directamente sobre una capa de soporte, por ejemplo, mediante un procedimiento como PVD.

40 El lado superior de la pieza bruta 27 forma la superficie de deslizamiento 61 de la herramienta de corte en la pieza bruta 27 terminada. A continuación de la superficie de deslizamiento 61 se debe trabajar una superficie libre 62 de la pieza bruta 27, cuyo desarrollo deseado está ilustrado por la línea 73. El ángulo de cuña a producir es de 90° , a modo de ejemplo. La primera sección de superficie libre 62a adyacente a la arista de corte 60 a fabricar encierra con la superficie de deslizamiento 61 el ángulo de cuña. La primera sección de superficie libre 62a debe ir seguida de una segunda sección de superficie libre 62b que, con la superficie de deslizamiento 61, encierra un ángulo más pequeño que el ángulo de cuña. Para fabricar la superficie libre 62 y con ello también la arista de corte 60, se debe retirar completamente una parte de material 63 de la pieza bruta, que cubre completamente la superficie libre 62 a fabricar y comprende tanto partes del elemento de corte 70 como también del elemento de soporte 71. La parte de material 63 contiene una superficie lateral de la pieza bruta 27 adyacente a la superficie de deslizamiento 61. Preferentemente, esta parte de material 63 se sublima casi por completo durante la remoción, de manera que solo una pequeña parte residual 64 queda como desecho. La parte restante comprende menos del 10% del volumen de la parte de material 63 y preferentemente menos del 5%.

55 Los pulsos del rayo láser 24 que inciden en la zona de la superficie de pulsos 55 en la superficie 26 conducen a una remoción del material. El cabezal láser 19 se mueve durante la generación de los pulsos del rayo láser 24 en la dirección del movimiento relativo V, en las figuras 9 a 13 perpendicular al plano de la imagen, de manera que la superficie de pulsos 55 se desplaza a lo largo de la superficie 26 de la pieza bruta 27. La velocidad relativa v_{rel} para este movimiento relativo es de unos pocos milímetros por minuto y unos órdenes de magnitud más pequeña que la velocidad de desplazamiento del dispositivo deflector 23 para el desplazamiento de los puntos de incidencia 25 a lo largo de la trayectoria de pulsos B, que es del orden de metros por segundo. La eliminación del material se lleva a cabo por capas a lo largo de la superficie libre 62 a fabricar. En cada movimiento completo de la superficie de pulsos 55 en la dirección de movimiento relativo V a lo largo de la superficie 62 a fabricar, lo que se puede designar como paso de contorno K_i ($i=1...n$), se retira una capa de remoción. El paso de contorno $K_1...K_n$ se repite n veces hasta que la parte de material 63 se haya eliminado por completo y se haya fabricado la superficie libre 62. Las capas de remoción tienen un espesor dS de varias centésimas de milímetro.

Como se ilustra meramente de manera esquemática en la figura 8b, la profundidad de remoción del material aumenta por el movimiento relativo en la zona de la superficie de pulsos 55 en contra de la dirección del movimiento relativo. En el extremo posterior de la superficie de pulsos 55 visto en la dirección de movimiento relativo V, la profundidad de remoción de material es la mayor y determina el espesor de capa dS de la capa de remoción, porque a través de este punto de la superficie 26 de la pieza bruta 27 ya se ha desplazado la zona delantera de la superficie de pulsos 55 a través del movimiento relativo continuo. En contraste con eso, la profundidad de remoción de material en la zona de superficie de la superficie 26 que el extremo frontal de la superficie de pulsos 55 acaba de alcanzar es aún pequeña.

Después de que cada paso de contorno K_i ($i = 1 \dots N$), la posición focal de los pulsos del rayo láser 24 se ajusta automáticamente, ya que la distancia de la superficie 26 al cabezal láser 19 se ha modificado por el espesor de capa dS de la capa de remoción. Esto se compensa ajustando la posición focal mediante la óptica de focalización 28 y/o el dispositivo de posicionamiento 30 después de cada paso de contorno K_i ($i = 1 \dots n$).

Al comienzo del procedimiento, el ángulo de inclinación α entre la primera sección de superficie 62b y la dirección de irradiación R se puede ajustar igual a cero y solo después de la remoción de una o varias capas de abrasión a continuación de la arista de corte 60 se puede aumentar en cantidad. El ángulo de inclinación α puede ser positivo o negativo en el sentido matemático. Al definir el ángulo de inclinación α adecuado, se puede fabricar el ángulo de cuña y la arista de corte 60 con mucha precisión. Alternativamente, también se puede ajustar desde el inicio un ángulo de inclinación α que no sea igual a cero.

Para generar esta primera sección de superficie 62a, se ajusta un primer ángulo de inclinación α_1 de aproximadamente 5° a 10° . La intensidad I de los pulsos del rayo láser 24 presenta un primer valor de intensidad IK. Cuando se haya fabricado una zona suficientemente grande de la superficie libre 62 y, por lo tanto, se haya alcanzado una distancia mínima de la superficie de pulsos 55 desde la arista de corte 60, se puede modificar la intensidad de los pulsos de rayo láser 24 a un segundo valor de intensidad IG (simbolizado por una línea gruesa de los pulsos de rayo láser 24) que en el ejemplo que se muestra aquí es mayor que el primer valor de intensidad IK (simbolizado por una línea fina de los pulsos de rayo láser 24): $IK < IG$.

En el ejemplo de realización, la intensidad I se cambia al segundo valor de intensidad IG, cuando se haya eliminado la parte de material 63 en la zona del elemento de corte 70 y se alcance la capa de conexión 72. En ese momento, el dispositivo de control 29 también provoca un cambio del ángulo de inclinación α desde el primer ángulo de inclinación α_1 al segundo ángulo de inclinación α_2 , en el que el segundo ángulo de inclinación α_2 , por ejemplo, es mayor que el primer ángulo de inclinación α_1 . En el ejemplo de realización, el segundo ángulo de inclinación α_2 para la remoción del material en el elemento de soporte 71 es de aproximadamente 10° a 25° (figura 12). El ángulo de inclinación α siempre se mide con respecto a la sección de superficie 62a, 62b a fabricar. Si la superficie 62 a fabricar describe un desarrollo en ángulo o curvado, entonces el dispositivo de posicionamiento 30 para mantener el ángulo de inclinación deseado α modifica la posición relativa entre el cabezal láser 19 y la pieza bruta 27.

La invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para el mecanizado por láser de una pieza bruta 27. A partir de la pieza bruta 27, se fabricará, en particular, una herramienta de corte con una arista de corte 60 y una superficie libre 62. A partir de un láser se generan pulsos de rayo láser 24 y se dirigen a través de un dispositivo deflector 23 hacia una superficie 26 de la pieza bruta 27. Un pulso del rayo láser 24 incide sobre la superficie 26 de la pieza bruta 27 en un punto de incidencia 25 en un ángulo de inclinación α entre la dirección de emisión R del pulso del rayo láser 24 y la superficie 62 a generar en la pieza bruta 27. El ángulo de inclinación α se puede cambiar a través de un dispositivo de posicionamiento 30 antes y durante la remoción del material y se puede adaptar a las condiciones de trabajo cambiantes o a los parámetros de trabajo. El dispositivo deflector 23 se controla a este respecto de modo que los pulsos de rayo láser 24 inciden en puntos de incidencia 25 situados uno al lado del otro. Un número predeterminado de puntos de incidencia 25 forma una superficie de pulsos 55. Sobre cada punto de incidencia 25 de la superficie de pulsos 55 se dirigen repetidamente pulsos de rayo láser 24 en una secuencia predeterminada. A través de un dispositivo de posicionamiento 30 se produce un movimiento relativo a velocidad constante entre la superficie de pulsos 55 y la pieza bruta 27, de modo que la superficie de pulsos 55 formada por los puntos de incidencia 25 predeterminados se mueve a lo largo de la superficie 26 de la pieza bruta 27 y elimina una capa de remoción durante cada paso de contorno. La remoción de material generada en la zona de la superficie de pulsos 55 se mueve, por tanto, de manera continua a lo largo de la superficie 26. De esta manera se pueden generar desarrollos de aristas y superficies muy exactos en o sobre la pieza bruta 27 con al mismo tiempo altas tasas de remoción de material.

Lista de referencias:

- 18 Portapiezas
- 60 19 Cabezal láser
- 20 Máquina de mecanizado por láser
- 21 Láser pulsado
- 22 Rayo láser pulsado
- 23 Dispositivo deflector
- 65 24 Pulso de rayo láser
- 25 Punto de incidencia

26	Superficie de 27
27	Pieza bruta
28	Óptica de focalización
29	Dispositivo de control
5 30	Dispositivo de posicionamiento
31	Primer accionamiento de desplazamiento
32	Primera dirección
33	Primer carro
34	Primer soporte de carro
10 35	Segundo soporte de carro
36	Segundo carro
37	Segunda dirección
38	Tercera dirección
39	Tercer carro
15 40	Tercer soporte de carro
41	Accionamiento pivotante
42a	Primer eje de pivotación
42b	Segunda eje de pivotación
20 45	Suministro de gas de proceso
46	Aspiración de gas de proceso
47	Zona de recepción
48	Cámara de vacío
49	Línea de aspiración
25 50	Bomba de vacío
51	Punto de entrada
55	Superficie de pulsos
56	Cráter
30 57	Sección final de trayectoria
60	Arista de corte
61	Superficie de deslizamiento
62	Superficie libre
62a	Primera sección de superficie
35 62b	Segunda sección de superficie
63	Parte de material
64	Parte residual
65	Secuencia de pulsos
40 70	Elemento de corte
71	Elemento de soporte
72	Capa de conexión
73	Línea
45 α	Ángulo de inclinación
A	Distancia
B	Trayectoria de pulsos
D	Diámetro
dS	Espesor de capa
50 E	Punto final
f	Frecuencia de pulsos
F	Plano
I	Intensidad
K _i	Paso del contorno (i=1 a n)
55 P	Flujo de gas de proceso
R	Dirección de radiación
S	Punto inicial
V	Dirección de movimiento relativo
vrel	Velocidad relativa
60	

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la fabricación de, al menos, una arista de corte (60), que se delimita por una superficie de deslizamiento (61) y una superficie libre (62), en la que se proporciona una pieza bruta (27) para la fabricación de una
 5 herramienta de corte, por medio de un dispositivo de mecanizado por láser, con un láser (21) que genera pulsos de rayo láser (22, 24), con un cabezal láser (19) que presenta un dispositivo deflector (23) con una óptica de focalización (28), con un dispositivo de posicionamiento (30) que está concebido para provocar un movimiento relativo entre un portapiezas (18) que sujeta la pieza bruta (27) y el cabezal láser (19), y con un dispositivo de control (29) que controla el dispositivo de posicionamiento (30) para ajustar y modificar una posición relativa entre el cabezal láser (19) y la
 10 pieza bruta (27) y que controla el cabezal láser (19) para ajustar y modificar los parámetros de mecanizado antes o durante el mecanizado de la pieza bruta (27), **caracterizado por** los siguientes pasos:

- generación de pulsos de rayo láser (22, 24) y orientación repetida de los pulsos de rayo láser (24) hacia puntos de incidencia (25) predeterminados, distanciados entre sí a lo largo de una trayectoria de pulsos (B) en una
 15 secuencia predeterminada fija dentro de una superficie de pulsos (55) bidimensional predeterminada sobre la pieza bruta (27) por medio del dispositivo deflector (23),
 - realización de un movimiento relativo entre el portapiezas (18) que sostiene la pieza bruta (27) y el cabezal láser (19), donde el movimiento relativo discurre en una dirección del movimiento relativo (V) a lo largo de la superficie (62) y la arista de corte (60) que hay que fabricar, y la superficie de pulsos (55) se mueve sin parada sobre la
 20 superficie de la pieza bruta (27), con la velocidad relativa (vrel) predeterminada por el dispositivo de posición (30) para el movimiento relativo,
 donde la parte de material (63) de la pieza bruta (27) que hay que retirar, la cual cubre la arista de corte (60) y la superficie (62) que hay que generar, se retira por capas en varias capas de remoción que discurren, esencialmente, en paralelo a la superficie de pulsos (55), la cual se extienden transversalmente a la superficie (62) que hay que
 25 fabricar en la pieza bruta (27), de tal manera que, en cada movimiento completo de la superficie de pulsos (55) en la dirección de movimiento relativo (V) a lo largo de la arista de corte (60) y/o la superficie (62) que hay que fabricar, se retira una capa de remoción.

2. Procedimiento según la reivindicación 1,
 30 **caracterizado porque** el dispositivo de posicionamiento (30) predetermina y ajusta un ángulo de inclinación (a) entre la dirección de radiación (R) de los pulsos de rayo láser (24) y una superficie (62) que hay que fabricar en la pieza bruta (27).

3. Procedimiento según la reivindicación 2,
 35 **caracterizado porque** el dispositivo de posicionamiento (30) modifica el ángulo de inclinación (a) durante el mecanizado de la pieza bruta (27).

4. Procedimiento según la reivindicación 2,
 40 **caracterizado porque** la pieza bruta (27) presenta una capa de material de corte (70) que está dispuesta sobre una capa de soporte (71), y porque la parte de material (63) que hay que retirar se extiende sobre ambas capas (70, 71), donde el dispositivo de posicionamiento (30) ajusta un primer ángulo de inclinación (α_1) para la remoción del material de la capa de material de corte (70) y un segundo ángulo de inclinación (α_2) para la remoción del material de la capa de soporte (71).

45 5. Procedimiento según la reivindicación 4,
caracterizado porque la intensidad (I) de los pulsos láser (24) durante la remoción del material de la capa de material de corte (70) es distinta de la intensidad (I) durante la remoción del material de la capa de soporte (71).

6. Procedimiento según la reivindicación 4,
 50 **caracterizado porque** la capa de material de corte está realizada como elemento de corte (70) y la capa de soporte como elemento de soporte (71), las cuales están conectadas entre sí de forma inseparable.

7. Procedimiento según la reivindicación 2,
 55 **caracterizado porque** el valor del ángulo de inclinación (a) se sitúa en el intervalo de 0° a 45°, en particular, en el intervalo de 5° a 25°.

8. Procedimiento según la reivindicación 1,
 60 **caracterizado porque** la trayectoria de pulsos (B) presenta un punto inicial (S) y un punto final (E), donde el punto de incidencia (25) que marca el punto final (E) está dispuesto en el borde de la superficie de pulsos (55) que está asignado a la arista (60) y/o superficie (62) que hay que fabricar.

9. Procedimiento según la reivindicación 1,
 65 **caracterizado porque** la distancia (A) entre dos puntos de incidencia (25) sucesivos a lo largo de la trayectoria de pulsos (B) está predeterminada a través de la frecuencia de pulsos (f) del láser (21) y la velocidad de desplazamiento del dispositivo deflector (23).

10. Procedimiento según la reivindicación 1,

caracterizado porque el dispositivo deflector (23) dirige dos pulsos de rayo láser (24) directamente sucesivos hacia distintos puntos de incidencia (25) de la superficie de pulsos (55).

5 11. Procedimiento según la reivindicación 1,

caracterizado porque el dispositivo deflector (23) dirige dos secuencias de pulsos (65) directamente sucesivas con, al menos, dos pulsos de rayo láser (24) hacia distintos puntos de incidencia (25) de la superficie de pulsos (55).

12. Dispositivo de mecanizado por láser para la fabricación de, al menos, una arista de corte (60) en una pieza bruta
10 (27), que se delimita por una superficie de deslizamiento (61) y una superficie libre (62),

con un láser (21) que genera pulsos de rayo láser (22, 24),

con un cabezal láser (19) que presenta un dispositivo deflector (23) con una óptica de focalización (28),

15 con un dispositivo de posicionamiento (30) que está concebido para provocar un movimiento relativo entre un portapiezas (18) que sujeta la pieza bruta (27) y el cabezal láser (19),

con un dispositivo de control (29) que controla el dispositivo de posicionamiento (30) para ajustar y modificar una posición relativa entre el cabezal láser (19) y la pieza bruta (27) y que controla al cabezal láser (19) para ajustar y modificar los parámetros de mecanizado antes o durante el mecanizado de la pieza bruta (27), **caracterizado**
20 **porque** el dispositivo de control (29) está concebido para realizar el siguiente procedimiento:

- generación de pulsos de rayo láser (22, 24) y enderezamiento repetido de los pulsos de rayo láser (24) en puntos de incidencia (25) predeterminados distanciados entre sí a lo largo de una banda de pulso (B), en una secuencia predeterminada fija dentro de una superficie de pulsos (55) bidimensional predeterminada sobre una
25 pieza bruta (27), por medio del dispositivo deflector (23),

25 - realización de un movimiento relativo entre el portapiezas (18) que sostiene la pieza bruta (27) y el cabezal láser (19), donde el movimiento relativo discurre en una dirección del movimiento relativo (V) a lo largo de la superficie (62) y la arista de corte (60) que hay que fabricar, y la superficie de pulsos (55) se mueve sin parada sobre la superficie de la pieza bruta (27) con la velocidad relativa (vrel) predeterminada por el dispositivo de posición (30) para el movimiento relativo,
30

35 donde la parte de material (63) de la pieza bruta (27) que hay que retirar, la cual cubre la arista de corte (60) y la superficie (62) que hay que generar, se retira por capas en varias capas de remoción que discurren, esencialmente, en paralelo a la superficie de pulsos (55), la cual se extienden transversalmente a la superficie (62) que hay que fabricar en la pieza bruta (27), de tal manera que, en cada movimiento completo de la superficie de pulsos (55) en la dirección de movimiento relativo (V) a lo largo de la arista de corte (60) y/o la superficie (62) que hay que fabricar, se retira una capa de remoción.

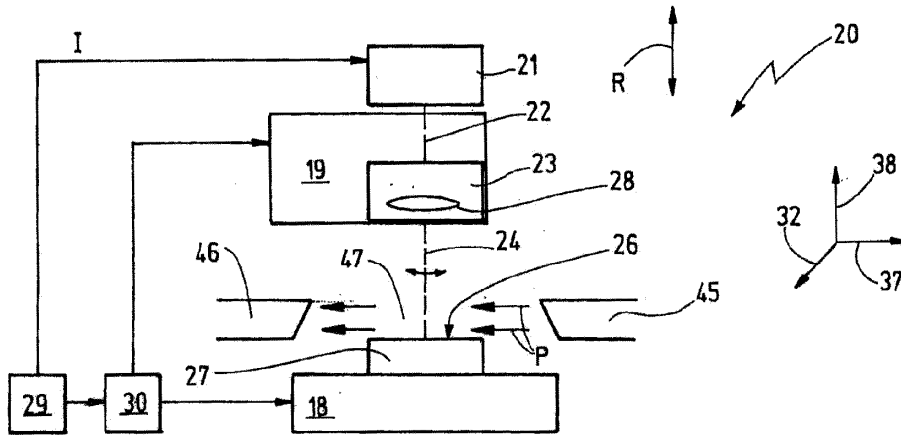


Fig.1

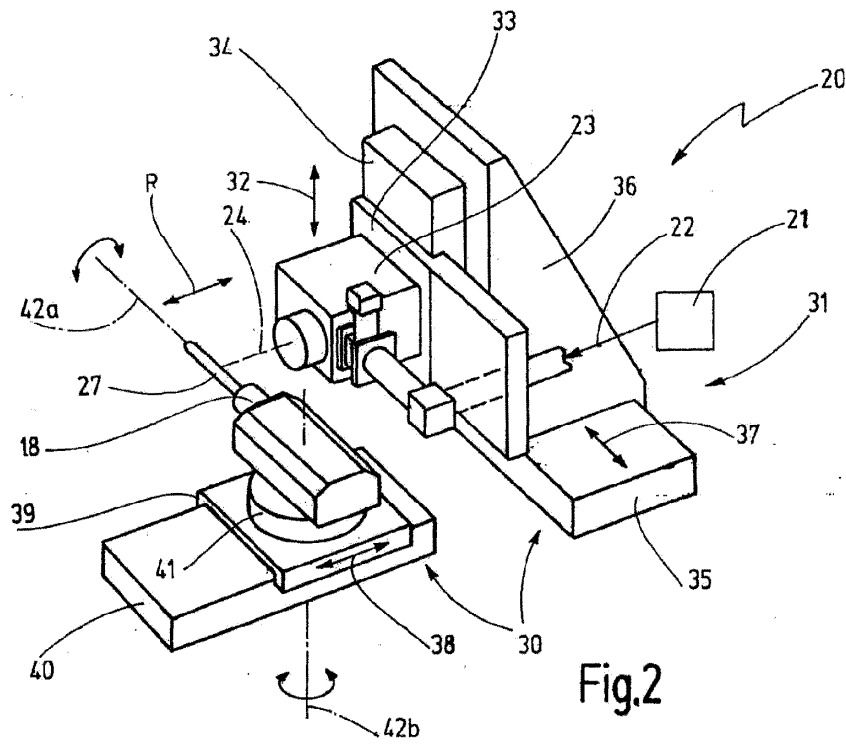


Fig.2

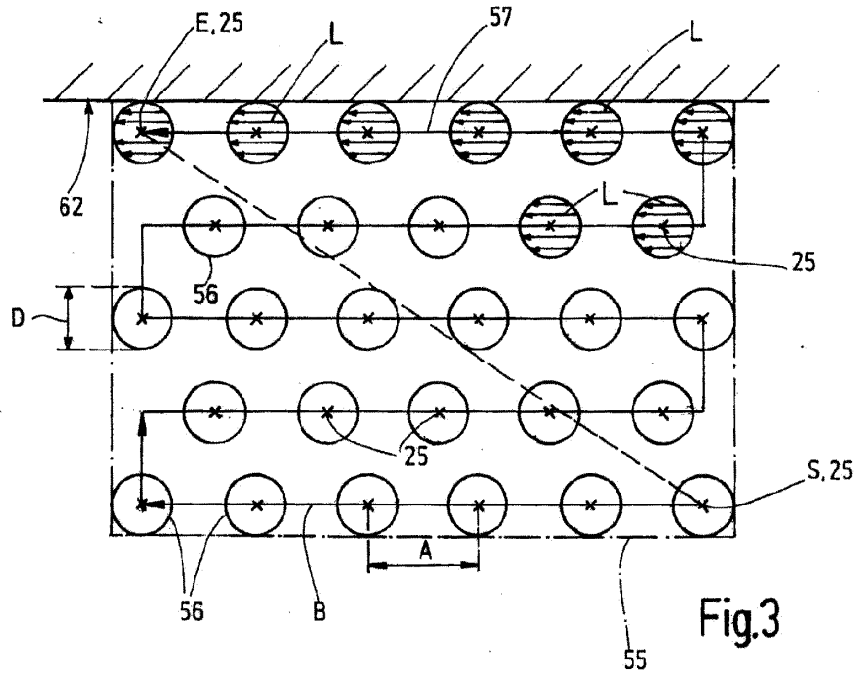


Fig.3

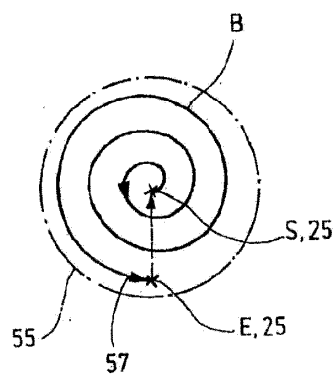


Fig.4

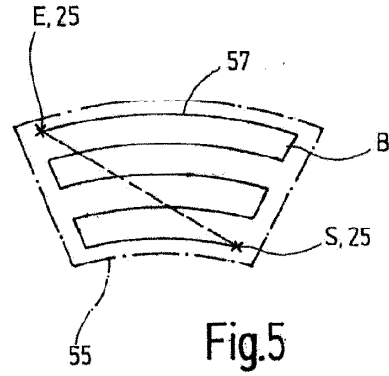


Fig.5

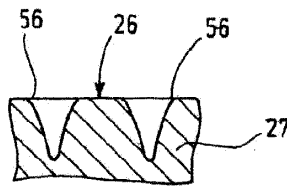


Fig.6

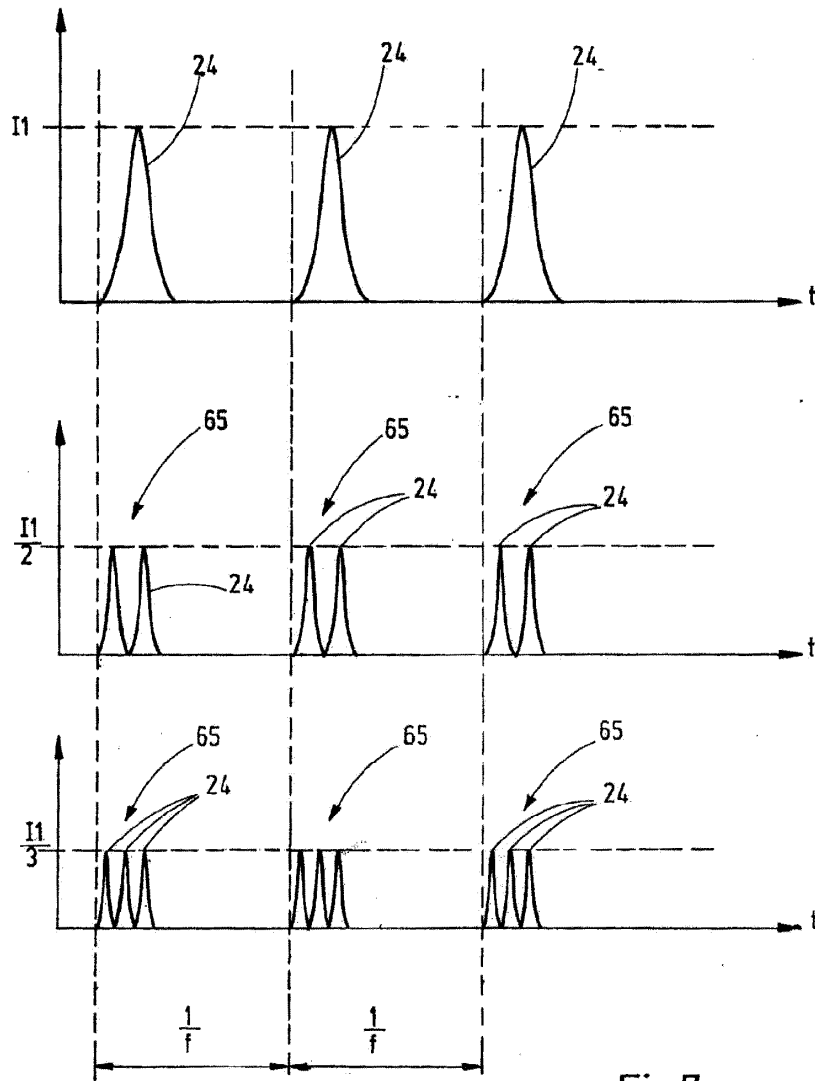
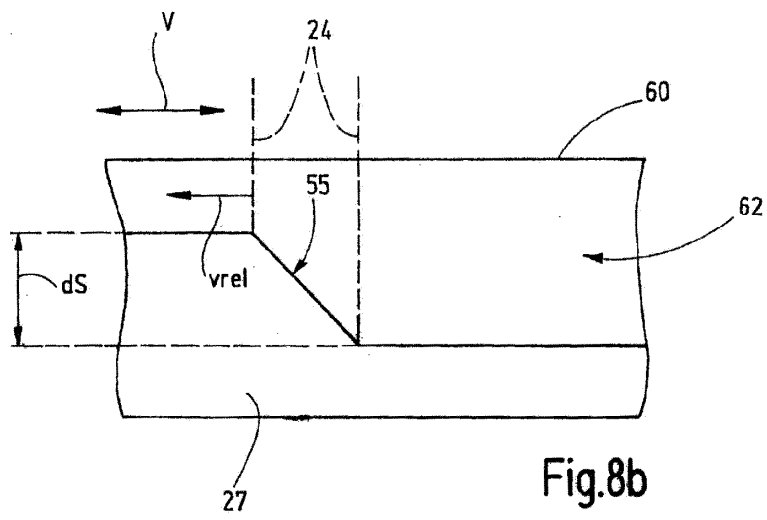
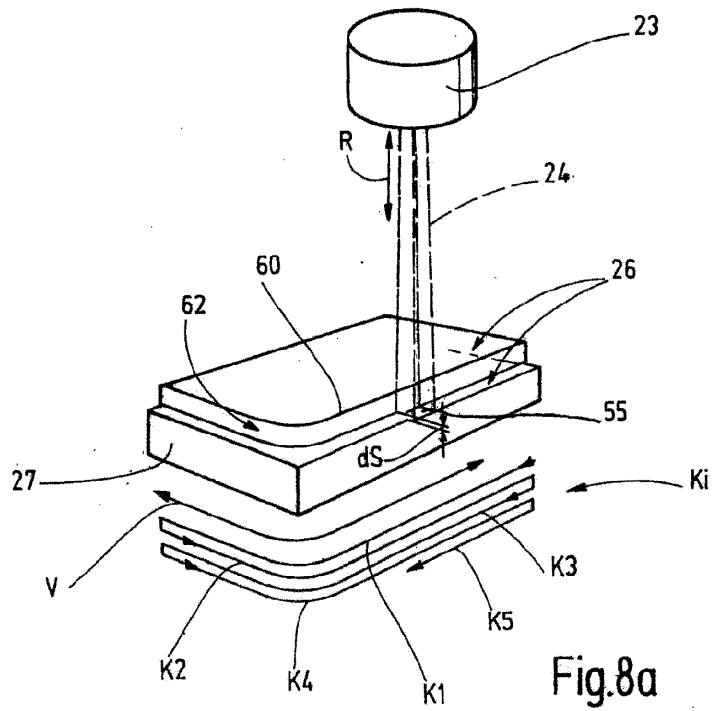


Fig.7



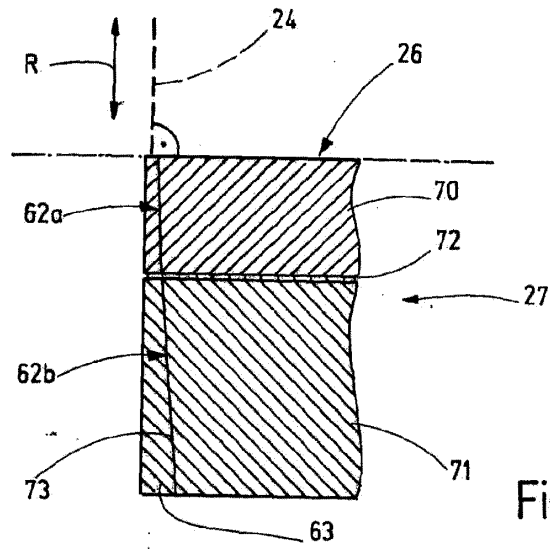


Fig.9

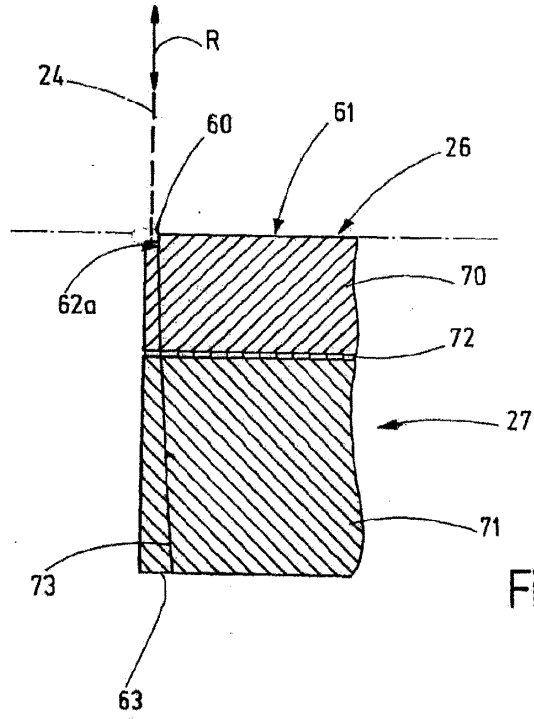


Fig.10

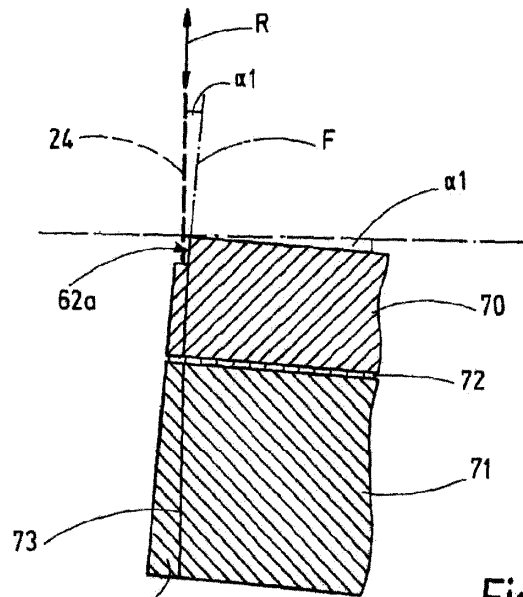


Fig.11

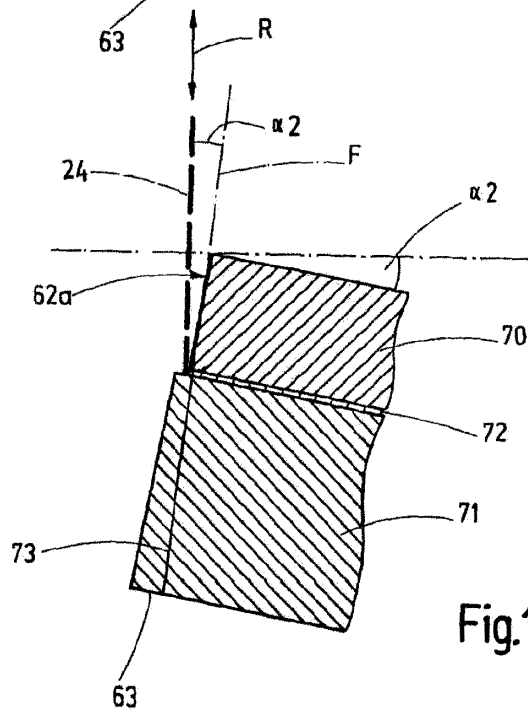


Fig.12

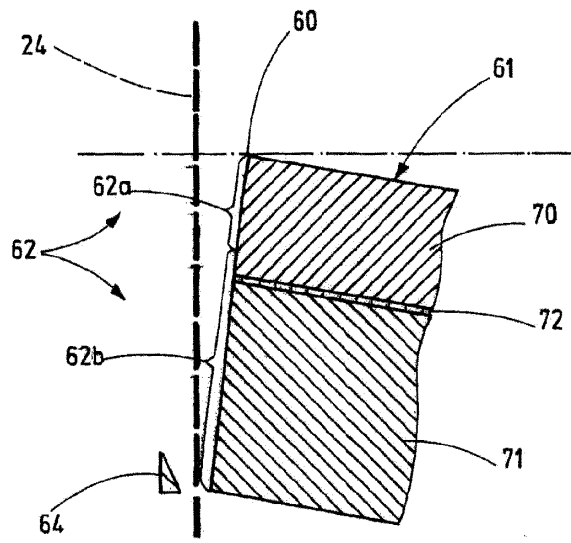


Fig.13

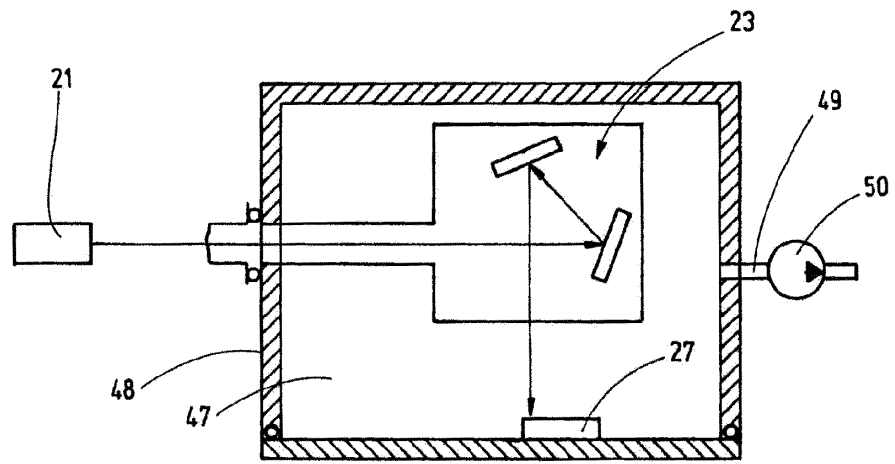


Fig.14

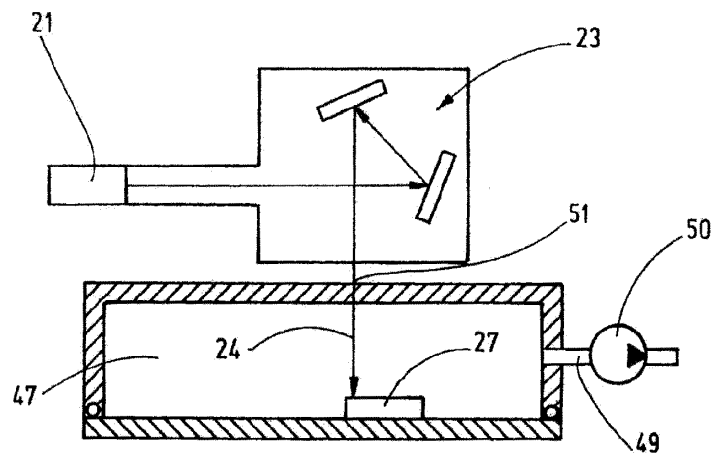


Fig.15