

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 704 907**

51 Int. Cl.:

B23K 26/08 (2014.01)

B23K 26/06 (2014.01)

B23K 26/36 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.03.2011 E 11158090 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2018 EP 2374569**

54 Título: **Dispositivo de mecanizado por láser y procedimiento para la fabricación de un útil simétrico en rotación**

30 Prioridad:

15.03.2010 DE 102010011508

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

20.03.2019

73 Titular/es:

**EWAG AG (100.0%)
Industriestrasse 4
4554 Etziken, CH**

72 Inventor/es:

PLÜSS, CHRISTOPH

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 704 907 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

Dispositivo de mecanizado por láser y procedimiento para la fabricación de un útil simétrico en rotación

5 La invención se refiere a un dispositivo de mecanizado por láser, así como un procedimiento para la fabricación de un útil, en particular de un útil simétrico en rotación a partir de una pieza bruta. En la pieza bruta se deben formar una o varias ranuras receptoras de virutas, aristas de corte, superficies de desprendimiento y superficies libres. La pieza bruta también puede estar construida a partir de varias capas de material o de varios elementos unidos entre sí, por ejemplo, un vástago metálico duro y un inserto de útil de diamante.

10 Para el mecanizado de tales piezas brutas se conocen distintos procedimientos de remoción, p. ej. 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. Precisamente en el caso de dimensiones muy pequeñas sólo se pueden fabricar determinadas geometrías de ranura
15 receptora de virutas mediante rectificado. Además, los efectos de las fuerzas sobre la pieza bruta son muy grandes y pueden conducir a deformaciones indeseadas. La ablación láser con ayuda de láseres de impulsos cortos ofrece nuevas posibilidades de mecanizar estos materiales de forma económica, a fin de fabricar por ejemplo útiles.

Sin embargo, la generación de útiles de gran valor cualitativo plantea problemas. Según el actual estado de la
20 técnica se conocen sistemas láser que recorren el contorno de la pieza de trabajo con la ayuda de un escáner láser, en donde la pieza bruta está dispuesta de forma estacionaria respecto al escáner. Los escáneres láser permiten velocidades de trayectoria muy elevadas, con las que los impulsos de rayo láser individuales se pueden mover sobre la pieza bruta. No obstante, la exactitud alcanzable en este caso no se corresponde con los requerimientos actuales. Además, las superficies y aristas fabricadas se desvían del desarrollo rectilíneo y presentan un desarrollo desigual
25 dentado.

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 conseguir una exactitud mayor y una calidad mayor de las superficies y aristas generadas en la pieza de trabajo, pero las tasas de remoción alcanzables son bajas. Esto
30 se debe atribuir a que está limitada la dinámica y la velocidad de los ejes de la máquina. Para el aumento de la dinámica de los ejes de máquina se deben dedicar 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
35 documento DE 299 08 585 U1. El dispositivo dispone de un láser para la generación de impulsos 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. A este respecto, el rayo láser se mueve para la remoción de capas de material individuales en varias líneas, que discurren unas junto a otras o superpuestas, a lo largo de toda la anchura de la superficie a retirar. Por
40 ello, el material se retira puntualmente en los puntos de incidencia del impulso 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 elevadas son necesarias para ello velocidades de avance correspondientemente grandes. Según está expuesto ya, es baja la tasa de remoción en este modo de proceder y los tiempos de mecanizado son correspondientemente largos.

45 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 la ayuda de un escáner láser se forma una superficie de impulsos a partir de varios puntos de incidencia dispuestos unos junto a otros de los impulsos de rayo láser. La remoción de material se realiza en los puntos de incidencia de los impulsos de rayo láser en la superficie de impulsos. En una segunda forma de realización no se provoca una remoción de material plana, sino que la pieza de
50 trabajo se tronza. En primer lugar se perfora la pieza bruta. Después del perforado comienza un movimiento de avance con el corte de la pieza bruta en un vez. Esto se corresponde con las dos variantes ya expuestas al inicio del mecanizado por láser.

Por el documento DE 10 2007 012 815 A1 se conoce un procedimiento, en el que los puntos de incidencia de los
55 impulsos de rayo láser se colocan a lo largo de una cuadrícula mediante un escáner. De forma superpuesta a ello se puede realizar un movimiento relativo unidimensional o bidimensional entre la cuadrícula de puntos de incidencia y la pieza bruta. Este movimiento relativo superpuesto debe ser más rápido que el movimiento de trayectoria de los impulsos de rayo láser a través del escáner. No se explica cómo se podría provocar el movimiento rápido superpuesto. Los ejes de máquina conocidos no lo pueden hacer en cualquier caso.

60

El documento EP 2 314 412 A2 está incluido en el artículo 54(3) CPE y describe un procedimiento y un dispositivo de mecanizado por láser. Allí se genera una superficie de impulsos bidimensional, dentro de la que se dirigen los impulsos de rayo láser a lo largo de una trayectoria de impulsos predeterminada sobre la pieza de trabajo a mecanizar. La superficie de impulsos y la pieza de trabajo se mueven una con respecto a otra.

5

En el dispositivo conocido por el documento WO 2005/044505 A1 están presentes dos unidades de mecanizado por láser, que presenta diferentes parámetros de mecanizado para diferentes objetivos. Una unidad de mecanizado por láser sirve por ejemplo para la perforación por láser, mientras que la otra unidad de mecanizado por láser está prevista para la fabricación de una matriz.

10

Un procedimiento para la fabricación de una fresa frontal se conoce por el documento DE 10 2006 005 401 A1. En una pieza bruta provista con la capa material duro se genera mediante un rayo láser controlado por trayectoria se genera una geometría de corte con filos de fresa y ranuras receptoras de virutas. No se describen particularidades.

15

Partiendo de estos procedimientos y dispositivos conocidos, como objetivo de la presente invención se puede considerar proporcionar un procedimiento mejorado y un dispositivo de mecanizado por láser para la fabricación de útiles.

20

Este objetivo se consigue mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1, así como un dispositivo con las características de la reivindicación 11.

25

Según la invención está previsto usar un láser pulsado, que genera impulsos de rayo láser con una frecuencia de impulsos predeterminada. A través del dispositivo deflector, los impulsos de rayo láser se dirigen en particular en un orden predeterminado de forma fija hacia una pluralidad de puntos de incidencia sobre la superficie de la pieza bruta. Estos puntos de incidencia forman una superficie de impulsos bidimensional sobre la superficie de la pieza bruta. Por consiguiente se genera una secuencia de impulsos de rayo láser, que están dirigidos hacia puntos de incidencia predeterminados, distintos entre sí en la superficie de impulsos. Esta secuencia se repite de nuevo en un orden predeterminado.

30

Un dispositivo de posicionamiento mueve la pieza bruta y/o el dispositivo deflector eventualmente junto con el láser en una dirección de movimiento relativa a lo largo de la arista o superficie a generar. A este respecto, la superficie de impulsos 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 impulsos, que se mueve como un útil con respecto a la pieza bruta. De este modo se consigue, por un lado, una elevada tasa de remoción y, por otro lado, de esta manera se pueden establecer desarrollos de arista o superficie muy exactos con desviaciones o inexactitudes bajas de la línea de desarrollo deseada. En la pieza bruta se genera una ranura receptora de virutas y al menos una arista de corte, en donde en primer lugar se genera una ranura receptora de virutas. De este modo se puede prescindir de procedimientos adicionales, de conformación y en particular de remoción de material. El útil se puede fabricar exclusivamente mediante ablación láser a partir de la pieza bruta. En particular se pueden fabricar útiles rotativos con un diámetro de menos de 2 milímetros o incluso menores de 0,5 milímetros.

35

La invención combina los dos procedimientos de mecanizado por láser usados hasta ahora alternativamente. La óptica de escáner rápida se usa para formar la superficie de impulsos. La óptica de escáner no posiciona los impulsos de rayo láser a este respecto a lo largo del contorno deseado de la superficie o arista a fabricar, sino que dirige los impulsos de rayo láser sobre los puntos de incidencia de la superficie de impulsos. El movimiento relativo simultáneo de la superficie de impulsos respecto a la pieza bruta a través de los ejes de máquina garantiza la exactitud deseada para obtener desarrollos de superficie y arista con bajas desviaciones del desarrollo predeterminado.

40

Durante la remoción del material para la generación de la ranura receptora de virutas, al final de la ranura receptora de virutas en el lado de vástago se realiza una inversión de la dirección del movimiento relativo entre la superficie de impulsos y la pieza bruta. Los impulsos de rayo láser se desconectan durante la inversión de dirección o el número y/o posición de los puntos de incidencia de los impulsos de rayo láser en la superficie de impulsos se modifica para obtener la forma de ranura deseada en el extremo de ranura.

45

A diferencia de ello, el movimiento relativo entre la superficie de impulsos y pieza bruta durante la fabricación de la arista de corte es sin parada de la superficie de impulsos sobre la superficie de la pieza bruta y también se podría designar como movimiento relativo continuo. Si, por ejemplo, en el marco de una inversión de dirección del movimiento relativo se producen cortas fases de parada, entonces la superficie de impulsos se sitúa durante estas

50

fases de parada fuera de la pieza bruta. En cuanto sólo una sección de la superficie de impulsos se encuentra sobre la superficie de la pieza bruta, el movimiento relativo se realiza sin parada.

Según la invención se generan en primer lugar la ranura receptora de virutas o todas las ranuras receptoras de virutas. De este modo se puede reducir la remoción de material necesaria para la elaboración siguiente de la al menos una arista de corte. De este modo se puede conseguir un desarrollo de la arista de corte con una desigualdad o rugosidad muy baja. Tras la generación de la ranura receptora de virutas y antes de la generación de la arista de corte se puede generar una depresión de liberación, que se conecta con la superficie libre que se origina durante la generación de la arista de corte. La depresión de liberación facilita la generación de ángulos libres grandes en el rango de aproximadamente 15° hasta 30°.

Según la invención la intensidad de los impulsos de rayo láser para la generación de la arista de corte es mayor que para la generación de la ranura receptora de virutas.

En un ejemplo de realización preferido se realiza una homogeneización de rayo de los impulsos de rayo láser. La distribución de energía en el impulso de rayo láser es por ello muy uniforme sobre toda la superficie de sección transversal del impulso de rayo láser y por consiguiente sobre toda el punto de incidencia. De este modo se puede reducir aún más el calentamiento de la pieza bruta durante la fabricación del útil y evitarse los menoscabos térmicos y en particular las deformaciones. Esto tiene importancia en particular durante la fabricación de útiles con muchas filigranas, por ejemplo, microútiles.

El dispositivo de posicionamiento puede presentar un eje de giro que concuerda con el eje longitudinal de una pieza bruta cilíndrica a mecanizar. La pieza bruta se gira durante la generación de una ranura receptora de virutas y/o entre la generación de dos ranuras receptoras de virutas alrededor de este eje de giro. De esta manera también se pueden fabricar ranuras receptoras de virutas, que discurren al menos por secciones transversalmente al eje longitudinal de la pieza bruta, p. ej. ranuras receptoras de virutas espirales.

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

Preferentemente el dispositivo de posicionamiento ajusta al menos temporalmente y al menos durante la fabricación de la superficie de desprendimiento o de la superficie libre un ángulo de inclinación con un valor mayor de cero entre la dirección de emisión de los impulsos de rayo láser y una superficie a generar en la pieza bruta. Los impulsos de rayo láser discurren a este respecto preferiblemente en ángulo recto respecto a la dirección del movimiento relativo. La superficie de impulsos está orientada transversalmente respecto a la superficie a generar. Mediante los impulsos 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 tras alcanzar un estado de procedimiento predeterminado durante la fabricación.

El ángulo de inclinación a ajustar puede depender, por ejemplo, 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 cuando la pieza bruta se compone de varias capas de diferente material y de este modo se modifica el material a mecanizar en el curso del mecanizado, el ángulo de inclinación predeterminado se puede adaptar entre los distintos valores al material correspondiente.

La superficie de impulsos puede presentar un contorno esencialmente rectangular. A este respecto, los puntos de incidencia que forman la superficie de impulsos están dispuestos dentro de un contorno rectangular, de modo que varios cráteres formados en los puntos de incidencia por los impulsos de rayo láser tocan el contorno rectangular. Dicho de otro modo, los puntos de incidencia exteriores de la superficie de impulsos están dispuestos sobre una línea del rectángulo. En lugar de una superficie de impulsos rectangular también pueden estar previstas otras superficies poligonales, superficies elípticas o redondas o superficies en forma de segmentos anulares. La forma de la superficie de impulsos se puede adaptar a la remoción de material a conseguir y el desarrollo de contorno deseado a conseguir de la pieza de trabajo a generar a partir de la pieza bruta.

El tamaño de la superficie de impulsos puede variar durante la elaboración de la ranura receptora de virutas. Por ejemplo, la superficie de impulsos puede volverse más pequeña con profundidad creciente de la ranura receptora de virutas. De esta manera se pueden generar muy fácilmente distintas geometrías de la ranura receptora de virutas. La superficie de impulsos se puede reducir a una línea de impulsos.

El dispositivo deflector dirige los impulsos de rayo láser sobre los puntos de incidencia, que están dispuestos a lo largo de una trayectoria de impulsos predeterminada. A este respecto, la trayectoria de impulsos depende de la forma de la superficie de impulsos y presenta preferentemente un desarrollo espiral o en forma de meandro. A este respecto, la trayectoria de impulsos 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 impulsos, a la que está asociada el contorno a fabricar. La sección final de trayectoria de la trayectoria de impulsos, 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 mayor que los otros recorridos de desplazamiento entre dos puntos de incidencia sucesivos a lo largo de la trayectoria de impulsos. Dado que la exactitud del posicionamiento de los impulsos 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 menoscabos cualitativos del contorno a fabricar.

15 La distancia entre dos puntos de incidencia sucesivos a lo largo de la trayectoria de impulsos se puede predeterminar según el deseo, en particular mediante la elección o ajuste de la frecuencia de impulsos del láser y de la velocidad de regulación del dispositivo deflector.

20 Dos impulsos de rayo láser sucesivos pueden estar dirigidos hacia distintos puntos de incidencia en la superficie de impulsos. Alternativamente a ello también es posible dirigir una secuencia de impulsos con dos o más impulsos de rayo láser sobre el mismo punto de incidencia y dirigir sólo la siguiente serie de impulsos sobre un punto de incidencia distinto de él. La energía del impulso individual o de la secuencia de impulsos dirigida sobre un punto de incidencia está predeterminada y se distribuye conforme al número de impulsos usados. Cuanto mayor es el número de los impulsos de rayo láser contenidos en una secuencia de impulsos, tanto menor es la energía contenida en un impulso de rayo láser individual.

30 La eliminación de la parte de material de la pieza de trabajo, 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 impulsos. El espesor de la capa de remoción - visto en la dirección de emisión de los impulsos de rayo láser - depende de la frecuencia de impulsos del láser y de la velocidad relativa de la superficie de impulsos respecto a la pieza bruta. Se pueden conseguir espesores de capa de varias centésimas de milímetro. Las capas de remoción discurren transversalmente de la superficie a fabricar.

35 Preferiblemente tras la remoción de cada capa de remoción se puede realizar una adaptación o ajusta de la posición del foco de los impulsos 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 puede variar la intensidad de los impulsos de láser durante la remoción del material. De este modo se pueden reducir las desviaciones de la forma de útil deseada.

45 Con la ayuda de un suministro de gas de proceso se puede generar un flujo de gas de proceso dirigido hacia la pieza bruta. El flujo de gas de proceso está orientado en particular oblicuamente a la superficie de impulsos. El plasma que se origina durante la sublimación se retira a través del flujo de gas de proceso de la zona de mecanizado del láser. Preferiblemente el suministro de gas de proceso presenta varias boquillas de gas de proceso espaciadas, que dirigen respectivamente un flujo parcial desde distintas direcciones sobre la zona de mecanizado en el entorno de la superficie de impulsos.

50 Características ventajosas de la invención se deducen de las reivindicaciones dependientes y de la descripción. La descripción se limita a este respecto a 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 vista lateral esquemática de un ejemplo de realización de un dispositivo de mecanizado por láser,

55 Figuras 3-5 distintas formas de superficies de impulsos,
Figura 6 una representación en representación esquemática a través de dos puntos de incidencia,
Figura 7 una representación de la pieza bruta en sección transversal durante la fabricación de una ranura receptora de virutas,

60 Figura 8 una representación de la pieza bruta en sección transversal durante la remoción de material en el lado exterior antes de la generación de la arista de corte,

Figura 9 una representación de la pieza bruta en sección transversal durante la fabricación de una arista de corte,

Figura 10 una pieza bruta en representación esquemática en perspectiva con una ranura receptora de virutas que discurre en la dirección del eje longitudinal,

5 Figura 11 una representación esquemática en perspectiva con una ranura receptora de viruta que discurre oblicuamente al eje longitudinal,

Figura 12 la pieza bruta de las figuras 10 u 11 en sección longitudinal en la zona del extremo de la ranura receptora de viruta saliente en el lado de vástago y el movimiento relativo esquemático entre la pieza bruta y superficie de impulsos,

10 Figura 13 una pieza bruta en vista lateral esquemática con una ranura receptora de viruta espiral,

Figura 14 la intensidad de los impulsos de rayo láser o series de impulsos respecto al tiempo,

Figura 15 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,

15 Figura 16 una representación esquemática, similar al diagrama de bloques de una modificación del ejemplo de realización según la figura 14,

Figura 17 una representación parcial en perspectiva de la zona de trabajo del útil fabricado con un chaflán de apoyo en conexión con la arista de corte y

Figura 18 una representación parcial en perspectiva de la zona de trabajo del útil fabricado con un escalón conductor de virutas en conexión con la arista de corte.

20

En la figura 1 se representa 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 cabezal láser 19 con un dispositivo deflector 23. El dispositivo deflector 23 puede modificar la orientación de los impulsos de rayo láser 24 emitidos y de este modo dirigir el impulso de rayo láser 24 sobre el 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. Comprende también una óptica de focalización 28. En un portapiezas 18 está sujeta la pieza bruta 27 en una zona de recepción 47.

30 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.

Un ejemplo de realización de una máquina de mecanizado por láser 20 se ilustra en la figura 2 en vista lateral. La máquina de mecanizado por láser 20 presenta un elemento base 31, que sirve como bancada de máquina. Para ello 35 sobre el elemento base está colocada una primera guía de carril 32, mediante la que un primer carro 33 se puede mover en una primera dirección x sobre la bancada de máquina. En el primer carro 33, el portapiezas 18 está dispuesto de forma desplazable en una segunda dirección z. La segunda dirección z discurre en ángulo recto respecto a la primera dirección x. En el primer carro 33 está previsto para ello una segunda guía de carril 34 que discurre en la segunda dirección z, sobre la que está montado un segundo carro 35 de forma móvil. Sobre el 40 segundo carro 35 descansa una primera disposición de pivotación 36, cuyo eje de pivotación 37 discurre en una tercera dirección y, que está orientada en ángulo recto tanto a la primera dirección x, como también respecto a la segunda dirección z. La primera disposición de pivotación 36 porta una segunda disposición de pivotación 38. El segundo eje de pivotación 39 de la segunda disposición de pivotación 38 está orientado en ángulo recto respecto al primer eje de pivotación 37. El portapiezas 18 para la sujeción de la pieza bruta 27 está orientado en el ejemplo de 45 realización de forma coaxial al segundo eje de pivotación 39. Una pieza bruta cilíndrica 27 sujeta en el portapiezas 18 está sujeta por ello coaxialmente al segundo eje de pivotación 39. Durante un giro de la segunda disposición de pivotación, la pieza bruta 27 rota alrededor de su eje longitudinal L.

50 Sobre el elemento base 31 está dispuesta otra tercera guía de carro 40, sobre la que está dispuesto de forma desplazable un tercer carro 41 que porta el cabezal láser 19 en la tercera dirección y. El tercer carro 41 presenta una parte superior 42, en la que descansa el cabezal de láser 19. Los impulsos de rayo láser 24 se emiten en la dirección del elemento base 31 en la zona de recepción 47.

Los carros 33, 35, 41 se pueden desplazar linealmente según el ejemplo.

55

El rayo láser entregado por el láser pulsado 21 discurre del láser 21 hasta el cabezal láser 19 en una línea de rayo láser tubular 43. Una primera sección de línea 43a se extiende en el elemento base 31 en la tercera dirección y. La primera sección de línea 43a está realizada como tubo telescópico para poder adaptar la longitud de la primera sección de línea 43a al movimiento del tercer carro 41 en la tercera dirección y. Con la primera sección de línea 43a 60 está conectada una segunda sección de línea 43b a través de un primer espejo deflector 44a. La segunda sección

de línea 43b discurre fuera del elemento base 31 en el tercer carro 41 hasta su parte superior 42. Allí está conectada a través de un segundo espejo deflector 44b con una tercera sección de línea 43c, en cuyo extremo está dispuesto el cabezal láser 19.

- 5 El dispositivo de posicionamiento 30 presenta dispositivos de accionamiento, que sirven para el movimiento y posicionamiento de los carros 33, 35, 41, así como de las disposiciones de pivotación 36, 38. De esta manera se puede ajustar la posición relativa y el movimiento relativo entre los impulsos de rayo láser 24 y la pieza bruta 27 mediante el dispositivo de posicionamiento 30 según las especificaciones del dispositivo de control 29. Como accionamientos de pivotación se pueden usar, por ejemplo, motores de par y como accionamientos para el
- 10 movimiento de los carros 33, 35, 41 se usan preferentemente accionamientos lineales, por ejemplo ejes de motor lineal y preferentemente accionamientos directos. El dispositivo de posicionamiento 30 provoca el movimiento relativo entre el cabezal láser 19 y el portapiezas 18 y por consiguiente la pieza bruta 27 ajustada. El movimiento relativo puede describir una trayectoria cualquiera en el espacio definido por las tres direcciones x, y, z.
- 15 En la modificación del ejemplo de realización representado, el cabezal láser 19 también podría estar dispuestos de forma inmóvil respecto al elemento base 31. El movimiento relativo entre el cabezal láser 19 y el portapiezas 18 en la tercera dirección y se podría realizar a este respecto mediante otro carro entre el elemento base 31 y la primera guía de carro 32 o entre la primera guía de carro 32 y el primer carro 33. Además es posible prever otro tercer eje de pivotación y una disposición de pivotación correspondiente. En las máquinas de mecanizado por láser más sencillas se puede reducir también el número de los ejes de máquina.

El dispositivo de control 29 también excita el cabezal láser 19, a fin de ajustar o modificar los parámetros de mecanizado para el mecanizado de la pieza bruta 27. En el caso de los parámetros de mecanizado se trata de la intensidad I de los impulsos de rayo láser 24, así como eventualmente también de la frecuencia de impulsos f del

25 láser 21 y/o distancia focal de la óptica de focalización 28. El rango de frecuencia se puede extender de 1 MHz hasta 10 MHz o sólo comprender un rango parcial dentro de este rango de frecuencia.

La máquina de mecanizado por láser 20 dispone además de un suministro de gas de proceso 45, así como una aspiración de gas de proceso 46, para generar un flujo de gas de proceso P en la zona de recepción 47. El flujo de

30 gas de proceso P sirve para la retirada del plasma que se origina durante la ablación láser debido a la sublimación del material. Una nube de plasma en la zona del punto a mecanizar en la pieza bruta 27 puede reducir la eficiencia de la remoción de material, dado que una parte de la energía contenida en los impulsos de rayo láser 24 ya se absorbe por el plasma. Mediante la retirada del plasma de la pieza bruta 27 se garantiza la remoción de material sin trabas mediante el impulso de rayo láser 24.

35 Según el ejemplo la aspiración del gas de proceso 46 se sitúa, visto en la segunda dirección z, aproximadamente a la altura de la pieza bruta 27 a mecanizar, que está dibujada a trazos en la figura 2 en una posición de mecanizado posible. El flujo de gas de proceso P discurre de la pieza bruta 27 hasta la aspiración de gas de proceso 46 aproximadamente en la tercera dirección y. El suministro de gas de proceso 45 está dispuesto preferentemente

40 adyacente al cabezal láser 19. Según está representado en la figura 2, el cabezal láser 19 y el suministro de gas de proceso 45 están colocados uno junto a otro en la parte superior 42 del tercer carro 41. El gas de proceso eyectado por el suministro de gas de proceso 45 está dirigido por ello oblicuamente hacia la pieza bruta 27 a mecanizar. Según el ejemplo el flujo de gas de proceso P discurre entre el suministro de gas de proceso 45 y la pieza bruta 27 oblicuamente respecto a un plano, que se fija por la primera dirección x y por la tercera dirección y. El suministro de

45 gas de proceso 45 puede presentar una o varias boquillas de gas de proceso 52. En el ejemplo de realización aquí descrito, tres boquillas de gas de proceso 52 están dispuestas unas junto a otras en la primera dirección x. De cada boquilla de gas de proceso 52 sale un flujo parcial, que está dirigido sobre el entorno del punto mecanizado en la pieza bruta 27. También es posible realizar la dirección de emisión de la boquilla de gas de proceso 52 de forma ajustable mediante, por ejemplo, boquillas de gas de proceso 52 pivotables. La aspiración de gas de proceso 46 se

50 puede mover conjuntamente con el tercer carro 41 en la tercera dirección y. Adicionalmente la aspiración de gas de proceso 46 también puede estar montada de forma regulable en la segunda dirección z y/o en la primera dirección x en el tercer carro 41.

En los ejemplos de realización mostrados en las figuras 15 y 16, alternativamente a la generación del flujo de gas de

55 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 está conectada la cámara de vacío 48 con una bomba de vacío 50, de modo que en la zona de recepción 47 se puede producir un vacío. El dispositivo deflector 23 puede estar dispuesto a este respecto dentro de la cámara de vacío 48 (figura 15) o situarse alternativamente fuera de la cámara de vacío 48, según se muestra esto por ejemplo en las figuras 2 y 16.

60 En este caso la cámara de vacío 48 debe ser transparente en la zona del punto de entrada 51 del impulso de rayo

láser 24 para la longitud de onda láser usada.

Con la ayuda del dispositivo deflector 23, los impulsos de rayo láser 24 se orientan en la zona de una superficie de impulsos 55 sobre la superficie 26 de la pieza bruta 27. Un impulso 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 espaciados, predeterminados forma la superficie de impulsos 55.

10 El dispositivo de control 29 le predetermina al dispositivo deflector 23 una trayectoria de impulsos B para la disposición de los puntos de incidencia 25 sucesivos. El dispositivo deflector 23 dirige los impulsos de rayo láser 24 uno tras otro sobre los puntos de incidencia 25 de la trayectoria de impulsos B. El desarrollo de la trayectoria de impulsos B depende de la forma de la superficie de impulsos 55 y en el caso de superficie de impulsos rectangular 55 presenta según la figura 3 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 impulsos 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 impulsos de rayo láser 24 a lo largo de la trayectoria de impulsos hasta el punto de incidencia 25 en la esquina opuesta diagonalmente de la superficie de impulsos, que marca el punto final E de la trayectoria de impulsos B.

20 La sección final de trayectoria 57 de la trayectoria de impulsos B, que presenta el punto final E, discurre durante la fabricación de una arista de corte en paralelo a la arista 60 a fabricar o en paralelo a la superficie de desprendimiento o superficie libre 62 adyacente a la arista 60. Esta sección final de trayectoria 57 limita directamente con la superficie 62 o arista 60 a fabricar. Tras alcanzar el punto final E tiene lugar un movimiento de retorno en el dispositivo deflector 23 y los impulsos de rayo láser 24 se colocan a continuación de nuevo sobre la trayectoria de impulsos 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.

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

En una superficie de impulsos 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 respecto al contorno 60, 62 a fabricar (figura 4). La trayectoria de impulsos B es a este respecto espiral. La superficie de impulsos 55 también puede tener la forma de un segmento anular (figura 5).

alternativamente a la orientación de los sucesivos impulsos de rayo láser 24 a lo largo de una trayectoria serpenteante o en forma de meandro también se pueden seleccionar otras trayectorias de impulso predeterminadas en el dispositivo de control 29, en las que se atraviesan uno tras otro todos los puntos de incidencia 25, que definen la superficie de impulsos 55, del punto inicial S hacia 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 gas de proceso fluye del punto final E hacia el punto inicial S.

En el ejemplo de realización preferido, sobre cada punto de incidencia 25 sólo se dirige un impulso de rayo láser 24, mientras que el siguiente impulso de rayo láser 24 se dirige sobre otro punto de incidencia 25 de la superficie de impulsos 55. Un procedimiento semejante está representado en la figura 14 en el gráfico superior. El intervalo temporal entre dos impulsos de rayo láser 24 sucesivos resulta del valor inverso de la frecuencia de impulsos f actual del láser 21. El láser pulsado 21 puede estar configurado como láser de nanosegundos, picosegundos o femtosegundos.

Si los impulsos de rayo láser 24 sucesivos se dirigen sobre los distintos puntos de incidencia 25, entonces estos impulsos de rayo láser 24 tienen la intensidad I_1 . Según se muestra en los otros dos diagramas en la figura 14, sobre un punto de incidencia 25 también se pueden dirigir dos o más impulsos de rayo láser 24, antes de que se excite el siguiente punto de incidencia 25. En otras palabras, el dispositivo deflector 23 dirige sobre un punto de incidencia 25 en primer lugar una secuencia de impulsos 65 de varios impulsos de rayo láser 24, antes de que la secuencia de impulsos 65 siguiente se dirija sobre otro punto de incidencia 25. La energía contenida en una secuencia de impulsos 65, que actúa sobre un punto de incidencia 25, se debe corresponder a este respecto con un impulso de rayo láser 24 individual con la intensidad I_1 . Por ello se reduce la intensidad I de un impulso de rayo láser 24 individual de una secuencia de impulsos 65. En el ejemplo de realización aquí representado, la intensidad total I de una secuencia de impulsos 65 es constante. Por ello la intensidad I de un impulso de rayo láser 24 individual se

corresponde en una secuencia de impulsos 65 con el cociente de la intensidad I1 dividido por el número de los impulsos de rayo láser 24 contenidos en la secuencia de impulsos 65.

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

En el cabezal láser 19 también puede estar previsto un dispositivo 66 para la homogeneización de rayo del rayo láser pulsado 22. El dispositivo 66 para la homogeneización láser provoca una distribución de energía más homogénea dentro de la superficie de sección transversal del impulso de rayo láser. Como dispositivo 66 se pueden usar homogeneizadores de rayo refractivos o difractivos. A este respecto es posible conseguir perfiles de intensidad rectangulares con inhomogeneidades de menos del 2%. Mediante el uso de un dispositivo 66 semejante para la homogeneización de rayo, los flancos de impulso de los impulsos de rayo láser 24 individuales son muy empinados, según se ilustra esto esquemáticamente en la figura 14. Alrededor del punto de incidencia 25 en la zona del punto láser se consigue una sublimación uniforme del material a retirar. De este modo se puede reducir aún más el calentamiento de la pieza bruta mecanizada 27 durante el mecanizado.

Mientras que a través del dispositivo deflector 23 se mecaniza una superficie de impulsos 55 bidimensional, limitada espacialmente, el dispositivo de posicionamiento 30 ocasiona simultáneamente un movimiento relativo de la superficie de impulsos 55 sobre la superficie 26 de la pieza bruta 27. En otras palabras, la zona de la remoción de material formada por la superficie de impulsos 55 con la pluralidad de puntos de incidencia 25 de los impulsos de rayo láser 24 se mueve con una velocidad relativa vrel predeterminada.

En las figuras 7 a 9 están representadas las etapas del procedimiento, para fabricar a partir de una pieza bruta 27 cilíndrica un útil rotativo con una o varias aristas de corte 60 y una o varias ranuras receptoras de virutas 61.

En la primera etapa del procedimiento según la figura 7 se incorpora una ranura receptora de virutas 61 en la pieza bruta 27. Para ello el material se retira por capas en varias capas de remoción 59 mediante el desplazamiento de la superficie de impulsos 55 sobre la superficie de la pieza bruta 27, de modo que se forma la ranura receptora de virutas 61 deseada. El tamaño de la superficie de impulsos 55 se puede variar. De este modo es posible adaptar el tamaño de la superficie de impulsos 55 a la forma deseada de la ranura receptora de virutas 61 a fabricar. Por ejemplo, en el caso de una ranura receptora de virutas 61 que se estrecha hacia la base de ranura se puede disminuir el tamaño de la superficie de impulsos 55 de una capa de remoción 59 hacia la capa de remoción 59 siguiente. Las ranuras receptoras de virutas 61 se pueden formar casi a voluntad mediante la superficie de impulsos 55 móvil a lo largo de la pieza bruta 27. Se pueden configurar aristas con ángulos obtusos o agudos en la ranura receptora de virutas 61. También son posibles destalonamientos en uno o varios flancos de ranura. En las figuras 10, 11 y 13 se muestran esquemáticamente distintas formas de ranuras receptoras de virutas 61. La ranura receptora de virutas 61 puede discurrir en paralelo al eje longitudinal L (figura 10). Con modificación de ello, la ranura receptora de virutas 61 también se puede dirigir oblicuamente respecto al eje longitudinal L de la pieza bruta cilíndrica 27. En el ejemplo de realización según la figura 11, la ranura receptora de virutas 61 se extiende de forma rectilínea, en donde las aristas de la ranura forman un ángulo agudo con una paralela al eje longitudinal L de la pieza bruta cilíndrica 27. En otra forma de útil, las ranuras receptoras de viruta 61 pueden discurrir en forma espiral en la dirección del eje longitudinal L. Un ejemplo de realización semejante está representado esquemáticamente en la figura 13.

El útil a fabricar a partir de la pieza bruta 27 presenta un vástago 62, con el que se conecta la zona de trabajo 63 que presenta la ranura receptora de virutas 61 y la arista de corte 60. El vástago 62 y la zona de trabajo 63 pueden ser dos piezas distintas, que están conectadas entre sí. Por ejemplo, la pieza bruta 27 puede representar un pin que está insertado en un vástago metálico duro 62. El pin puede ser un inserto de útil de diamante de diamante policristalino (DPC) o diamante CVD (Chemical Vapor Deposition). Alternativamente el vástago 62 y la zona de trabajo 63 también se pueden componer de una pieza de material en una pieza sin punto de cordón y junta.

En la zona del extremo de ranura receptora de virutas 64 en el lado de vástago asociada al vástago 62, las profundidades de la ranura receptora de virutas 61 disminuye medido radialmente respecto al eje longitudinal L. La ranura receptora de virutas 61 puede salir, por ejemplo, en forma de rampa hacia el extremo de la ranura receptora de virutas 64. Para la generación de la ranura receptora de virutas 61 con el extremo de la ranura receptora de virutas 64 saliente, la superficie de impulsos 55 se mueve varias veces a lo largo de la ranura receptora de virutas 61 a generar sobre la pieza bruta 27, según se muestra esquemáticamente en la figura 12. En cada movimiento de la superficie de impulsos 55 en una dirección de movimiento relativo V se retira una capa de remoción 59. Las capas de remoción 59 se sitúan unas sobre otras visto radialmente respecto al eje longitudinal L. En el primer movimiento

relativo de la superficie de impulsos 55, la remoción de material se realiza del extremo libre 67 de la pieza bruta 27 en la dirección hacia el extremo de la ranura receptora de virutas 64 en el lado del vástago. Si se alcanza el extremo de la ranura receptora de virutas 64, la dirección de movimiento del movimiento relativo se debe invertir entre la superficie de impulsos 55 y pieza bruta 27. Durante esta inversión del movimiento se desconectan los impulsos de rayo láser 24. Los impulsos de rayo láser 24 se conectan sólo de nuevo cuando la dirección de movimiento relativo V se ha invertido y entre el extremo 68 de la capa de remoción retirada y el comienzo 69 de la capa de remoción actual 59 se ha conseguido un desplazamiento dS en la dirección del desarrollo de la ranura receptora de virutas. El valor del desplazamiento dS depende de la pendiente deseada de la base de ranura saliente en la zona del extremo de ranura 64 en el lado del vástago. Si la superficie de impulsos 55 se mueve del extremo de la ranura receptora de virutas 64 en el lado del vástago hacia el extremo libre 67, entonces tiene lugar una inversión de dirección de este movimiento relativo, sólo cuando la superficie de impulsos 55 ha abandonado completamente la pieza bruta 27. Una desconexión de los impulsos de láser 24 no es necesaria durante la inversión de dirección en el extremo libre 67. El desplazamiento dS entre el extremo 68 de una capa de remoción y el comienzo 69 de la capa de remoción subsiguiente puede ser diferente en función de la depresión de la ranura, cuando se debe conseguir una pendiente variable del fondo de ranura en la zona del extremo de ranura 64 en el lado del vástago.

En el ejemplo de realización se generan dos ranuras receptoras de virutas 61 en la primera etapa del procedimiento según la figura 7. La forma de sección transversal de la pieza bruta 27, que se produce a este respecto en la zona de trabajo 63, tiene simetría puntual respecto a su eje longitudinal L.

En una segunda etapa del procedimiento opcional según la figura 8 se realiza una remoción de material en el lado exterior 70 adyacente a la ranura receptora de virutas 61 a generar. En el ejemplo de realización se retira un segmento desde la superficie envolvente original de la pieza bruta cilíndrica 27 radialmente hacia dentro, que representa una depresión de liberación 71. La profundidad de remoción es constante medido en la dirección radial respecto al eje longitudinal L. La superficie de impulsos 55 se mueve a este respecto varias veces a lo largo del eje longitudinal L de la pieza bruta 27. Las capas de remoción se sitúan superpuestas por ello en la dirección radial.

La retirada de esta depresión de liberación 71 puede ser requerida o conveniente, para reducir la remoción de material requerida en la fabricación siguiente de la arista de corte 60. Esto puede ser el caso, por ejemplo, en el caso de grandes ángulos libres. Si las ranuras receptoras de virutas 61 son muy grandes visto en la dirección circunferencial o están presentes suficientemente muchas ranuras receptoras de virutas 61, se puede suprimir la configuración de la depresión de liberación 71 en el lado exterior 70 según la segunda etapa del procedimiento aquí prevista.

A continuación se fabrica la al menos una arista de corte 60 en una tercera etapa del procedimiento (figura 9). En el ejemplo de realización aquí descrito están presentes dos aristas de corte 60. Durante la generación de la arista de corte 60 se libera aquí la superficie libre 72. La superficie libre 72 está prevista entre la depresión de liberación 71 y la ranura receptora de virutas 61. La superficie de desprendimiento 73 está prevista adyacente a la arista de corte 60 en la ranura receptora de virutas 61. La superficie de desprendimiento 73 se ha fabricado ya durante el vaciado de la ranura receptora de virutas 61.

Durante la generación de la superficie libre 72 o la arista de corte 60, la velocidad relativa entre la superficie de impulsos 55 y la pieza bruta 27 siempre es diferente a cero, en cuanto al menos una parte de la superficie de impulsos 55 incide sobre la superficie 26 de la pieza bruta 27. A este respecto se originan desarrollos de aristas y superficies muy planos. Precisamente en la fabricación de la arista de corte 60 del útil de corte es especialmente un desarrollo plano.

Durante la fabricación de la arista de corte 60, a través del dispositivo de posicionamiento 30 se puede ajustar un ángulo de inclinación α entre la dirección de irradiación R de los impulsos de rayo láser 24 y un plano F, en el que se sitúa la superficie libre 72 a fabricar. En un desarrollo de superficie curvado de la superficie libre 72, el plano F representa un plano tangencial en el punto mecanizado actualmente por la superficie de impulsos 55. El ángulo de inclinación α está previsto mediante el dispositivo de control 29 y se puede modificar durante el mecanizado. Por ejemplo, el ángulo de inclinación α puede estar adaptado con el material a mecanizar de la pieza bruta 27.

En otra etapa del procedimiento opcional, a continuación de la fabricación de la arista de corte 60 o de las aristas de corte 60 se pueden generar los escalones conductores de virutas 75 en la superficie de desprendimiento 73 a lo largo de la arista de corte 60, a fin de mejorar la ruptura de viruta durante el mecanizado (figura 18). Además existe la posibilidad de que en la zona de la superficie envolvente original de la pieza bruta 27 se conserva un chaflán de apoyo 76, que se sitúa en el mismo radio alrededor del eje longitudinal L, que la arista de corte 60 o algo por debajo. La chaflán de apoyo 76 está provisto de una microestructura. En particular el chaflán de apoyo presenta en su

superficie exterior radial varias depresiones cóncavas 77, en las que se puede acumular el lubricante refrigerante durante el uso del útil. De este modo se pueden reducir las fuerzas de fricción y prolongar la duración del útil. En la figura 17 estas depresiones 77 están ilustradas esquemáticamente de forma exagerada.

- 5 La tasa de remoción por capa de remoción 62 se puede variar a través de la intensidad I de los impulsos de rayo láser 24 durante la fabricación del útil. Por ejemplo, la intensidad I puede ser mayor durante la fabricación de la ranura receptora de virutas 61 y/o durante la generación de la depresión de liberación 71 que durante la fabricación de la arista de corte 60, así como de la superficie libre 72. El espesor de capa de la capa de remoción 59 se modifica de este modo correspondientemente. También pueden estar previstos de forma diferente otros parámetros, como
- 10 por ejemplo la velocidad relativa entre la superficie de impulsos 55 y la pieza bruta 27, en las distintas etapas del procedimiento, dado que son diferentes los requerimientos de planicidad de un desarrollo de arista o de una superficie. En la ranura receptora de virutas 61 se pueden tolerar mayores desigualdades que en la arista de corte 60.
- 15 El dispositivo de posicionamiento 30 y/o la óptica de focalización 28 se ocupan después de la remoción de una capa de remoción 59 de que la posición de foco se adapte de nuevo para la siguiente capa de remoción 59. Pues mediante la remoción de una capa de material se cambia la distancia entre la superficie 26 de la pieza bruta 27 y el cabezal láser 19 en el espesor de capa de la capa de remoción 59 retirada. Esto se compensa al final de cada capa de remoción 59.
- 20 La invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo para la fabricación de un útil a partir de una pieza bruta 27, en donde se trata en particular de un útil rotativo, que rota alrededor de su eje longitudinal. El útil rotativo presenta al menos una arista de corte 60 y una ranura receptora de virutas 61. Preferentemente el útil rotativo está configurado en su zona de trabajo 63 visto en la sección con simetría puntual respecto al eje longitudinal L. Su zona
- 25 de trabajo 63 se fabrica exclusivamente mediante la ablación láser con una máquina de mecanizado por láser 20 a partir de una pieza bruta cilíndrica 27. La máquina de mecanizado por láser 20 genera una superficie de impulsos 55 con contorno, por ejemplo, rectangular a través de un escáner láser. Los impulsos de rayo láser 24 atraviesan dentro de la superficie de impulsos 55 una trayectoria de impulsos B predeterminada con una pluralidad de puntos de incidencia 25. Esta superficie de impulsos 55 se mueve como una pieza de trabajo a lo largo de la superficie 26 a
- 30 mecanizar de la pieza bruta 27. A este respecto, la ranura receptora de virutas 61 y a continuación la arista de corte 60 se labran mediante sublimación del material de la pieza bruta 27. El movimiento relativo entre un portapiezas 18, que sujeta la pieza bruta 27, y el cabezal láser 19, que emite los impulsos de rayo láser 24, se consigue mediante un dispositivo de posicionamiento 30 con varios ejes. Durante la fabricación de la ranura receptora de virutas 61, los parámetros de mecanizado son distintos de los parámetros de mecanizado durante la fabricación de la arista de
- 35 corte 60. Como parámetros de mecanizado se predeterminan la intensidad I de los impulsos de rayo láser 24, así como eventualmente también la velocidad relativa entre la superficie de impulsos 55 y pieza bruta 27 y/o la frecuencia de impulsos f y/o el tamaño de la superficie de impulsos 55 a través del dispositivo de control 29.

Lista de referencias:

- 40
- | | |
|----|--------------------------------------|
| 18 | Portapiezas |
| 19 | Cabezal láser |
| 20 | Máquina de mecanizado por láser |
| 21 | Láser pulsado |
| 45 | 22 Rayo láser pulsado |
| | 23 Dispositivo deflector |
| | 24 Impulso de rayo láser |
| | 25 Punto de incidencia |
| | 26 Superficie de 27 |
| 50 | 27 Pieza bruta |
| | 28 Óptica de focalización |
| | 29 Dispositivo de control |
| | 30 Dispositivo de posicionamiento |
| | 31 Elemento base |
| 55 | 32 Primera guía de carril |
| | 33 Primer carro |
| | 34 Segunda guía de carril |
| | 35 Segundo carro |
| | 36 Primera disposición de pivotación |
| 60 | 37 Primer eje de pivotación |

38	Segunda disposición de pivotación
39	Segundo eje de pivotación
40	Tercera guía de carril
41	Tercer carro
5 42	Parte superior de 41
43	Línea de rayo láser
43a	Primera sección de línea
43b	Segunda sección de línea
43c	Tercera sección de línea
10 44a	Primer espejo deflector
44b	Segundo espejo deflector
45	Suministro de gas de proceso
46	Aspiración de gas de proceso
47	Zona de recepción
15 48	Cámara de vacío
49	Línea de aspiración
50	Bomba de vacío
51	Punto de entrada
52	Boquilla de gas de proceso
20 55	Superficie de impulsos
56	Cráter
57	Sección final de trayectoria
59	Capa de remoción
60	Arista de corte
25 61	Ranura receptora de viruta
62	Vástago
63	Zona de trabajo
64	Extremo de ranura receptora de virutas
65	Secuencia de impulsos
30 66	Dispositivo para la homogeneización de rayo
67	Extremo final de 27
68	Extremo de 59
69	Comienzo de 59
70	Lado exterior
35 71	Depresión de liberación
72	Superficie libre
73	Superficie de desprendimiento
75	Escalón de conducción de virutas
76	Chaflán de apoyo
40 77	Depresión
α	Ángulo de inclinación
A	Distancia
B	Trayectoria de impulsos
D	Diámetro
45 dS	Desplazamiento
E	Punto final
f	Frecuencia de impulsos
F	Plano
I	Intensidad
50 L	Eje longitudinal de 27
P	Flujo de gas de proceso
R	Dirección de emisión
S	Punto inicial
V	Dirección de movimiento relativo
55 X	Primera dirección
Y	Tercera dirección
Z	Segunda dirección

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la fabricación al menos de una ranura receptora de virutas (61) y al menos una arista de corte (60) en una pieza bruta (27), con las etapas:
- 5 - facilitación de la pieza bruta (27),
 - generación de impulsos de rayo láser (24),
 y **caracterizado por** las etapas:
- 10 - direccionamiento de los impulsos de rayo láser (24) mediante un dispositivo deflector (23) sobre los puntos de incidencia (25) predeterminados, espaciados entre sí a lo largo de una trayectoria de impulsos (B) dentro de una superficie de impulsos (55) predeterminada sobre la pieza bruta (27),
 - realización de un movimiento relativo (V) entre la pieza bruta (27) y la superficie de impulsos (55) mediante un dispositivo de posicionamiento (30), para generar la al menos una ranura receptora de virutas (61) y la al menos una arista de corte (60) en la pieza bruta (27), en donde el material se retira por capas en varias capas de remoción (59) determinadas por la superficie de impulsos (55),
 15 - en donde en primer lugar la al menos una ranura receptora de virutas (61) se genera en la pieza bruta (27) antes de que la al menos una arista de corte (60) se genere en un lado exterior (70) de la pieza bruta (27), y en donde una intensidad de los impulsos de rayo láser (24) para la generación de la al menos una arista de corte (60) es menor que para la generación de la al menos una ranura receptora de virutas (61).
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1,
caracterizado porque la pieza bruta (27) presenta una forma cilíndrica y **porque** un útil a fabricar es un útil rotativo.
3. Procedimiento según la reivindicación 1,
caracterizado porque después de la generación de la al menos una ranura receptora de virutas (61) y antes de la
 25 generación de la al menos una arista de corte (60) se genera una depresión de liberación (71), que se conecta con una superficie libre (72) que se origina durante la generación de la arista de corte (60).
4. Procedimiento según la reivindicación 1,
caracterizado porque el tamaño de la superficie de impulsos (55) varía durante la generación de la al menos una
 30 ranura receptora de virutas (61).
5. Procedimiento según la reivindicación 1,
caracterizado porque se fabrica un útil a partir de una pieza bruta simétrica en rotación con un diámetro máximo de
 35 menos de 2 milímetros.
6. Procedimiento según la reivindicación 1,
caracterizado porque un mecanizado de forma de la pieza bruta (27) para la fabricación de útil se realiza
 exclusivamente mediante los impulsos de rayo láser (24).
- 40 7. Procedimiento según la reivindicación 1,
caracterizado porque el dispositivo de posicionamiento (30) ajusta un ángulo de inclinación (a) entre el eje óptico (R) de un cabezal láser (19) que emite los impulsos de rayo láser (24) y de la al menos una ranura receptora de virutas (61) o arista de corte (60) a fabricar en la pieza bruta (27).
- 45 8. Procedimiento según la reivindicación 7,
caracterizado porque el dispositivo de posicionamiento (30) modifica el ángulo de inclinación (a) durante el mecanizado de la pieza bruta (27).
9. Procedimiento según la reivindicación 1,
 50 **caracterizado porque** la intensidad (I) de los impulsos láser (24) varía durante la remoción del material.
10. Procedimiento según la reivindicación 1,
caracterizado porque el dispositivo deflector (23) dirige los impulsos de rayo láser (24) en un orden predeterminado sobre los puntos de incidencia (25) de la superficie de impulsos (55).
- 55 11. Dispositivo de mecanizado por láser para la generación de un útil a partir de una pieza bruta (27), con un láser (21), que está establecido para generar los impulsos de rayo láser (24), **caracterizado por** un cabeza láser (19) que presenta un dispositivo deflector (23), que está establecido para dirigir los impulsos de rayo láser (24) del láser (21) sobre puntos de incidencia (25) predeterminados, espaciados entre sí dentro de una superficie de impulsos (55)
 60 predeterminada sobre la pieza bruta (27), un dispositivo de posicionamiento (30), que está establecido para realizar

un movimiento relativo entre la pieza bruta (27) y la superficie de impulsos (55), un dispositivo de control (29), que está establecido para excitar el dispositivo de posicionamiento (30), y que está establecido para excitar el cabezal láser (19), a fin de ajustar o modificar los parámetros de mecanizado para el mecanizado de la pieza bruta (27), en donde el dispositivo de control (29) está establecido para excitar el dispositivo de mecanizado por láser para la

- 5 realización de la siguientes etapas:
- direccionamiento de los impulsos de rayo láser (24) mediante el dispositivo deflector (23) sobre puntos de incidencia (25) predeterminados, espaciados entre sí a lo largo de una trayectoria de impulsos (B) predeterminada dentro de una superficie de impulsos (55) predeterminada sobre la pieza bruta (27), - realización de un movimiento relativo (V) entre la pieza bruta (27) y la superficie de impulsos (55) mediante el dispositivo de posicionamiento (30),
10 para generar al menos una ranura receptora de virutas (61) y al menos una arista de corte (60) en la pieza bruta (27), en donde el material se retira por capas en varias capas de remoción (59) determinadas por la superficie de impulsos (55), - en donde en primer lugar se genera la al menos una ranura receptora de virutas (61) en la pieza bruta (27) antes de que la al menos una arista de corte (60) se genere en un lado exterior (70) de la pieza bruta (27), y en donde una intensidad de los impulsos de rayo láser (24) para la generación de la al menos una arista de corte
15 (60) es menor que para la generación de la al menos una ranura receptora de viruta (61).

12. Dispositivo de mecanizado por láser según la reivindicación 11,
caracterizado porque el dispositivo de posicionamiento (30) presenta un eje de giro (39), que concuerda con el eje longitudinal (L) de una pieza bruta (27) cilíndrica a mecanizar.

20

13. Dispositivo de mecanizado por láser según la reivindicación 11,
caracterizado porque el cabezal láser (19) presenta un dispositivo (66) para la homogeneización de rayo de los impulsos de rayo láser (24).

- 25 14. Dispositivo de mecanizado por láser según la reivindicación 11,
caracterizado porque está presente un suministro de gas de proceso (45), que está establecido para generar un flujo de gas de proceso (P) dirigido hacia la pieza bruta (27), que está orientado en particular oblicuamente respecto a la superficie de impulsos (55).

- 30 15. Dispositivo de mecanizado por láser según la reivindicación 14,
caracterizado porque el suministro de gas de proceso (45) presenta varias boquillas de gas de proceso (52), que están establecidas para dirigir respectivamente un flujo parcial del flujo de gas de proceso (P) desde diferentes direcciones hacia la zona de mecanizado en el entorno de la superficie de impulsos (55).

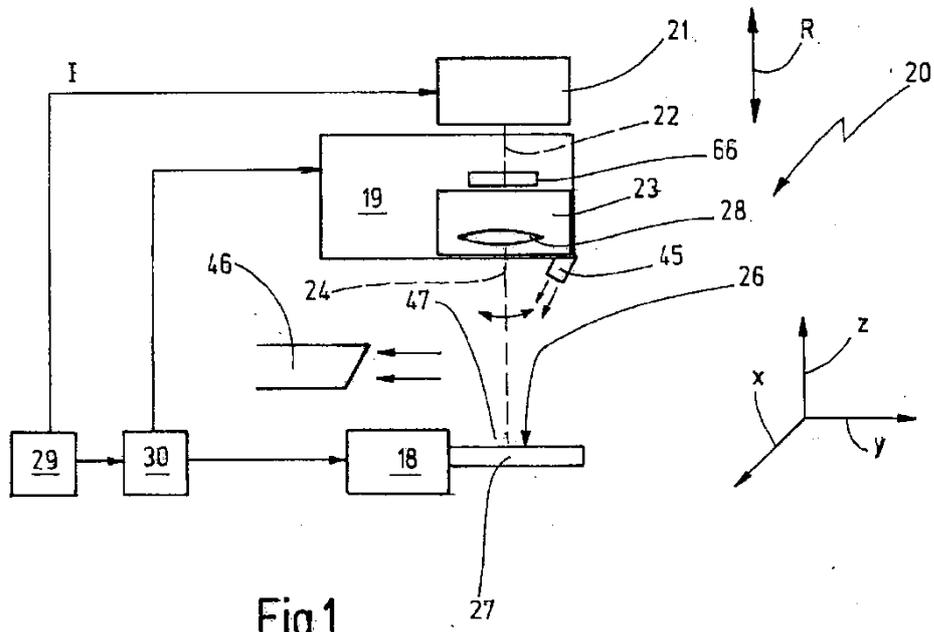
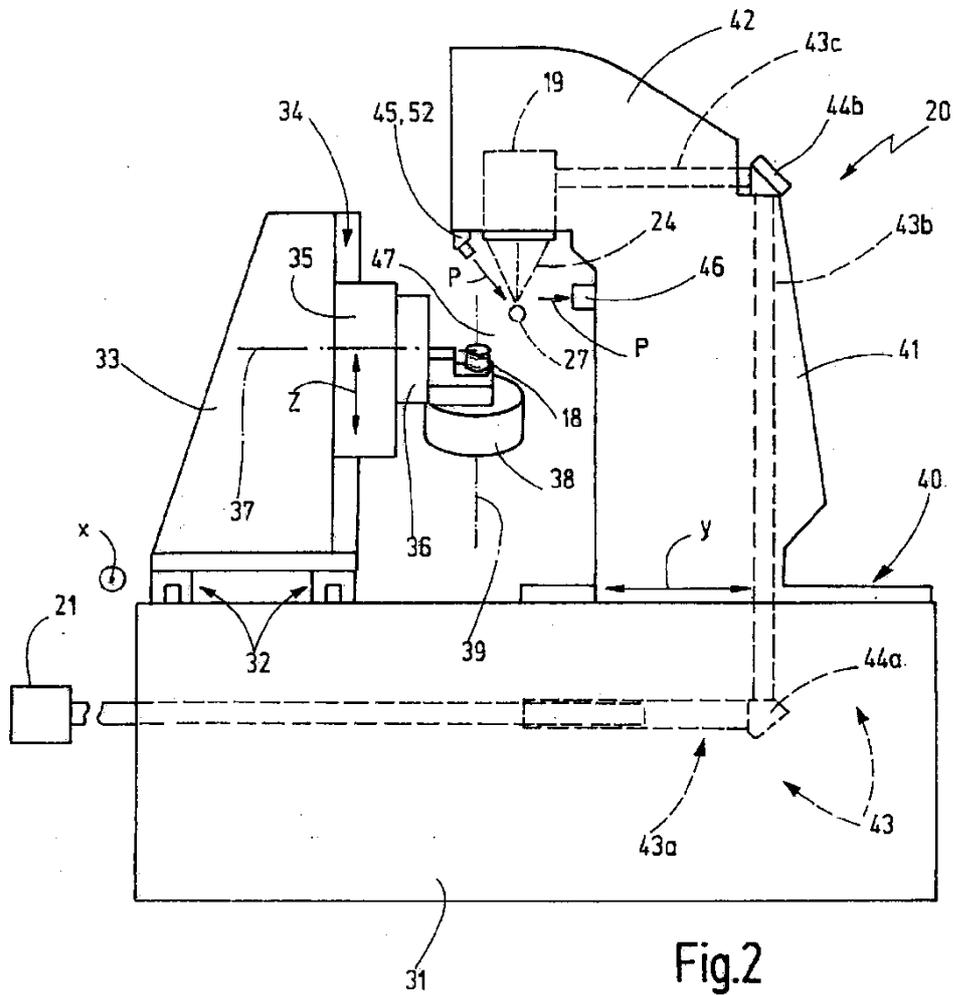
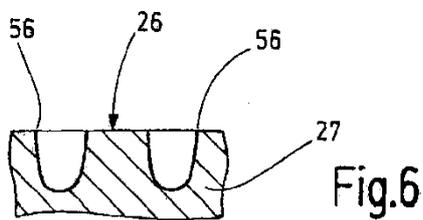
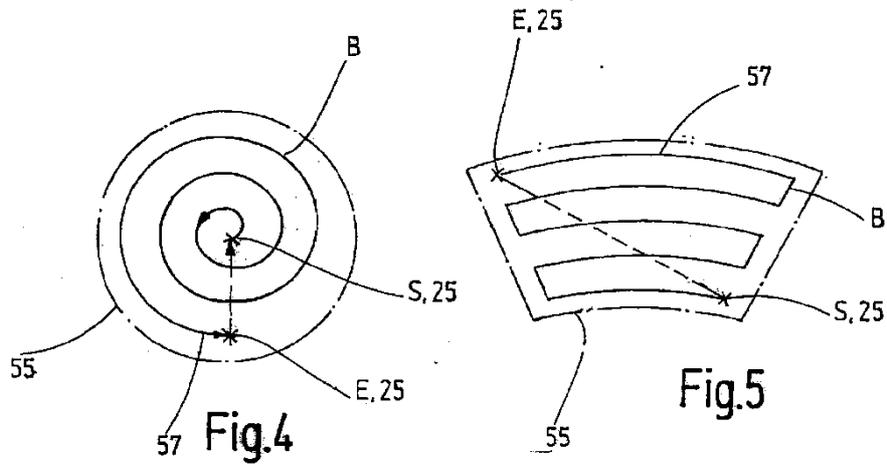
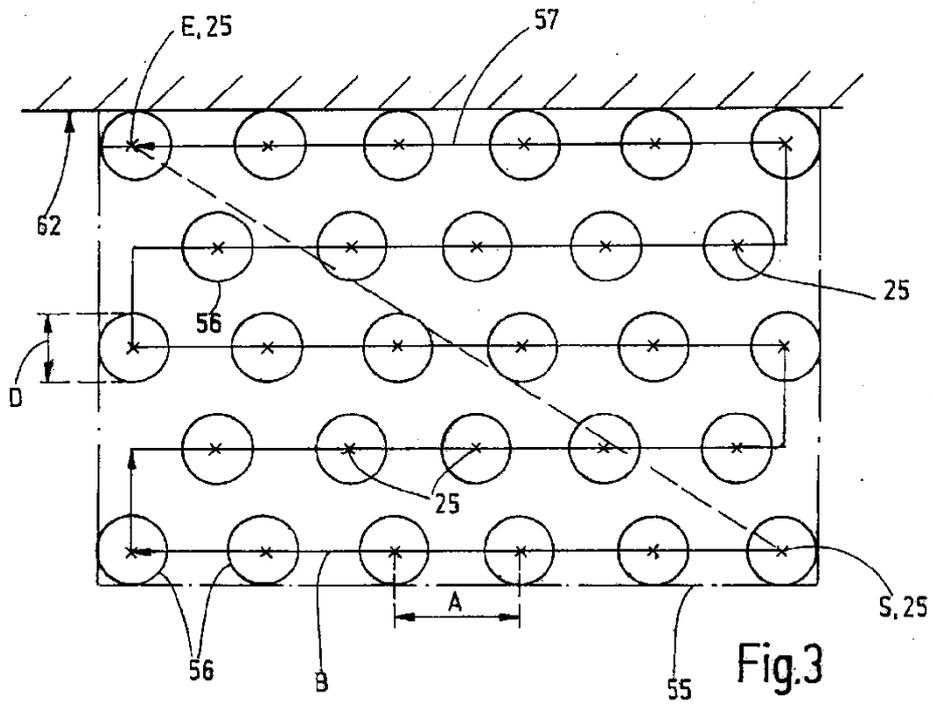
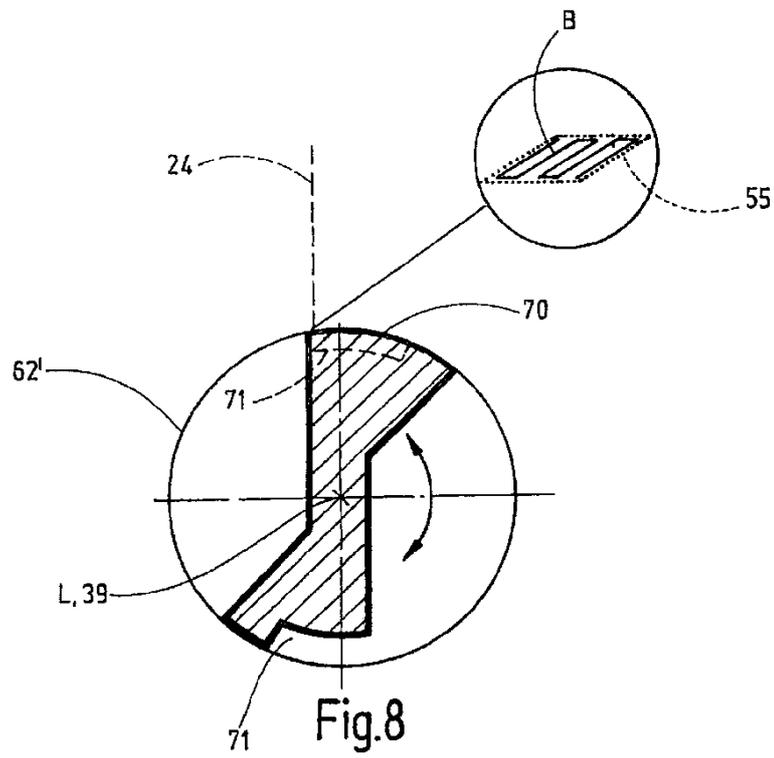
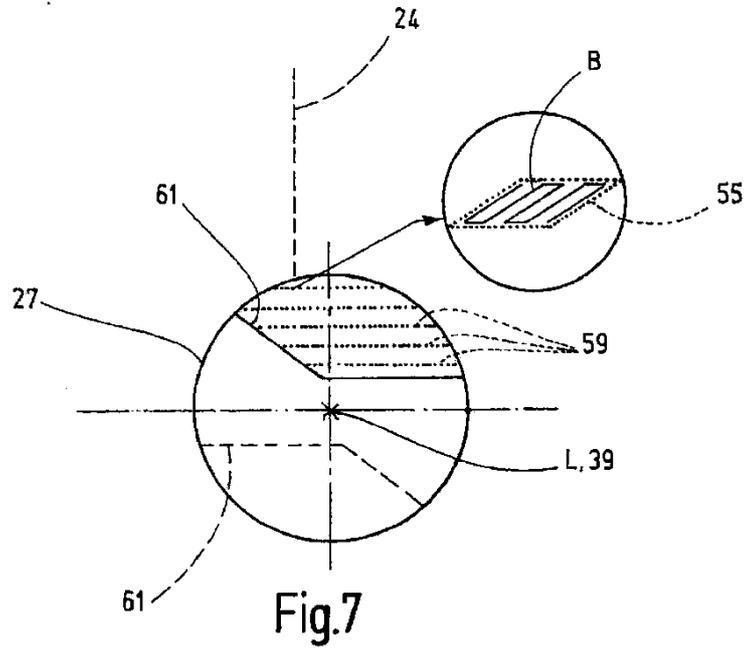
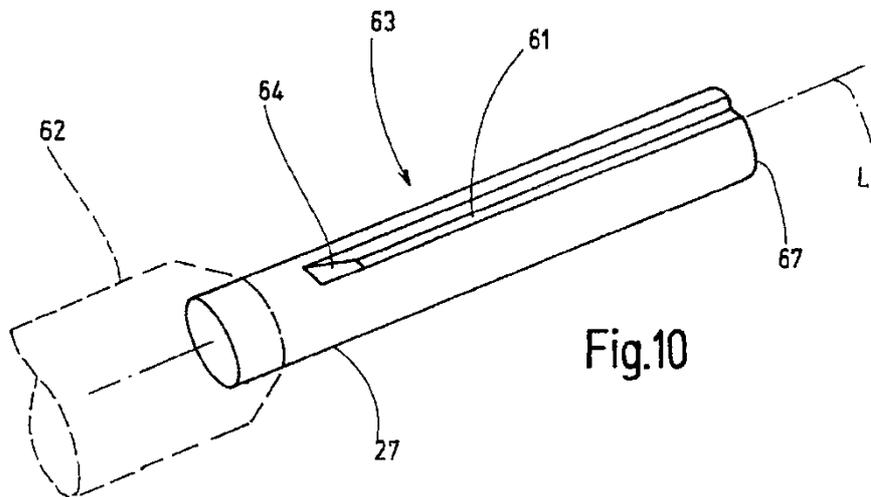
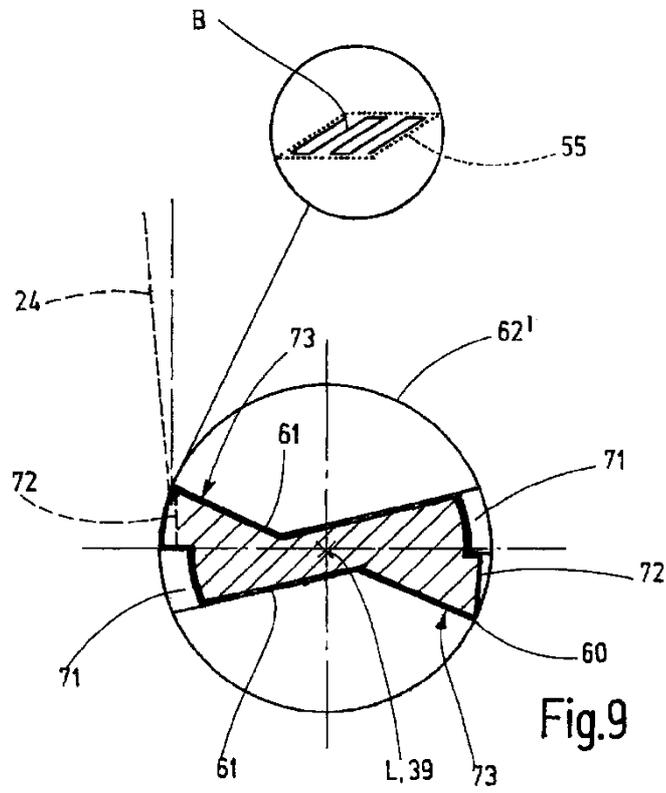


Fig.1









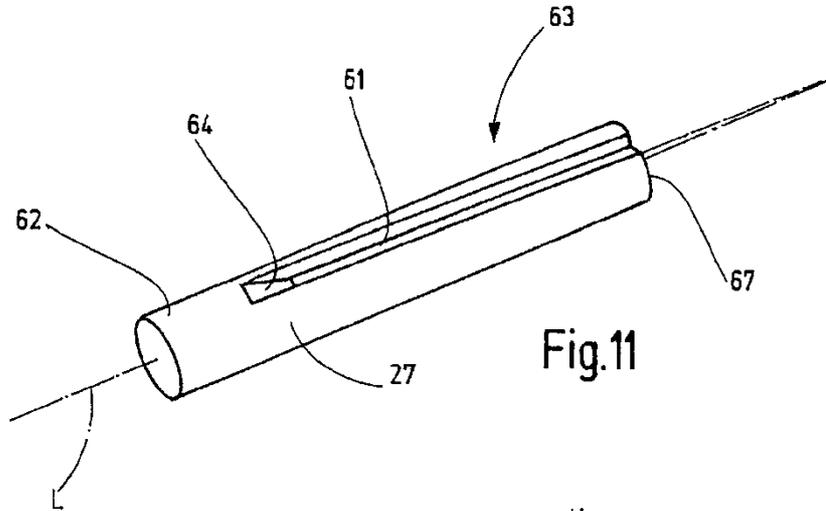


Fig.11

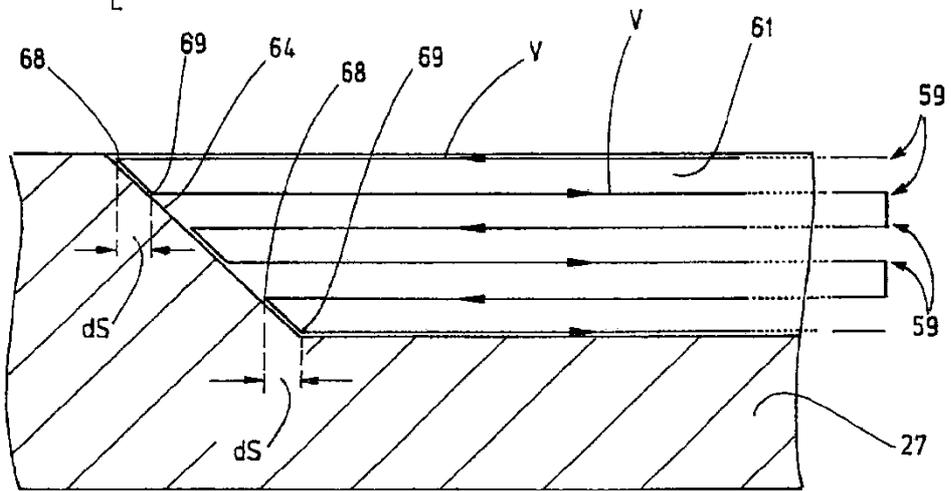


Fig.12

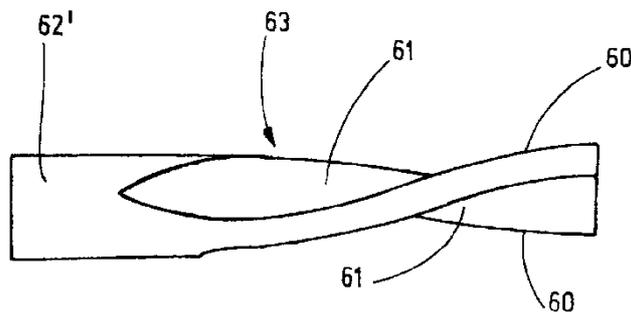


Fig.13

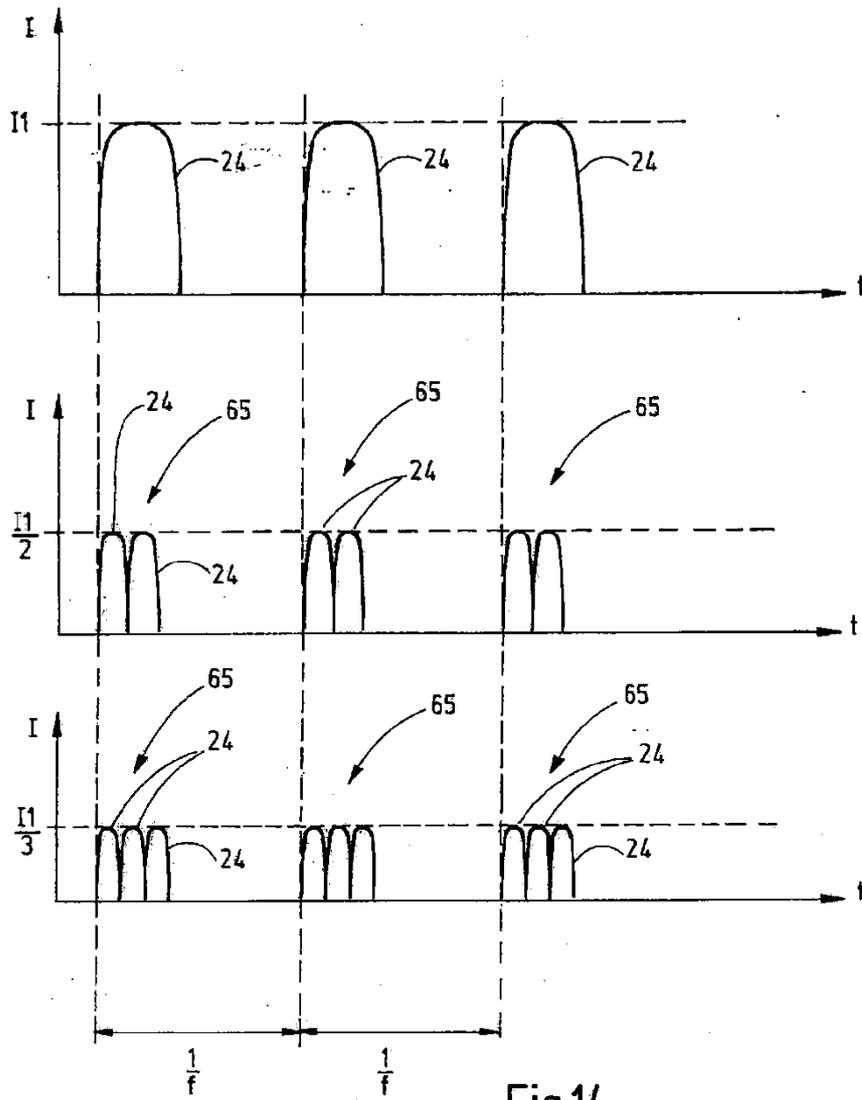


Fig.14

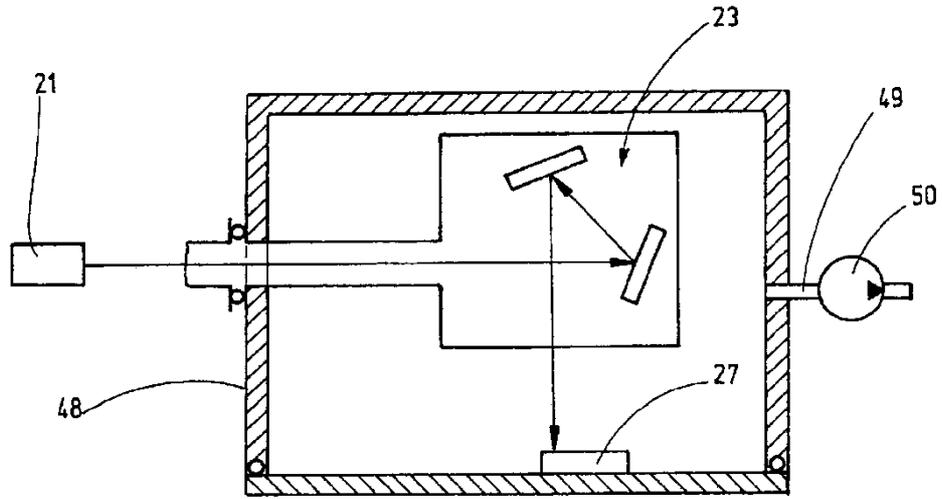


Fig.15

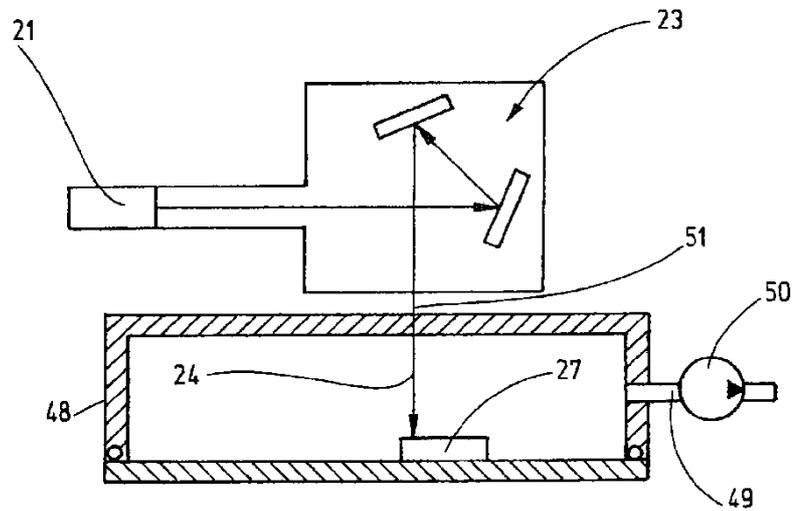


Fig.16

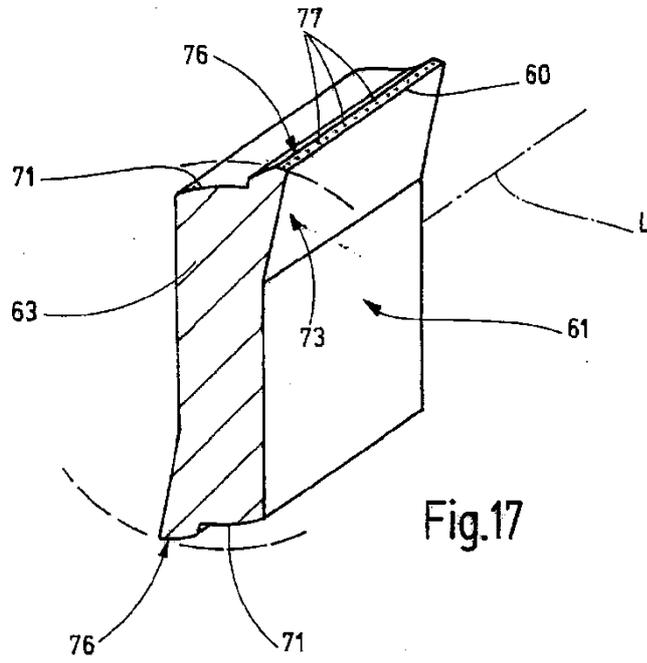


Fig.17

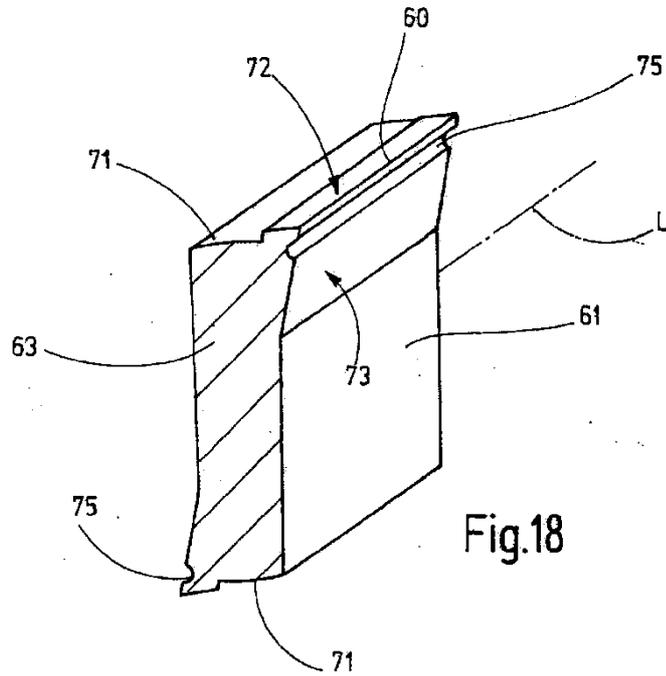


Fig.18