



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 364 025**

51 Int. Cl.:  
**B25J 19/00** (2006.01)  
**B23K 26/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09175601 .5**  
96 Fecha de presentación : **10.11.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2184139**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **12.05.2010**

54 Título: **Dispositivo para el mecanizado en 3D altamente dinámico de una pieza con un rayo láser.**

30 Prioridad: **10.11.2008 DE 10 2008 056 712**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**23.08.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**23.08.2011**

73 Titular/es:  
**JENOPTIK AUTOMATISIERUNGSTECHNIK GmbH**  
**Konrad-Zuse-Strasse 6**  
**07745 Jena, DE**

72 Inventor/es: **Jancsó, Alex;**  
**Döring, Thomas;**  
**Bergmann, Jean Pierre;**  
**Patschger, Andreas y**  
**Nittner, Michael**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

**ES 2 364 025 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 para el mecanizado en 3D altamente dinámico de una pieza con un rayo láser.

La invención se refiere a un dispositivo en el que un rayo láser transmitido a través de un cable de fibras ópticas se conduce desde un brazo articulado de un robot a una pieza que se va a mecanizar.

- 5 El mecanizado tridimensional de componentes (a continuación denominados como piezas) gana importancia en la fabricación, en particular en la soldadura de los componentes cercanos al contorno final o en el afilado y recorte de componentes después de un proceso de conformación.

10 En particular, si las superficies o contornos de la pieza que se ha de mecanizar en este caso con un rayo láser no se sitúan en un plano (a continuación denominados como contornos 3D), el uso de robots de brazo articulado ofrece una elevada libertad de configuración con menores costes de inversión y una exactitud de fabricación aceptable debido a la programabilidad libre en su desarrollo del movimiento.

15 El mecanizado de contornos 3D de una pieza mediante un robot con brazo articulado y rayo láser se realiza en el rango de potencia sobre 1 kW en primer plano por el láser de estado sólido (YAG, diodo y láser de fibra). Los rayos láser de este tipo de láser pueden conducirse ventajosamente a través de un cable de fibras ópticas, compuesto de una a varias fibras de fibra óptica, también sobre varios metros, por lo que de manera evidente se abre la posibilidad de conducir externamente en el brazo del robot el rayo láser a través de un cable de fibras ópticas hasta la mano del robot en la que está presente una unidad óptica de mecanizado para la focalización del rayo láser sobre la pieza.

20 Independientemente de si la radiación láser que llega de una fuente láser se conduce a través de sólo una fibra óptica o una pluralidad de fibras de fibra óptica reunidas en el cable de fibras ópticas, se debe entender a continuación como un rayo láser con un eje del rayo.

Por el documento de patente alemana DE 43 35 367 C2 se conoce una mano de robot para el mecanizado 3D de piezas. En un eje de la mano, que representa el cuarto eje de un robot de cinco ejes, debe estar presente una conexión para un enchufe presente en el cable de fibras ópticas. La conexión debe estar realizada como una conexión enchufable o con rosca.

25 Para proteger el cable de fibras ópticas frente a una sobrecarga mecánica debe estar protegido, por ejemplo, por un revestimiento espiral. En el enchufe debe estar integrada una disposición óptica de lentes con la que se colima de forma conocida el rayo láser. Se indica que la disposición óptica de lentes para la colimación también puede ser un grupo constructivo separado dispuesto fuera de la conexión enchufable en el lado de las fibras, es decir, fuera del enchufe.

30 El especialista tiene claro que en un acoplamiento semejante del rayo láser en la mano de un robot no coinciden el eje del rayo láser, que se conduce a través de las fibras de fibra óptica del cable de fibras ópticas, y el eje óptico de la unidad óptica de mecanizado de la mano del robot, sino que están decalados y ladeados uno respecto al otro en función de las tolerancias de montaje de la conexión enchufable.

35 No obstante, ya que el rayo láser sólo recorre un recorrido proporcionalmente corto dentro del brazo del robot, es decir, el camino de la radiación entre el final de la fibra y la unidad óptica de mecanizado es corto, el punto de incidencia del eje del rayo del rayo láser sobre la unidad óptica de mecanizado está todavía suficientemente cerca del punto de intersección del eje óptico, de forma que no se produce un sombreado del rayo láser en este camino del rayo en la mano del robot.

40 No obstante, es desventajoso en este tipo del suministro del rayo láser hacia la unidad óptica de mecanizado, a través de la que se focaliza el rayo láser sobre la pieza, que el cable de fibras ópticas se cargue permanentemente mecánicamente siguiendo los movimientos del brazo del robot, también cuando no deba seguir los movimientos altamente dinámicos del eje de la mano. Mediante el revestimiento se debe amortiguar esta carga, no obstante, el revestimiento también limita la movilidad de las fibras de las fibras ópticas.

45 En general las fibras de fibra óptica no deben curvarse con un radio de curvatura menor de 150 mm, por lo que al partir de piezas fuertemente contorneadas con la mano del robot se puede producir un deterioro de las fibras por doblado. Además, el cable de fibras ópticas presenta una elevada sensibilidad frente a contragolpes incontrolados en movimientos con dinámica elevada.

En el caso del deterioro de las fibras de fibra óptica, en general se debe sustituir el cable de fibras ópticas lo que provoca gastos y un tiempo de inactividad. Aquí se debe atender a que la distancia entre el lugar de mecanizado y la fuente láser puede ser de hasta varios metros, por ejemplo, 50 m, de forma que la sustitución del cable de fibras ópticas requiere por ello mucho tiempo, aun cuando éste esté provisto de un cierre de acoplamiento rápido.

50 En el documento de patente europea EP 1 579 962 B1 se conoce un robot para la realización de trabajos industriales mediante rayo láser, en el que el rayo láser se conduce a través de una fibra óptica dispuesta en el interior del brazo

articulado del robot.

Un guiado integrado semejante de las fibras de fibra óptica no es apropiado debido a la sensibilidad y el pequeño radio de curvatura (100 – 200 mm) para robots altamente dinámicos.

- 5 En ambas soluciones mencionadas del estado de la técnica, el cable de fibras ópticas se mueve junto al brazo del robot y por consiguiente se carga dinámicamente lo que reduce su vida útil. Representa el miembro más débil en la trayectoria de los rayos y es válido como pieza de desgaste.

La fibras de fibra óptica pueden servir para el transporte de un rayo láser alimentado o también pueden trabajar por si mismas como láser, se habla de láser de fibra.

- 10 Un láser de fibra se compone de una fibra activa, por ejemplo, de una fibra de vidrio dotada con iterbio o erbio, que a través de una conexión por adherencia de materiales está conectada con una fibra de transporte. Ya que la longitud de la fibra activa está limitada debido a la aparición de efectos secundarios indeseados, la longitud global del cable de fibras ópticas se determina básicamente por la elección de la longitud de la fibra de transporte, para conducir el rayo láser al lugar del acoplamiento en una trayectoria de los rayos o a su lugar de acción. La fibra activa y la fibra de transporte representan una estructura casi monolítica, de forma que en el caso de un deterioro de la fibra de transporte y el recambio  
15 subsiguiente de la fibra de transporte se debe renovar a fondo la conexión por adherencia de materiales para la fibra activa. Para evitar una carga mecánica de la fibra de transporte se conecta ésta en la práctica con una fibra de proceso, y el movimiento del cable de fibras ópticas que se forma entonces a partir de las secciones de fibra activa, fibra de transporte y fibra de proceso, se limita a la zona de la fibra de proceso.

- 20 La fibra de proceso es una fibra confeccionada que se puede cambiar de forma sencilla a través de un acoplamiento de fibra – fibra que puede ser una conexión enchufable o con rosca. No obstante, el acoplamiento fibra – fibra provoca un empeoramiento considerable de la calidad del rayo, que está unido con un aumento también del diámetro del rayo. Esto se explica mediante un ejemplo:

- 25 La fibra de transporte tiene, por ejemplo, un diámetro de 50 µm y debido a errores y tolerancias de alineamiento inevitables se acopla en el acoplamiento fibra – fibra en una fibra de proceso con diámetro mayor, por ejemplo, de 100 µm. Con la duplicación del diámetro se produce una densidad del rayo cuatro veces menor a través de la sección transversal del rayo al incidir sobre la pieza, lo que provoca una reducción de la velocidad de mecanizado y por consiguiente aumento del tiempo de ciclo. La eficiencia global del proceso de mecanizado disminuye.

Por ello sería deseable si se pudiese prescindir del acoplamiento de una fibra de proceso.

- 30 Por el documento US-A-5 034 618, así como por el documento EP 0 440 002 B2 se conoce un robot de soldadura, en el que un rayo láser se guía dentro de un brazo del robot a través de una serie de espejos internos hasta un cabezal que focaliza el rayo láser. En este último documento no se hacen declaraciones de cómo llega el rayo láser de la fuente láser a un punto de acoplamiento necesariamente existente en el brazo del robot y como se acopla. Se puede suponer que aquí se piensa como fuente láser un láser de CO<sub>2</sub> que, en comparación a los rayos láser guiados en las fibras de fibra óptica,  
35 de láseres de estado sólido, emite rayos láser con una calidad de rayo muy elevada. Mediante los procesos en las fibras de fibra óptica se cambia la forma del rayo y la casuística del rayo de forma que de una distribución casi normal de la intensidad del rayo se obtiene una distribución de top-head.

- 40 El objetivo de la invención es encontrar un dispositivo para el mecanizado en 3D de una pieza con un rayo láser, que trabaje usando un robot de brazo articulado y un suministro de rayo láser a través de un cable de fibras ópticas, sin que el cable de fibras ópticas se someta a una carga mecánica.

El objetivo según la invención se resuelve con un dispositivo según la reivindicación 1.

- 45 El cable de fibras ópticas está en conexión con el extremo estacionario del brazo articulado, de forma que el rayo láser se conduce a través de todo el brazo articulado. Para poder conducir el rayo láser con una calidad constante del rayo a través del brazo articulado, el extremo del cable de fibras ópticas del que sale el rayo láser está conectado con el extremo fijo del brazo articulado indirectamente a través de un grupo constructivo de alineamiento. El grupo constructivo de alineamiento comprende una unidad óptica de colimación y al menos dos espejos de alineamiento que pueden pivotarse respectivamente al menos alrededor de un eje de rotación y puede desplazarse al menos a lo largo de un eje de  
50 translación, encontrándose los ejes de rotación y los ejes de translación respectivamente en ángulo recto, de forma que el eje del rayo puede hacerse coincidir con el eje óptico. Mientras que el eje del rayo puede alinearse respectivamente al eje óptico, se pueden utilizar conexiones enchufables o con rosca habituales en el mercado para conectar el extremo del cable de fibras ópticas con el brazo articulado.

La conexión entre el cable de fibras ópticas y el grupo constructivo de alineamiento está realizada ventajosamente a través de un enchufe presente en el cable de fibras ópticas y una base hembra provista en la carcasa del grupo constructivo de

alineamiento, que forman conjuntamente un cierre rápido.

Ya que el cable de fibras ópticas no se somete a una carga mecánica, puede estar formado ventajosamente sólo a partir de un láser de fibra y una fibra de transporte o también sólo un láser de fibra, por lo que no se necesita una conexión fibra – fibra que empeora la calidad del rayo para acoplar, tal y como es habitual en el caso de cargas mecánicas, adicionalmente una fibra de proceso como pieza de desgaste.

El grupo constructivo de alineamiento comprende ventajosamente adicionalmente un espejo de redireccionamiento, que puede pivotarse alrededor del tercer eje de rotación y puede desplazarse a lo largo del tercer eje de translación, por lo que el grupo constructivo de alineamiento tiene seis grados de libertad para el alineamiento, y la base hembra puede estar concebido en la carcasa del grupo constructivo de alineamiento en cualquier punto. Las lentes de la unidad óptica de mecanizado y de la unidad óptica de colimación pueden moverse ventajosamente respectivamente de forma translatória unas respecto a otras.

Mediante el desplazamiento de las lentes de la unidad óptica de mecanizado se puede ajustar la posición focal a distancias diferentes de la unidad óptica de mecanizado, lo que se necesita con una distancia constante de una capa de la pieza para mecanizar piezas de diferente espesor.

Mediante el desplazamiento de las lentes de la unidad óptica de colimación se puede adaptar su distancia focal a la divergencia del rayo láser, con la que el rayo láser abandona el cable de fibras ópticas.

La invención se debe explicar más en detalle a continuación mediante ejemplos de realización con la ayuda de un dibujo. Aquí muestra:

Fig. 1 un esquema de principio de un dispositivo según la invención según un primer ejemplo de realización,

Fig. 2 un esquema de principio de un grupo constructivo de alineamiento de un dispositivo según la invención según un segundo ejemplo de realización.

El dispositivo mostrado en la fig. 1 comprende un robot de brazo articulado con un armazón del robot 1 y un brazo articulado 2 con varios ejes, en cuyo extremo libre está presente una unidad óptica de mecanizado 3 que define un eje óptico 4 para la trayectoria de los rayos dentro del brazo articulado 2. El otro extremo del brazo articulado 2 está montado de forma estacionaria en el armazón del robot 1.

El brazo articulado 2 es hueco y posee sobre su superficie global una apertura libre de, por ejemplo, 30 mm. Los espejos posicionados dentro del brazo articulado 2 desvían el rayo láser 11 en el brazo articulado 2, manteniendo siempre igual la distancia entre los espejos en el movimiento del brazo articulado 2, de forma que no se produce una variación indeseada del diámetro del rayo. El eje óptico 4 se desvía a través del espejo y se sitúa en el extremo fijo del brazo articulado 2 en una posición espacial estable independiente del movimiento del brazo articulado 2 en la dirección del primer eje del brazo articulado 2, contado del extremo fijo.

Un extremo de un cable de fibras ópticas 5 está unido indirectamente con el extremo estacionario del brazo articulado 2 a través de un grupo constructivo de alineamiento 6. Este grupo constructivo de alineamiento 6 está concebido de forma que se puede alinear un rayo láser 11 que entra, que viene del cable de fibras ópticas 5, de forma que el eje del rayo 10 se hace coincidir, es decir, se alinea con el eje óptico 4, que se sitúa de forma estable en el espacio en el extremo fijo del brazo articulado 2, en la dirección de un primer eje del brazo articulado 2.

La conexión entre el cable de fibras ópticas 5 y el grupo constructivo de alineamiento 6 está realizada a través de un enchufe 7 presente en el cable de fibras ópticas 5 y una base hembra 9 prevista en la carcasa 8 del grupo constructivo de alineamiento 6, que conjuntamente forman preferiblemente un cierre rápido. No se ponen exigencias en las tolerancias mecánicas de la conexión, ya que a continuación se realiza el alineamiento.

Mientras que el extremo del cable de fibras ópticas 5 está conectado indirectamente con el extremo estacionario del brazo articulado 2 a través de conexiones rígidas, el cable de fibras ópticas 5 permanece en reposo independientemente del movimiento del brazo articulado, es decir, no se mueve conjuntamente y por consiguiente tampoco se carga dinámicamente.

Por ello se podría utilizar también un cable de fibras ópticas 5 que se forma sólo a partir de un láser de fibra o a partir de un láser de fibra y una fibra de transporte. Se podría prescindir de un acoplamiento de una fibra de proceso, que puede cambiarse como pieza de desgaste, dado que el cable de fibras ópticas no está sometido a una carga mecánica y por consiguiente tampoco a un desgaste esencial.

El cable de fibras ópticas 5 puede servir también sólo para la transmisión del rayo láser 11 de una fuente láser dispuesta a distancia hacia el robot de brazo articulado.

La posición del eje del rayo 10 de un rayo láser 11 que sale del extremo del cable de fibras ópticas 5 depende fuertemente

de la naturaleza del extremo del cable de fibras ópticas 5, así como de la conexión formada por el enchufe 7 y la base hembra 9. La desviación de la posición del eje del rayo 10 que se origina aquí inevitablemente respecto al eje óptico 4 en la dirección x, y y z, así como su ladeo respecto al eje óptico 4, provoca que el rayo láser 11, si se hubiera acoplado directamente en el brazo articulado 2, no se habría conducido de forma concéntrica respecto al eje óptico 4 a través del brazo articulado 2.

5

A través de la gran longitud del trayecto dentro del brazo articulado 2 y los múltiples redireccionamientos en los espejos integrados en el brazo articulado 2 se sumarían los errores. Por consiguiente podría pasar que partes del rayo láser 11 no incidiesen más sobre los espejos integrados y se absorberían o reflejarían por otros componentes del brazo articulado 2 sobre los que incidiesen. La absorción indeseada provocaría un calentamiento y por consiguiente un deterioro del brazo articulado 2. La reflexión indeseada provocaría un empeoramiento de la calidad del rayo del rayo láser 11.

10

Para poder conducir el rayo láser 11, sin poner mayores exigencias en la conexión del extremo del cable de fibras ópticas 5, aunque con calidad constante del rayo a través del brazo articulado 2, el eje del rayo 10, antes de que el rayo láser 1 se conduzca en el brazo articulado 2, se alinea con el eje óptico 4 mediante el grupo constructivo de alineamiento 6.

El grupo constructivo de alineamiento 6 se compone de dos espejos de alineamiento 12.1, 12.2 y una unidad óptica de colimación 13. La unidad óptica de colimación 13 está dispuesta ópticamente inmediatamente después del extremo del cable de fibras ópticas 5 en la dirección de radiación, seguido de dos espejos de alineamiento 12.1, 12.2, a los que siguen entonces en la trayectoria de los rayos los espejos integrados del brazo articulado 2 hasta la unidad óptica de mecanizado 3.

15

La unidad óptica de colimación 13 está diseñada de forma que colima, por un lado, el rayo láser 11 divergente que sale del extremo del cable de fibras ópticas 5, para que el rayo láser 11 se pueda conducir como haz de rayos paralelos con un diámetro de rayo constante a través del brazo articulado 2 y, por otro lado, ensanche el rayo láser 11 de forma que la densidad de radiación a través de la sección transversal del rayo se adapte a la capacidad de carga de los espejos integrados, para evitar su sobrecalentamiento y una deformación producida por ello.

20

El rayo láser 11 colimado se redirecciona entonces a través de los dos espejos de alineamiento 12.1, 12.2 que pueden ajustarse respectivamente al menos alrededor de un eje de rotación y un eje de translación.

25

En este caso los dos ejes de rotación necesarios y los dos ejes de translación necesarios están dispuestos en ángulo recto unos respecto a otros. Mediante un desplazamiento y rotación correspondientes de los espejos de alineamiento 12.1, 12.2 se hace coincidir el eje del rayo 10 con el eje óptico 4.

Según un segundo ejemplo de realización, mostrado en la fig. 2, el grupo constructivo de alineamiento presenta adicionalmente a los dos espejos de alineamiento 12.1, 12.2 un espejo de redireccionamiento 14. Por consiguiente la base hembra 9 no debe estar colocada, como en el primer ejemplo de realización, en la dirección del primer eje del robot en la carcasa 8 del grupo constructivo de alineamiento 6, sino que puede estar posicionada en cualquier punto. El espejo de redireccionamiento 14 sirve entonces para el redireccionamiento del rayo láser 11 que sale del extremo del cable de fibras ópticas 5 sobre el primer espejo de alineamiento 12.1. Con los dos espejos de alineamiento 12.1, 12.2 y el espejo de redireccionamiento 14, el grupo constructivo de alineamiento 6 tiene seis grados de libertad para orientar el eje del rayo 10 con el eje óptico 4.

30

35

En la salida del robot, es decir, en el extremo libre del brazo articulado 2, mediante una unidad sensora de distancia capacitiva o bien inductiva y por tratamiento orientado de la señal sensora se regula la distancia entre la superficie de la pieza y el extremo libre del brazo articulado 2, que está configurado como cabezal de mecanizado o tobera de corte.

La señal tratada por una unidad de valoración se utiliza para realizar un cambio de la posición del robot mediante una transmisión determinada temporalmente al control del robot.

40

La regulación no se realiza a través de un eje externo colocado en el cabezal del robot, que sólo dificulta la construcción global, sino directamente a través del robot. Para conseguir una regulación esbelta y evitar la sobreoscilación, la estrategia de regulación prevé una división de la zona entre cabezal de mecanizado / tobera de corte y superficie de la pieza en campo próximo y alejado. En la zona del campo alejado se realiza la regulación referida a la distancia entre la pieza y el cabezal de mecanizado / tobera de corte, mientras que en la zona de campo próximo se adopta la diferencia entre el cabezal de mecanizado / tobera de corte y la distancia a mantener (por ejemplo 0,2 – 2 mm) porcentualmente como magnitud de ajuste.

45

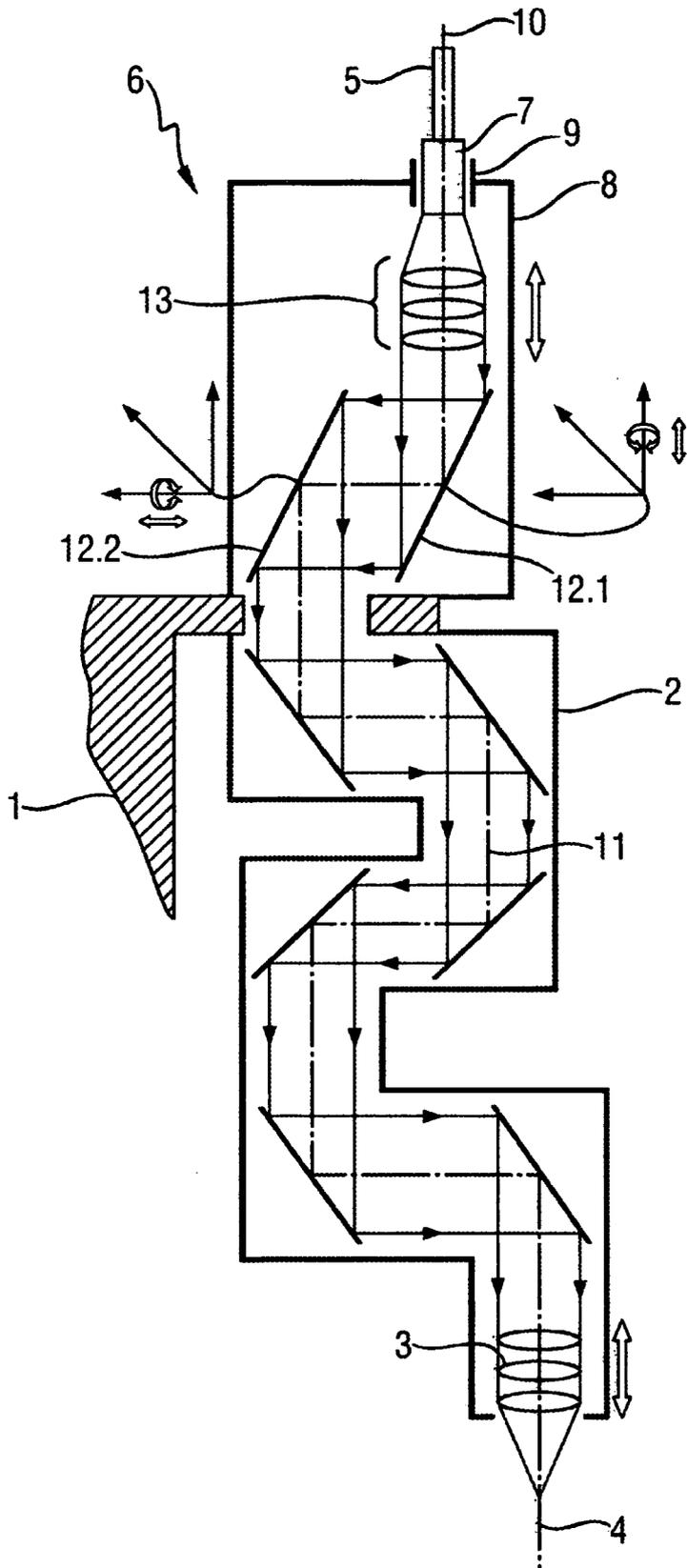
#### **Lista de referencias**

- 50 1 Armazón del robot  
2 Brazo articulado

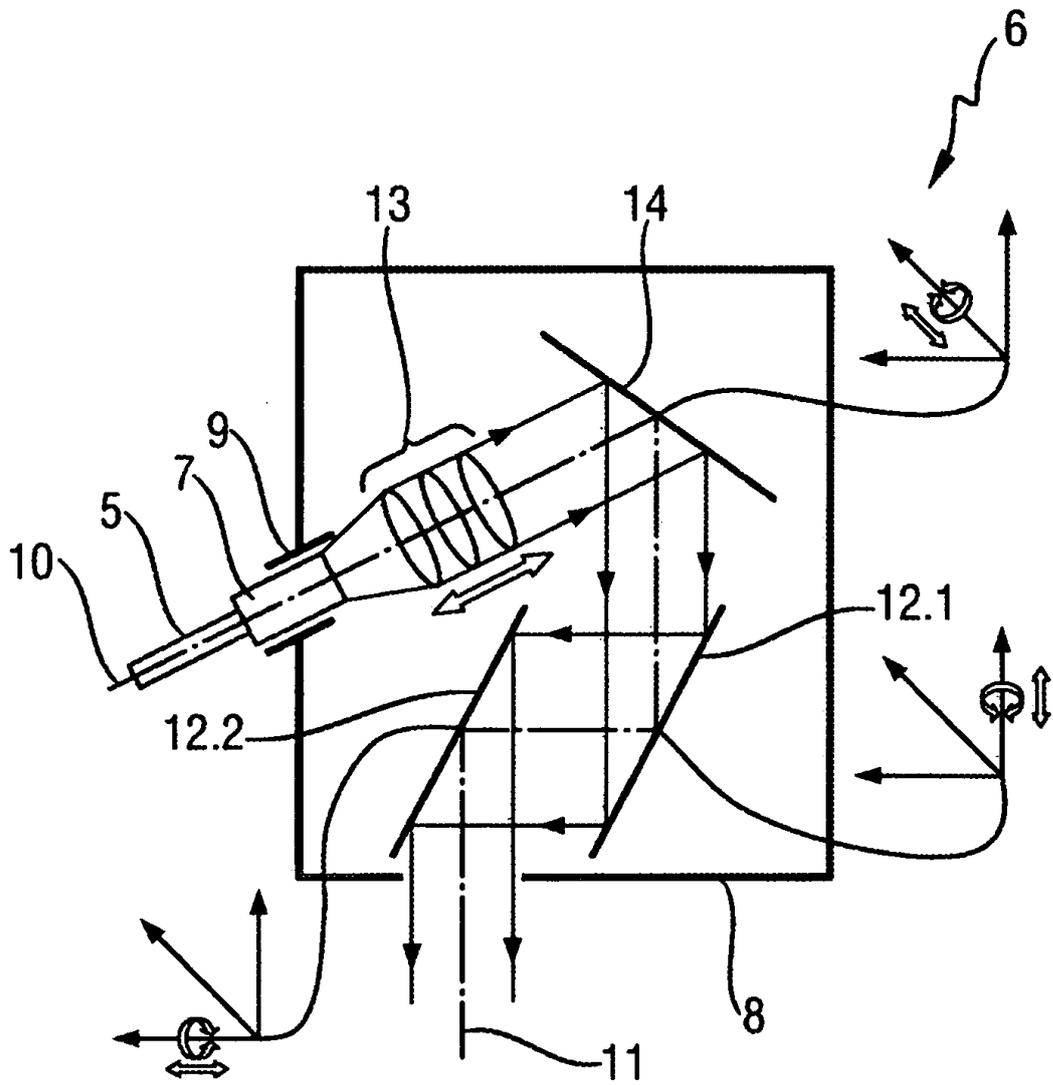
	3	Unidad óptica de mecanizado
	4	Eje óptico
	5	Cable de fibras ópticas
	6	Grupo constructivo de alineamiento
5	7	Enchufe
	8	Carcasa
	9	Base hembra
	10	Eje del rayo
	11	Rayo láser
10	12	Espejo de alineamiento
	13	Unidad óptica de colimación
	14	Espejo de redireccionamiento

**REIVINDICACIONES**

- 5 1.- Dispositivo para el mecanizado 3D altamente dinámico de una pieza con un rayo láser, compuesto de un robot de brazo articulado con un armazón del robot (1) y un brazo articulado (2), cuyo extremo estacionario está fijado en el armazón del robot (1) y en cuyo extremo libre está presente una unidad óptica de mecanizado (3) que define un eje óptico (4), así como un cable de fibras ópticas (5) que está en conexión con el extremo estacionario del brazo articulado (2) para poder acoplar un rayo láser (11) con un eje del rayo (10) en el brazo articulado (2), en el que el cable de fibras ópticas (5) está en conexión con el extremo estacionario del brazo articulado (2) indirectamente a través de un grupo constructivo de alineamiento (6) y el grupo constructivo de alineamiento (6) comprende una unidad óptica de colimación (13) y al menos dos espejos de alineamiento (12.1, 12.2) que se pueden pivotar respectivamente al menos alrededor de un eje de rotación y pueden desplazarse al menos a lo largo de un eje de traslación, en el que los ejes de rotación y los ejes de traslación se encuentran en ángulo recto, de forma que el eje del rayo (10) puede hacerse coincidir con el eje óptico (4).
- 10
- 2.- Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado porque la conexión entre el cable de fibras ópticas (5) y el grupo constructivo de alineamiento (6) se realiza a través de un enchufe (7) existente en el cable de fibras ópticas (5) y una base hembra (9) prevista en la carcasa (8) del grupo constructivo de alineamiento (6), que conjuntamente forman un cierre rápido.
- 15
- 3.- Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado porque el cable de fibras ópticas (5) está formado a partir de un láser de fibra y una fibra de transporte.
- 4.- Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado porque el grupo constructivo de alineamiento (6) comprende adicionalmente un espejo de redireccionamiento (14) que puede pivotarse alrededor del tercer eje de rotación y puede desplazarse a lo largo del tercer eje de traslación.
- 20
- 5.- Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado porque las lentes de la unidad óptica de mecanizado (3) y la unidad óptica de colimación (13) pueden moverse respectivamente de forma translatória unas respecto a otras.



**Fig. 1**



**Fig. 2**