

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 984 810**

51 Int. Cl.:

B23K 26/38 (2014.01)

B23K 26/70 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.02.2021 PCT/IB2021/050909**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.08.2021 WO21156788**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.02.2021 E 21709094 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2024 EP 4100200**

54 Título: **Cabezal de corte láser para una máquina herramienta**

30 Prioridad:

07.02.2020 IT 202000002476

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

31.10.2024

73 Titular/es:

SALVAGNINI ITALIA S.P.A. (100.0%)

Via Guido Salvagnini, 51

36040 Sarego (VI), IT

72 Inventor/es:

SAMBI, BRUNO y

ANZOLIN, GABRIELE

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ POVEDA, Sara

ES 2 984 810 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

Cabezal de corte láser para una máquina herramienta

5 La presente invención se refiere a dispositivos de corte láser para máquinas herramienta de corte y, en particular, se refiere a un cabezal de corte láser para usar en un sistema de corte láser de fibra óptica en una máquina de corte o una máquina de corte/troquelado combinada para láminas de metal.

10 El uso de un sistema láser para cortar, grabar y soldar piezas de trabajo es conocido y está generalizado en el sector de la máquina herramienta para procesar láminas y placas de metal.

15 Tal como resulta conocido, el láser es un dispositivo capaz de emitir mediante un proceso de emisión estimulada luz monocromática, es decir, con una única longitud de onda, coherente en el espacio y concentrada en un haz que tiene una muy alta luminosidad (brillo). La capacidad de concentrar una gran cantidad de energía en un área muy pequeña permite a los dispositivos láser cortar, grabar y soldar metales. El corte de los materiales de metal se produce normalmente por vaporización y, sobre todo, por fusión. En este último caso, el haz láser funde una pequeña área de la pieza de trabajo y el metal fundido (escoria) se retira mediante un soplido o chorro de gas.

20 Dentro de los aparatos emisores láser, es posible usar diferentes tipos de fuentes para generar un haz láser adecuado para cortar metales. Normalmente, se usan láseres de gas (dióxido, monóxido de carbono CO₂) y láseres de estado sólido (diodos láser de vidrio dopado y láseres de fibra).

25 Debido a la elevada energía necesaria para cortar lámina de metal, incluso de gran espesor, las dimensiones y el peso de los dispositivos emisores láser son tales que impiden su disposición directamente en las máquinas herramienta. Para superar este inconveniente, es posible disponer un cabezal de corte o, más simplemente, un cabezal de corte o enfoque láser, en la máquina herramienta y conectarlo al aparato emisor láser a través de una cadena óptica (láser CO₂) o una fibra de transmisión (fibra óptica, por ejemplo, en diodos láser YAG) para emitir el haz láser generado por el aparato emisor y enfocararlo en las piezas de trabajo. De hecho, gracias a su pequeño tamaño y peso reducido, el cabezal de corte puede moverse mediante la máquina herramienta con precisión y
30 velocidad para realizar el corte del producto.

35 En los denominados sistemas de corte láser de fibra, en donde un cable de fibra óptica con un prisma difusor se usa para llevar el haz láser al cabezal de corte, este último comprende normalmente un grupo de colimación que transmite el haz de luz que sale de la fibra óptica a un grupo de enfoque que puede enfocar el haz láser en la pieza de trabajo, es decir, disponer su punto focal o enfoque en un punto determinado en la superficie de la pieza de trabajo, o justo debajo o justo encima de dicha superficie.

40 El haz láser enfocado sale del cabezal de corte a través de una boquilla que concentra el soplido o chorro de gas usado para retirar la escoria generada por la fusión del metal y reducir la probabilidad de que la escoria pueda alcanzar el grupo de enfoque. Con tal fin, también se dispone un elemento transparente o ventana protectora o vidrio en la boquilla, que separa el interior del cabezal de corte del entorno externo y permite el paso del haz láser que sale del grupo de enfoque.

45 La disposición exacta del punto focal en donde se concentra toda la energía del haz láser es esencial para realizar el corte correcto del material. El documento DE 10 2017 131224 da a conocer un cabezal láser que tiene las características del preámbulo de la reivindicación 1.

50 El documento US 2002/190040 da a conocer un cabezal láser que tiene las características del preámbulo de la reivindicación 3.

55 Sin embargo, los cabezales de corte láser, en particular, aquellos con una elevada potencia, están sujetos a un fenómeno conocido comúnmente como “desplazamiento térmico de enfoque”, que provoca la aberración óptica de desenfoque o difuminación, es decir, un desplazamiento de enfoque con respecto al punto deseado y óptimo (en la superficie de la pieza o justo debajo o justo encima de la misma), tal como se explica más claramente a continuación.

60 Tal como resulta conocido, una pequeña fracción de la energía del haz láser que pasa a través de las lentes de los grupos ópticos de colimación y enfoque es absorbida y transformada en calor, principalmente debido a la transparencia no absoluta de los elementos ópticos (revestimiento y sustrato). También es posible que la contaminación y/o daños en la capa superficial generalmente presentes en las superficies de la lente provoquen una absorción adicional de calor.

65 El uso prolongado de la máquina herramienta, en particular, con potencias láser muy altas, provoca así una considerable absorción de calor y un aumento consecuente de la temperatura de la totalidad del cabezal de corte. Este aumento de temperatura afecta a todos los elementos ópticos que forman el cabezal de corte, es decir, el

5 prisma de difusión de la fibra de transmisión, el grupo de colimación, el grupo de enfoque y el vidrio de separación (en particular, estos dos últimos elementos, muy cercanos a la pieza de trabajo o al área de fusión de la misma, en donde se concentran temperaturas muy altas), y provoca una variación en el índice de refracción de las lentes y su forma. El cambio del índice de refracción y la forma de la lente causado por el aumento de la temperatura hace que el punto focal cambie.

10 Para compensar el fenómeno de "desplazamiento térmico de enfoque", es posible ajustar la posición del punto focal moviendo de manera adecuada una lente del grupo de enfoque, que se monta en una bandeja o corredera de soporte de lente respectiva que es móvil linealmente a lo largo de una dirección de ajuste en paralelo a la dirección del haz láser a efectos de permitir el enfoque del haz láser. De manera alternativa, si resulta adecuado o necesario que la lente o lentes del grupo de enfoque se mantengan fijas, la disposición correcta del punto focal en la pieza de trabajo se obtiene moviendo de manera adecuada una lente del grupo de colimación, que se monta en una bandeja o corredera móvil linealmente respectiva.

15 El movimiento del grupo de enfoque o colimación se puede controlar manualmente por parte de un operario, a través de inspección visual del haz láser proyectado sobre la pieza de trabajo, o mediante control numérico, en base a la medición automática del desplazamiento del punto focal. No obstante, la inspección visual y el control manual limitan la precisión y la repetibilidad del corte a la capacidad del operario y raramente resultan en un procesamiento de alta calidad, por otro lado, las mediciones del desplazamiento de punto focal requieren una cantidad importante de tiempo y equipos caros e implican un aumento del coste total de la máquina herramienta.

20 Además, la absorción de calor también provoca una serie de aberraciones adicionales, tal como aberraciones esféricas, de coma y de astigmatismo, que también afectan al frente de onda del haz láser, en particular, a la distribución de intensidad electromagnética dentro del haz láser, contribuyendo al deterioro de las características de corte o a la imposibilidad de realizar el corte.

25 Un objetivo de la presente invención consiste en mejorar los cabezales de corte láser conocidos para usar en máquinas herramienta de corte/troquelado combinadas para láminas de metal, en particular, los cabezales de corte láser de fibra óptica.

30 Otro objetivo consiste en obtener un cabezal de corte láser capaz de asegurar la precisión y repetibilidad del corte, en particular, con potencias de láser muy altas y también en el caso de un uso intenso y prolongado de la máquina herramienta en donde está montado el cabezal de corte láser.

35 Otro objetivo consiste en obtener un cabezal de corte láser que permite medir y reducir una pluralidad de aberraciones ópticas que afectan al frente de onda del haz láser que sale del cabezal de corte de manera sencilla y eficaz.

40 Otro objetivo consiste en obtener un cabezal de corte láser con una forma compacta y dimensiones particularmente limitadas y que es económico y fácil de producir.

Estos y otros objetivos se consiguen mediante un cabezal de corte láser según la reivindicación 1 o la reivindicación 3 y un método según la reivindicación 12.

45 Es posible mejorar la comprensión e implementación de la invención con referencia a los dibujos adjuntos, que ilustran realizaciones ilustrativas y no limitativas de la misma, en donde:

- 50 - la figura 1 es una sección simplificada del cabezal de corte láser de la invención según una primera realización;
- la figura 2 es una sección simplificada de una variante del cabezal de corte láser de la figura 1;
- la figura 3 es una sección simplificada del cabezal de corte láser de la invención según una realización diferente.

55 La figura 1 muestra una primera realización del cabezal 1 de corte láser según la invención, que es asociable a una máquina herramienta de corte o de corte/troquelado combinada para cortar, y una pieza mecánica 100, por ejemplo, de una lámina de metal.

60 El cabezal 1 de corte láser puede ser alimentado con un aparato emisor láser, no mostrado en la figura, a través de medios 4 de transmisión óptica, tal como una cadena óptica o una fibra de transmisión. En particular, el aparato emisor es un aparato de emisión estimulada de láser de fibra de estado sólido, por ejemplo, con alta potencia, y los medios 4 de transmisión óptica comprenden un cable de fibra óptica para transportar un haz láser L generado por el aparato emisor al cabezal 1 de corte láser, siendo este último capaz de emitir el haz láser L y enfocararlo en un punto focal F dispuesto en una superficie 101 de la pieza 100 orientada hacia el cabezal 1 de corte láser, o justo debajo o

justo encima de dicha superficie 101.

5 El cabezal 1 de corte láser comprende un grupo 2 de colimación que incluye al menos una lente 3 de colimación para colimar el haz láser L procedente del aparato emisor láser, y un grupo 5 de enfoque que incluye al menos una lente 6 de enfoque para enfocar en el punto focal F el haz láser L que sale colimado del grupo 2 de colimación.

10 Unos medios 7 de soporte y movimiento soportan y mueven a lo largo de una dirección X de ajuste al menos uno entre el grupo 2 de colimación y el grupo 5 de enfoque, por ejemplo, solamente este último en la realización ilustrada en la figura 1, a efectos de cambiar el punto focal F del haz láser L. Los medios 7 de soporte y movimiento comprenden medios 71 de guía lineales para soportar y guiar de manera deslizable el grupo 5 de enfoque a lo largo de la dirección X de ajuste, evitando desplazamientos y/o oscilaciones transversales a la dirección X de ajuste que provocarían un desplazamiento del punto focal F del haz láser L y/o una modificación del tamaño y/o forma del mismo punto focal F en la pieza 100.

15 El cabezal 1 de corte láser incluye además al menos un elemento óptico 8 para recibir el haz láser L que sale enfocado del grupo 5 de enfoque, reflejando en un ángulo de reflexión determinado, por ejemplo, entre aproximadamente 10° y aproximadamente 100°, una primera parte enfocada L1 del haz láser L recibido y transmitiendo al punto focal F una segunda parte enfocada L2 del mismo haz láser L recibido. El elemento óptico 8 es, por ejemplo, un separador de haz, en particular, seleccionado entre un divisor de haz cúbico (CBS), un prisma óptico y un espejo semitransparente. Unos medios 15 de carcasa del cabezal 1 de corte láser forman un espacio interno 20 adaptado para contener al menos el grupo 2 de colimación, el grupo 5 de enfoque, los medios 7 de soporte y movimiento y el elemento óptico 8.

25 El espacio interno 20 está cerrado y sellado herméticamente, es decir, es estanco al aire, con respecto a un entorno externo en donde está dispuesto el cabezal 1 de corte láser. En otras palabras, los medios 15 de carcasa evitan la entrada en el espacio interno 20 de contaminantes y elementos extraños, en particular, escoria y residuos sólidos y gaseosos generados por el corte láser, que podrían ensuciar las lentes 3 de colimación, las lentes 5 de enfoque y el elemento óptico 8 o comprometer el funcionamiento de los medios 7 de soporte y movimiento.

30 Con tal fin, los medios 15 de carcasa, que pueden tener una forma sustancialmente cilíndrica, una forma de paralelepípedo o una forma geométrica compleja, están dotados de una abertura 51 de entrada acoplada a los medios 4 de transmisión óptica, que permite la entrada en el espacio interno 20 del haz láser L generado por el aparato emisor, una abertura lateral 53 cerrada herméticamente por un elemento 11 óptico transparente para la transmisión de la primera parte enfocada L1 del haz láser L hacia el entorno externo, y una abertura 52 de salida dispuesta en una boquilla 30 de corte y cerrada herméticamente por un vidrio 32 de separación. Este último, además de estar adaptado para separar el espacio interno 20 del cabezal 1 de corte láser con respecto al entorno externo, permite la transmisión del haz láser L colimado y enfocado, en particular, de la segunda parte enfocada L2, del cabezal 1 de corte láser hacia el entorno externo.

40 La boquilla 30 de corte concentra un soplido o chorro de gas para retirar la escoria generada al fundir la pieza 100 de trabajo y, al mismo tiempo, contribuye a reducir la probabilidad de que dicha escoria pueda alcanzar el interior del cabezal 1 de corte láser con las consecuencias ilustradas anteriormente.

45 Los medios 71 de guía lineales y unos medios anti-giro adicionales también están alojados dentro de los medios 15 de carcasa, en particular, fijados a una pared interior de la misma. Los medios anti-giro, de tipo conocido y no mostrados en detalle en las figuras, están dispuestos para evitar que los medios 7 de soporte y movimiento giren alrededor de un eje en paralelo a la dirección X de ajuste durante el movimiento del grupo 2 de colimación y el grupo 5 de enfoque. El giro de las lentes, en particular, de la lente 3 de colimación, puede provocar, de hecho, un desplazamiento del punto focal F del haz láser L y una variación en el tamaño y/o la forma de dicho punto focal F en la pieza 100. El cabezal 1 de corte láser también comprende un sensor 9 de frente de onda, de tipo conocido y no descrito en mayor detalle, por ejemplo, un sensor de frente de onda Shack-Hartmann, y un procesador electrónico 12 conectado al sensor 9 de frente de onda y a los medios 7 de soporte y movimiento, en particular, a los medios 71 de guía lineales.

55 El sensor 9 de frente de onda que, en la realización ilustrada, está dispuesto fuera de los medios 15 de carcasa, está adaptado para recibir la primera parte enfocada L1 del haz láser L, que pasa a través del elemento 11 óptico transparente que cierra la abertura lateral 53 de los medios 15 de carcasa, realizar una medición de fase de un frente de onda de la primera parte enfocada L1, siendo en particular esta última colimada por un sistema 19 óptico de colimación respectivo dispuesto corriente arriba del sensor 9 de frente de onda con respecto a una dirección P1 de propagación de la primera parte enfocada L1, obtener a continuación un frente de onda reconstruido en base a dicha medición de fase y enviar el frente de onda reconstruido al procesador electrónico 12.

65 El procesador electrónico 12 se configura así para realizar una comparación entre el frente de onda reconstruido obtenido por el sensor 9 de frente de onda y un frente de onda de referencia y, en consecuencia, determinar en base a dicha comparación una o más aberraciones ópticas a las que está sujeta la primera parte enfocada L1 del haz

láser L.

5 Debe observarse que, con respecto a la segunda parte enfocada L2 del haz láser L que alcanza y procesa la pieza 100, la primera parte enfocada L1 está sujeta a aberraciones ópticas adicionales debido al elemento 11 óptico transparente que cierra la abertura lateral 53 y a través del que dicha primera parte enfocada L1 pasa para alcanzar el sensor 9 de frente de onda. A efectos de mejorar la precisión del sistema, ventajosamente, dichas aberraciones ópticas adicionales son conocidas por el procesador electrónico 12, por ejemplo, mediante calibración inicial o periódica del cabezal 1 de corte láser.

10 El frente de onda de referencia con el que se compara el frente de onda reconstruido puede ser un frente de onda ideal exento de aberraciones ópticas, p. ej., en el caso en que es necesario un procesamiento de alta precisión de la pieza 100, o un frente de onda predeterminado afectado por aberraciones ópticas predefinidas, por ejemplo, en el caso en que el procesamiento de la pieza 100 debe cumplir requisitos de precisión menos estrictos.

15 El procesador electrónico 12 es así capaz de operar los medios 7 de soporte y movimiento para mover el grupo 2 de colimación y/o el grupo 5 de enfoque a lo largo de la dirección X de ajuste, en particular, solamente el grupo de enfoque en la realización ilustrada en la figura 1, a efectos de reducir las aberraciones ópticas del haz láser L, en particular, de la segunda parte enfocada L2, teniendo en cuenta las aberraciones adicionales a las que solamente está sujeta la primera parte enfocada L1, y variar el punto focal F.

20 Más en detalle, y con referencia a lo ya destacado, en el caso de procesamiento de alta precisión, es decir, con un frente de onda de referencia ideal exento de aberraciones ópticas, el procesador electrónico 12 está configurado para operar los medios 7 de soporte y movimiento de manera que las aberraciones ópticas del haz láser L se minimizan y, en particular, se eliminan, y cambiar el punto focal F en consecuencia, mientras que, en el caso de procesamiento con requisitos de precisión menos estrictos, es decir, en el caso de un frente de onda de referencia predeterminado afectado por aberraciones ópticas predefinidas, el procesador electrónico 12 está configurado para operar los medios 7 de soporte y movimiento de manera que las aberraciones ópticas del haz láser L son inferiores o iguales a dichas aberraciones ópticas predefinidas, cambiando el punto focal F en consecuencia. Ventajosamente, el procesador electrónico 12 puede controlar un dispositivo de alarma, de tipo conocido y no ilustrado en las figuras, por ejemplo, un dispositivo de alarma visual y/o acústico. Cuando el procesador electrónico 12 detecta que las aberraciones ópticas a las que está sujeto el haz láser L superan un valor de umbral predeterminado, por ejemplo, establecido a priori por el usuario, envía una señal de activación al dispositivo de alarma, que genera una señal de error visual y/o sonora. De esta manera, el usuario puede detener el procesamiento de la pieza 100 antes de que esta última sea dañada irreversiblemente por el haz láser L, sujeto a aberraciones que superan el umbral y, así, dañino para la pieza 100, ya que no se concentra en el punto focal F correcto. Al asociarse a una máquina herramienta y usarse, el cabezal 1 de corte láser puede realizar un método según la invención para controlar el corte láser de una pieza 100. Un método de este tipo comprende las etapas de:

- 40 - realizar el corte láser de la pieza 100 mediante el cabezal 1 de corte láser asociado a la máquina herramienta;
- alimentar el cabezal 1 de corte láser con un haz láser L procedente de un aparato emisor láser;
- colimar, mediante el grupo 2 de colimación, y enfocar, en el punto focal F y mediante el grupo 5 de enfoque, el haz láser L;
- 45 - reflejar, a través del elemento óptico 8, al menos la primera parte enfocada L1 del haz L láser que sale enfocado del grupo 5 de enfoque;
- realizar, a través del sensor 9 de frente de onda, una medición de fase de un frente de onda de dicha primera parte enfocada L1;
- 50 - obtener, a través del mismo sensor 9 de frente de onda, un frente de onda reconstruido en base a la medición de fase;
- 55 - realizar, mediante el procesador electrónico 12, una comparación entre el frente de onda reconstruido y un frente de onda de referencia;
- determinar, mediante el mismo procesador electrónico 12, y en base a dicha comparación, una o más aberraciones ópticas a las que está sujeto el haz láser L;
- 60 - reducir, en particular, de nuevo, mediante el procesador electrónico 12, las aberraciones ópticas a las que está sujeto el haz láser L a efectos de cambiar el punto focal F.

65 Según lo ya descrito anteriormente, si es necesario un procesamiento de alta precisión, es decir, si el frente de onda de referencia es un frente de onda ideal exento de aberraciones ópticas, la etapa de reducción comprende

- 5 minimizar, en particular, eliminar, dicha aberración o aberraciones ópticas. De manera alternativa, si es necesario un procesamiento con requisitos de precisión menos estrictos y, por lo tanto, el frente de onda de referencia es un frente de onda predeterminado afectado por aberraciones ópticas predefinidas, el método según la invención comprende la etapa de reducir las aberraciones ópticas de modo que las mismas son inferiores o iguales a las aberraciones ópticas predefinidas.
- 10 Ventajosamente, cuando las aberraciones ópticas superan un valor de umbral predeterminado, establecido a priori por el usuario, el método según la invención comprende la etapa de emitir una señal de error a través de un dispositivo de alarma controlado por el procesador electrónico 12.
- 15 También ventajosamente, el método según la invención puede comprender además la etapa de calibrar el cabezal 1 de corte láser, por ejemplo, cuando la máquina herramienta se activa, o periódicamente durante el procesamiento de la pieza 100. Por lo tanto, es posible detectar en particular las aberraciones ópticas adicionales introducidas por el elemento 11 óptico transparente a las que está sujeta la primera parte enfocada L1.
- 20 El cabezal 1 de corte láser de la invención es por lo tanto capaz de asegurar una precisión y repetibilidad del corte, incluso con potencias de láser extremadamente altas, y en el contexto de un uso intenso y prolongado de la máquina herramienta en la que se monta el cabezal 1 de corte láser.
- 25 Gracias al sensor 9 de frente de onda conectado al procesador electrónico 12, es de hecho posible medir una pluralidad de aberraciones ópticas, incluyendo, por ejemplo, el desplazamiento del enfoque debido al "desplazamiento térmico de enfoque", la aberración óptica, coma y astigmatismo, que afectan al haz láser L que sale del cabezal de corte, en particular, cuando la máquina herramienta se usa durante un largo periodo y con potencias de láser muy altas, provocando un aumento de temperatura de todos los elementos ópticos y causando un cambio en el índice de refracción de las lentes y su forma, con el desplazamiento consecuente del punto focal F. En base a las mediciones del frente de onda, el procesador electrónico 12 es así capaz de modificar la estructura del sistema óptico, en particular, operando los medios 7 de soporte y movimiento de los grupos ópticos de colimación 2 y/o enfoque 5, para reducir de manera fácil y eficaz las aberraciones ópticas a las que está sujeto el haz láser L y, así, cambiar el punto focal F para su disposición y concentración en el punto deseado en la superficie 101 de la pieza 100 o justo debajo o encima de dicha superficie 101.
- 30 En una variante de la primera realización del cabezal 1 de corte láser según la invención, ilustrada en la figura 2, la abertura 52 de salida que está dispuesta en la boquilla 30 de corte está cerrada herméticamente por un elemento óptico 38 capaz de recibir el haz láser L que sale enfocado del grupo 5 de enfoque, reflejar en un ángulo de reflexión, por ejemplo, entre aproximadamente 10° y aproximadamente 100°, una primera parte enfocada L1 del haz láser L recibido y transmitir al punto focal F una segunda parte enfocada L2 del mismo haz láser L recibido. El elemento óptico 38 es, por ejemplo, un separador de haz, en particular, seleccionado entre un divisor de haz cúbico (CBS), un prisma óptico y un espejo semitransparente.
- 35 El elemento óptico 38 está dispuesto como un vidrio de separación adaptado para separar el espacio interno 20 del cabezal 1 de corte láser del entorno externo. Así, el cabezal 1 de corte láser requiere menos componentes ópticos y tiene una forma compacta, dimensiones particularmente limitadas y peso reducido, adaptándose por lo tanto a su asociación, en particular, con una máquina herramienta que tiene unos estrictos requisitos de dimensiones y manipulación. Esta variante también es económica y fácil de fabricar.
- 40 La figura 3 muestra una segunda realización del cabezal 1 de corte láser según la invención, que también es asociable a una máquina herramienta de corte y/o troquelado, para cortar y/o troquelar, respectivamente, una pieza mecánica 100, por ejemplo, una lámina de metal.
- 45 En esta segunda realización, el cabezal 1 de corte láser comprende componentes similares a los descritos anteriormente e indicados con los mismos números de referencia, es decir, un grupo 2 de colimación para colimar un haz láser L procedente de un aparato emisor láser, un grupo 5 de enfoque para enfocar el haz láser L que sale colimado del grupo 2 de colimación en un punto focal F, al menos un elemento óptico 8 para recibir el haz láser L que sale enfocado del grupo 5 de enfoque y que refleja una primera parte enfocada L1, y un procesador electrónico 12. El grupo 2 de colimación, el grupo 5 de enfoque y el elemento óptico 8 están contenidos en el espacio interno 20 de los medios 15 de carcasa. En particular, unos medios 70 de fijación soportan el grupo 2 de colimación y el grupo 5 de enfoque y los mantienen en una posición fija con respecto a los medios 15 de carcasa.
- 50 En una variante no mostrada, el elemento óptico que recibe el haz láser L enfocado, refleja la primera parte enfocada L1 y transmite la segunda parte enfocada L2, también actúa como un vidrio de separación diseñado para separar el espacio interno 20 del cabezal 1 de corte láser con respecto al entorno externo, con las ventajas ya mencionadas de una forma compacta, dimensiones particularmente limitadas, peso reducido y costes bajos del cabezal 1 de corte láser.
- 55 En esta segunda realización, el cabezal 1 de corte láser comprende al menos un dispositivo 10 óptico adaptativo que

tiene una forma ajustable.

Tal como resulta conocido, el dispositivo 10 óptico adaptativo comprende un elemento 16 óptico adaptativo que tiene un espesor tal para permitir su deformabilidad y un soporte adecuado que consiste en accionadores piezoeléctricos o electromagnéticos o electromecánicos, no visibles en la figura, conectados al elemento 16 óptico adaptativo y al procesador electrónico 12 para modelar la forma de al menos una superficie deformable 17 del elemento 16 óptico adaptativo. Por lo tanto, el procesador electrónico 12 es capaz de ajustar la forma del dispositivo 10 óptico adaptativo controlando los accionadores piezoeléctricos o electromagnéticos que soportan el elemento 16 óptico adaptativo.

El dispositivo 10 óptico adaptativo está dispuesto corriente arriba del grupo 5 de enfoque con referencia a una dirección P de propagación del haz láser L que va del grupo 2 de colimación al grupo 5 de enfoque, preferiblemente, corriente abajo del grupo 2 de colimación. De manera específica, con referencia a la figura 3, el haz láser L generado por el aparato emisor y transportado por los medios 4 de transmisión óptica al cabezal de corte láser sale colimado del grupo 2 de colimación, alcanza la superficie deformable 17 del elemento 16 óptico adaptativo y es reflejado por este último hacia el grupo 5 de enfoque siguiendo la dirección P de propagación. El cabezal 1 de corte láser según esta segunda realización también comprende al menos un sensor 9 de frente de onda adaptado para recibir la primera parte enfocada L1 del haz láser L, realizar una medición de fase de un frente de onda de la primera parte enfocada L1, obtener en base a esta medición de fase un frente de onda reconstruido y enviar el frente de onda reconstruido al procesador electrónico 12.

El procesador electrónico 12 está configurado para realizar una comparación entre el frente de onda reconstruido y un componente entre el frente de onda reconstruido y el frente de onda de referencia, determinar en base a dicha comparación una o más aberraciones ópticas a las que está sujeto el haz láser L, excluyendo las aberraciones ópticas adicionales a las que solamente está sujeta la primera parte enfocada L1, y controlar los accionadores piezoeléctricos o electromagnéticos para ajustar la forma del dispositivo 10 óptico adaptativo, reducir dichas aberraciones ópticas y cambiar el punto focal F. De manera similar a lo ya descrito anteriormente, en el caso de procesamiento de alta precisión, el frente de onda de referencia es un frente de onda ideal exento de aberraciones ópticas y el procesador electrónico 12 está configurado para ajustar la forma del dispositivo 10 óptico adaptativo de modo que las aberraciones ópticas del haz láser L se minimizan y, en particular, se eliminan, cambiando así el punto focal F. En procesamientos con requisitos de precisión menos estrictos, el frente de onda de referencia es un frente de onda predeterminado afectado por aberraciones ópticas predefinidas y el procesador electrónico 12 está configurado para ajustar la forma del dispositivo 10 óptico adaptativo de manera que las aberraciones ópticas del haz láser L sean inferiores o iguales a dichas aberraciones ópticas predefinidas y se cambia el punto focal F.

En una realización diferente, no mostrada, el cabezal 1 de corte láser según la invención puede comprender medios 7 de soporte y movimiento, que soportan y mueven a lo largo de una dirección X de ajuste al menos uno entre el grupo 2 de colimación y el grupo 5 de enfoque, y un dispositivo 10 óptico adaptativo, estando contenidos dichos componentes en el espacio interno 20. En este caso, los medios 7 de soporte y movimiento y los accionadores del dispositivo 10 óptico adaptativo están conectados al procesador electrónico 12. El procesador electrónico, a efectos de reducir las aberraciones ópticas del haz láser L y cambiar el punto focal F, puede operar los medios 7 de soporte y movimiento de los grupos ópticos y controlar los accionadores piezoeléctricos o electromagnéticos del dispositivo 10 óptico adaptativo, de manera simultánea o alternativa.

De manera alternativa a lo ilustrado en las figuras, el sensor 9 de frente de onda puede disponerse en la abertura lateral 53 de los medios 15 de carcasa y sellarla herméticamente o puede disponerse dentro del espacio interno 20 del cabezal 1 de corte láser, en este segundo caso, la abertura lateral 53 y el elemento 11 óptico transparente que cierra herméticamente dicha abertura lateral no son necesarios.

El cabezal 1 de corte láser según una cualquiera de las realizaciones y variantes adicionales descritas o según una posible combinación de las mismas, en asociación con una máquina herramienta, y en uso, también es capaz de implementar las etapas del método de la invención para controlar el corte láser de una pieza 100, según lo ya descrito anteriormente.

Ventajosamente, el cabezal 1 de corte láser de la invención también puede incluir una unidad de enfriamiento, que está fijada externamente a una pared respectiva de los medios 15 de carcasa, y medios termo-conductores, que conectan los medios 7 de soporte y movimiento o los medios 70 de fijación a dicha pared de los medios 15 de carcasa, a efectos de extraer mediante conducción térmica de los medios 7 de soporte y movimiento o los medios 70 de fijación y de los grupos ópticos de colimación 2 y de enfoque 5 el calor generado en estos últimos cuando son atravesados por el haz láser L. Con tal fin, los medios 7 de soporte y movimiento, los medios 70 de fijación y al menos la pared respectiva de los medios 15 de carcasa están hechos de material con una alta conductividad térmica.

En una versión del cabezal 1 de corte láser de la invención, no mostrada en las figuras, las lentes 3 de colimación y las lentes 6 de enfoque se refrigeran mediante un sistema de enfriamiento de tipo conocido que incluye la

ES 2 984 810 T3

introducción de gas (normalmente, nitrógeno) a una temperatura controlada dentro del cabezal 1 de corte láser a efectos de contactar y, así, enfriar las lentes.

REIVINDICACIONES

1. Cabezal (1) de corte láser asociable a una máquina herramienta, que comprende:

- 5 - un grupo (2) de colimación para colimar un haz láser (L) procedente de un aparato emisor láser;
- un grupo (5) de enfoque para enfocar en un punto focal (F) dicho haz láser (L) que sale colimado de dicho grupo (2) de colimación;
- 10 - medios (7) de soporte y movimiento para soportar y mover a lo largo de una dirección (X) de ajuste al menos uno entre dicho grupo (2) de colimación y dicho grupo (5) de enfoque;
- al menos un elemento óptico (8; 38) para recibir dicho haz láser (L) que sale enfocado de dicho grupo (5) de enfoque y reflejar una primera parte enfocada (L1) del haz láser (L) recibido;
- 15 - un procesador electrónico (12) adaptado para operar dichos medios (7) de soporte y movimiento para mover al menos uno entre dicho grupo (2) de colimación y dicho grupo (5) de enfoque a lo largo de dicha dirección (X) de ajuste;
- 20 **caracterizado por el hecho de que** comprende al menos un sensor (9) de frente de onda adaptado para recibir dicha primera parte enfocada (L1) del haz láser (L), realizar una medición de fase de un frente de onda de dicha primera parte enfocada (L1), obtener un frente de onda reconstruido en base a dicha medición de fase y enviar dicho frente de onda reconstruido a dicho procesador electrónico (12), estando configurado el procesador electrónico para realizar una comparación entre dicho frente de onda reconstruido y un frente de onda de referencia, determinar en base a dicha comparación una o más aberraciones ópticas a las que está sujeto el haz láser (L) y operar dichos
- 25 medios (7) de soporte y movimiento para reducir dicha aberración o aberraciones ópticas y cambiar dicho punto focal (F).

2. Cabezal (1) de corte láser según la reivindicación 1, en donde dicho frente de onda de referencia es un frente de onda ideal exento de aberraciones ópticas o un frente de onda predeterminado afectado por aberraciones ópticas predefinidas, estando configurado dicho procesador electrónico (12) para operar dichos medios (7) de soporte y movimiento de manera que dicha aberración o aberraciones ópticas se minimizan y, en particular, se eliminan, o son inferiores o iguales a dichas aberraciones ópticas predefinidas, respectivamente.

3. Cabezal (1) de corte láser asociable a una máquina herramienta, que comprende:

- un grupo (2) de colimación para colimar un haz láser (L) procedente de un aparato emisor láser;
- un grupo (5) de enfoque para enfocar en un punto focal (F) dicho haz láser (L) que sale colimado de dicho grupo (2) de colimación;
- 40 - al menos un dispositivo (10) óptico adaptativo que tiene una forma ajustable;
- al menos un elemento óptico (8; 38) para recibir dicho haz láser (L) que sale enfocado de dicho grupo (5) de enfoque y reflejar una primera parte enfocada (L1) del haz láser (L) recibido;
- 45 - un procesador electrónico (12) adaptado para ajustar la forma de dicho dispositivo (10) óptico adaptativo;
- 50 **caracterizado por el hecho de que** comprende al menos un sensor (9) de frente de onda adaptado para recibir dicha primera parte enfocada (L1) del haz láser (L), realizar una medición de fase de un frente de onda de dicha primera parte enfocada (L1), obtener un frente de onda reconstruido en base a dicha medición de fase y enviar dicho frente de onda reconstruido a dicho procesador electrónico (12), estando configurado este último para realizar una comparación entre dicho frente de onda reconstruido y un frente de onda de referencia, determinar en base a dicha comparación una o más aberraciones ópticas a las que está sujeto el haz láser (L) y ajustar la forma de dicho
- 55 dispositivo (10) óptico adaptativo para reducir dicha aberración o aberraciones ópticas y cambiar dicho punto focal (F).

4. Cabezal (1) de corte láser según la reivindicación 3, en donde dicho frente de onda de referencia es un frente de onda ideal exento de aberraciones ópticas o un frente de onda predeterminado afectado por aberraciones ópticas predefinidas, estando configurado dicho procesador electrónico (12) para ajustar la forma de dicho dispositivo (10) óptico adaptativo de manera que dicha aberración o aberraciones ópticas se minimizan y, en particular, se eliminan, o son inferiores o iguales a dichas aberraciones ópticas predefinidas, respectivamente.

5. Cabezal (1) de corte láser según la reivindicación 3 o 4, en donde dicho dispositivo (10) óptico adaptativo está dispuesto corriente arriba de dicho grupo (5) de enfoque con respecto a una dirección (P) de propagación de dicho

haz láser (L).

- 5 6. Cabezal (1) de corte láser según cualquier reivindicación anterior, en donde dicho al menos un sensor (9) de frente de onda es de tipo Shack-Hartmann.
7. Cabezal (1) de corte láser según cualquier reivindicación anterior, en donde dicho al menos un elemento óptico (8; 38) es un divisor de haz, en particular, seleccionado entre un divisor de haz cúbico, un prisma óptico y un vidrio semitransparente.
- 10 8. Cabezal (1) de corte láser según cualquier reivindicación anterior, que comprende medios (15) de carcasa que forman un espacio interno (20) adaptado para contener al menos dicho grupo (2) de colimación, dicho grupo (5) de enfoque, dichos medios (7) de soporte y movimiento y al menos un elemento óptico (8).
- 15 9. Cabezal (1) de corte láser según la reivindicación 8, en donde dicho elemento óptico (38) está adaptado para separar dicho espacio interno (20) del cabezal (1) de corte láser de un entorno externo.
- 20 10. Cabezal (1) de corte láser según la reivindicación 8 o 9, en donde dichos medios (15) de carcasa están dotados de una abertura lateral (53) que está cerrada de manera estanca al aire mediante un elemento (11) óptico transparente para la transmisión de dicha primera parte enfocada (L1) del haz láser (L) hacia el entorno externo, siendo dicho sensor (9) de frente de onda externo a dichos medios (15) de carcasa.
- 25 11. Cabezal (1) de corte láser según cualquier reivindicación anterior, en donde dicho aparato emisor láser es un láser de fibra, en particular, un láser de fibra de alta potencia.
- 30 12. Método para controlar el corte láser de una pieza (100) de trabajo, que comprende las etapas de:
- realizar el corte láser de dicha pieza (100) de trabajo mediante un cabezal (1) de corte láser asociado a una máquina herramienta;
 - alimentar dicho cabezal (1) de corte láser con un haz láser (L);
 - colimar y enfocar en un punto focal (F) dicho haz láser (L);
 - reflejar al menos una primera parte enfocada (L1) de dicho haz (L) láser enfocado; y **caracterizado por** las etapas de:
 - realizar una medición de fase de un frente de onda de dicha al menos una primera parte enfocada (L1);
 - obtener un frente de onda reconstruido en base a dicha medición de fase;
 - realizar una comparación entre dicho frente de onda reconstruido y un frente de onda de referencia;
 - determinar en base a dicha comparación una o más aberraciones ópticas a las que está sujeto dicho haz láser (L);
 - reducir dicha aberración o aberraciones ópticas a las que está sujeto dicho haz láser (L) a efectos de cambiar dicho punto focal (F) del haz láser (L).
- 35 40 45
- 50 13. Método según la reivindicación 12, en donde dicho frente de onda de referencia es un frente de onda ideal exento de aberraciones ópticas y dicha reducción comprende minimizar, en particular, eliminar, dicha aberración o aberraciones ópticas, o dicho frente de onda de referencia es un frente de onda objetivo afectado por aberraciones ópticas predefinidas y dicho método comprende la etapa de reducir dichas aberraciones ópticas de manera que sean más pequeñas o iguales que dichas aberraciones ópticas predefinidas.
- 55 14. Método según la reivindicación 12 o 13, en donde las etapas de realizar una medición de fase y obtener un frente de onda reconstruido se implementan mediante un sensor (9) de frente de onda.
- 60 15. Método según cualquier reivindicación 12 a 14, que comprende además la etapa de emitir una señal de error cuando dichas aberraciones ópticas superan un valor de umbral predeterminado.

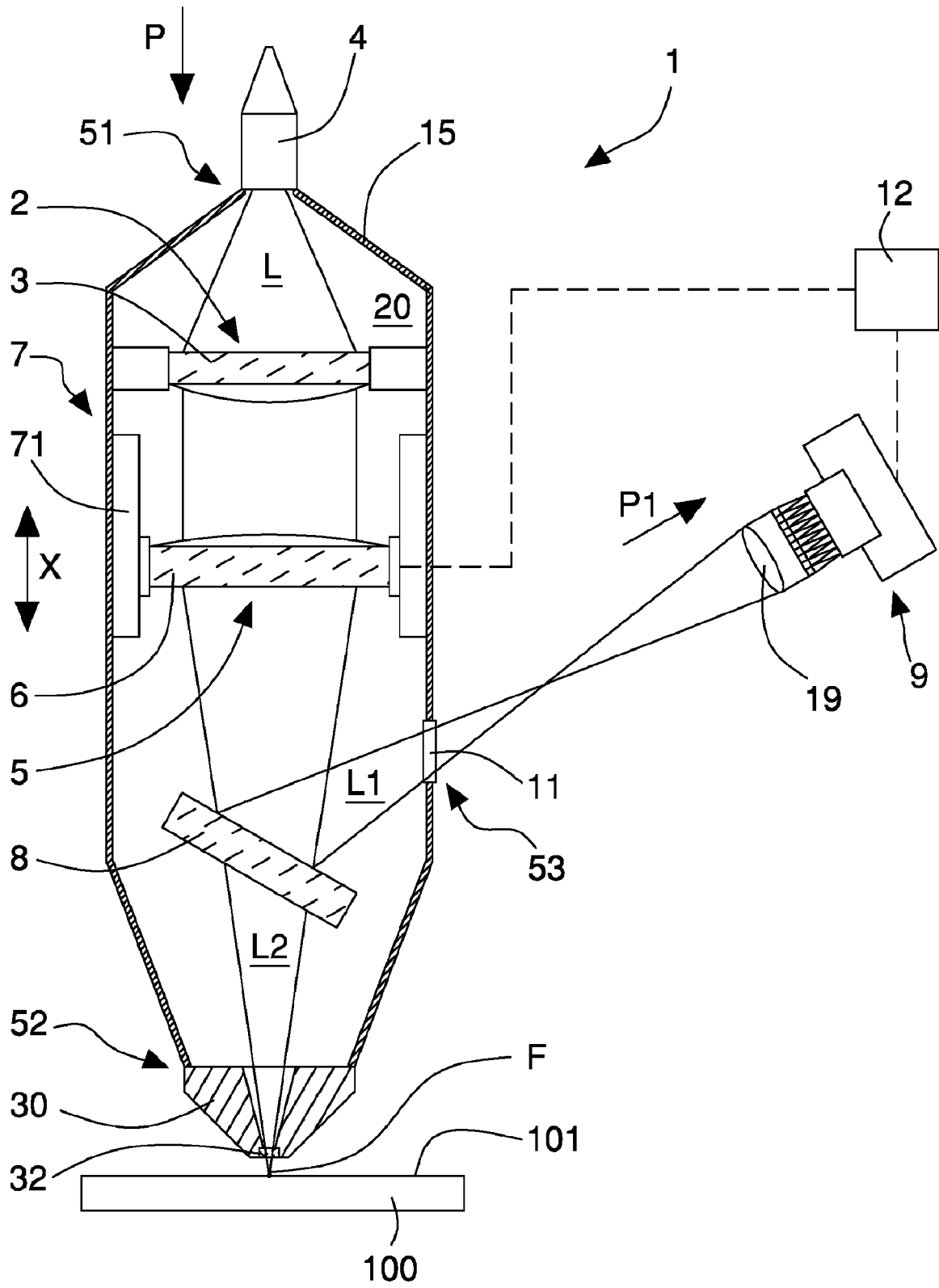


Fig. 1

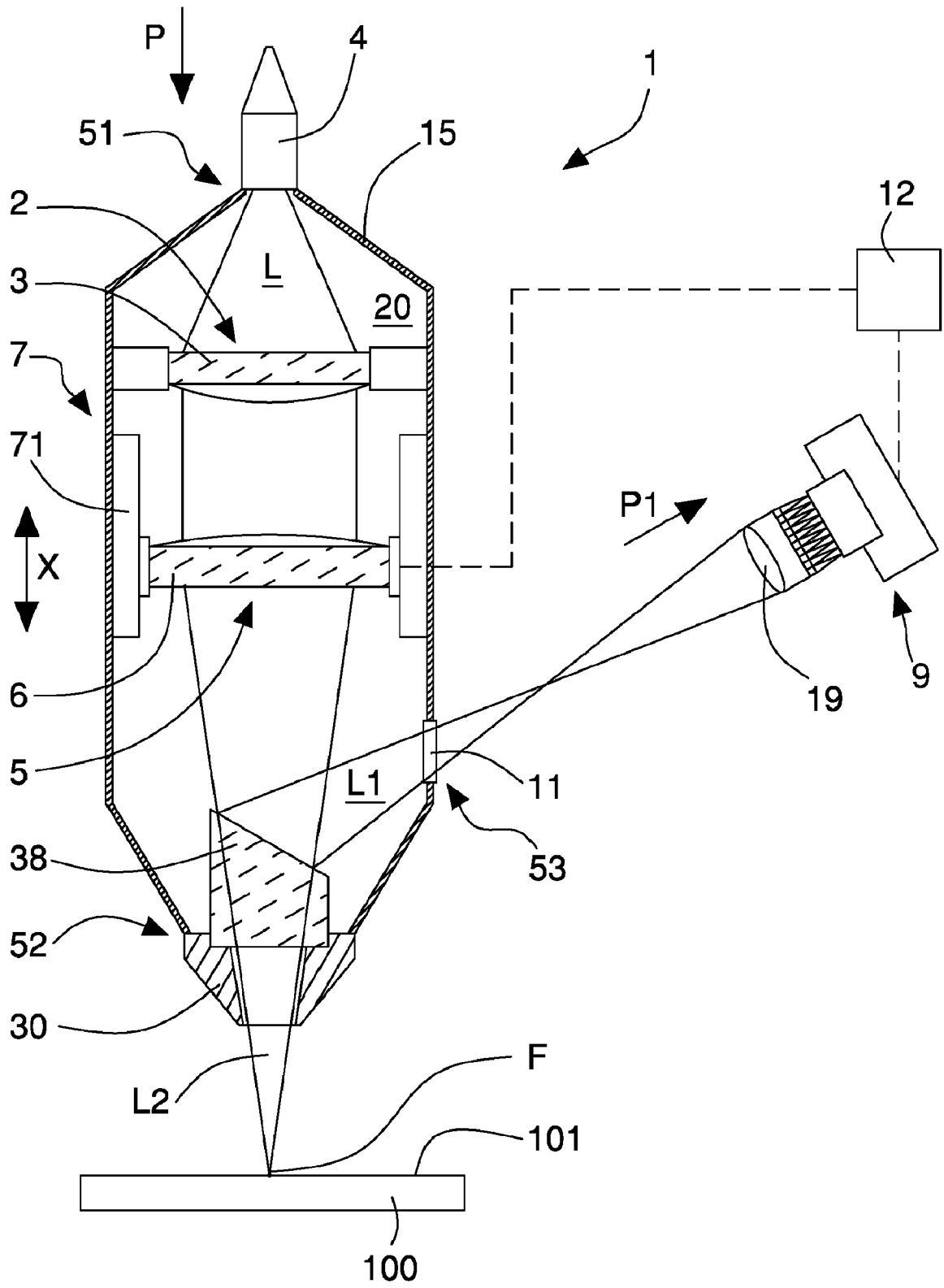


Fig. 2

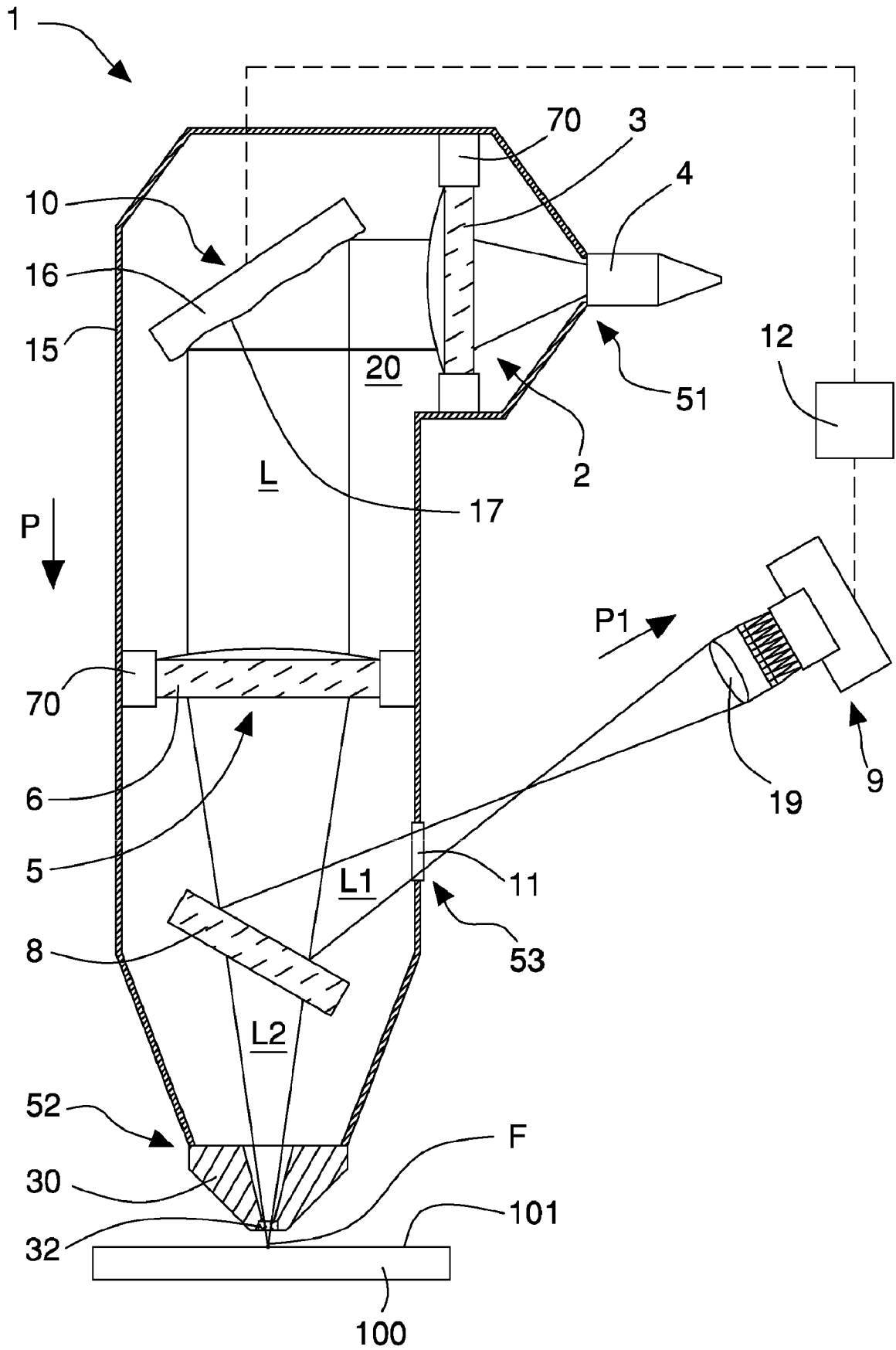


Fig. 3