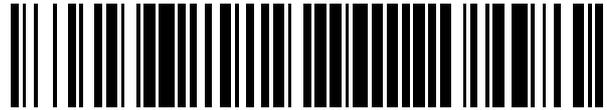


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 451 537**

51 Int. Cl.:

B23K 26/36 (2006.01)
B23K 26/08 (2006.01)
B23K 26/06 (2006.01)
B23K 26/10 (2006.01)
B23K 26/067 (2006.01)
B23D 31/00 (2006.01)
F16C 9/04 (2006.01)
H01S 3/067 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.05.2011 E 11720772 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2014 EP 2576127**

54 Título: **Procedimiento de grabado de, como mínimo, una ranura para formar un inicio de rotura con ayuda de un dispositivo láser con fibra óptica**

30 Prioridad:

25.05.2010 EP 10163787

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.03.2014

73 Titular/es:

**ROFIN-LASAG AG (100.0%)
C.F.L. Lohnerstrasse 24
3602 Thun, CH**

72 Inventor/es:

**DÜRR, ULRICH;
VON NIEDERHÄUSERN, RUDOLF y
FREI, BRUNO**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 451 537 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de grabado de, como mínimo, una ranura para formar un inicio de rotura con ayuda de un dispositivo láser con fibra óptica

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para el grabado de, como mínimo, una ranura con ayuda de un haz de rayos láser en una pared o superficie de una pieza mecánica, de forma que se definan inicios de rotura para la fractura de dicha pieza mecánica, por lo menos en dos partes, tal como se define en el preámbulo de la reivindicación 1 (ver, por ejemplo, DE 10 2007 053 814). En particular, la pieza mecánica es una biela para motor de explosión. Estas bielas presentan una abertura principal y están formadas inicialmente por una sola y única pieza. Se efectúa el grabado de dos ranuras diametralmente opuestas en la pared lateral circular de la abertura principal. A continuación, con ayuda de medios mecánicos, se fracciona en dos partes la biela por presión. Esta técnica es bien conocida por los técnicos del sector.

15 La utilización de un haz de rayos láser para grabar las ranuras que forman inicios de rotura presenta numerosas ventajas. En particular, la técnica láser permite efectuar una ranura relativamente estrecha y profunda que permite obtener una fractura limpia, según un plano que contiene el eje geométrico central de la abertura principal de la biela.

20 Antecedentes de la técnica

Es conocida, en especial por el documento de patente DE 10 2007 053 814, una instalación de mecanización por láser con fibra óptica. Tal como se menciona en los párrafos 3 y 4 de dicho documento, se han utilizado diversos tipos de láser para la aplicación específica en cuestión, pero el perfil de las ranuras obtenidas no es óptimo. La calidad de las ranuras mecanizadas es determinante para obtener, por una parte, una fractura limpia según un plano geométrico determinado, e igualmente para permitir dicha fractura con una fuerza mínima. El documento de patente alemán que se ha mencionado anteriormente, propone utilizar en la instalación de mecanización un dispositivo láser de un tipo específico, a saber, un láser con fibra óptica. Preferentemente, el láser con fibra óptica comprende un conjunto de diodos para impulsar el medio activo (fibra dopada). La utilización de medios de impulsión con diodos permite, en especial, aumentar la frecuencia de los impulsos facilitados por el dispositivo láser en una modalidad pulsante que se propone. Según el párrafo 31 del documento DE 10 2007 053 814, el conjunto de diodos que forman los medios de impulsión funciona de forma pulsante. La frecuencia de los impulsos láser producidos se puede situar en un sector de trabajo comprendido en especial entre 10 y 100 kHz. Este documento de la técnica anterior propone, por lo tanto, utilizar un láser con fibra óptica que funciona en modalidad pulsante, es decir, en una modalidad en la que los medios de alimentación son alimentados de forma pulsante para modular el haz de láser engendrado a la salida del dispositivo láser. Por lo tanto, una modalidad pulsante consiste en una modulación de la potencia continua (cw) del láser, de manera que la potencia máxima de los impulsos es igual a la potencia cw de láser (potencia media máxima).

40 El dispositivo láser propuesto en el documento DE 10 2007 053 814 no permite obtener ranuras que presenten un perfil óptimo de la forma deseada. La utilización de un láser de fibra óptica es una solución ventajosa que permite obtener un haz láser de buena calidad, necesario para la mecanización de una ranura estrecha y profunda. En efecto, un láser con fibra óptica permite producir un haz de láser de alta calidad poco degradado cuando tiene lugar su propagación en una fibra óptica de baja modalidad (preferentemente monomodal) hasta un cabezal de mecanización de la instalación de mecanización láser. Por el contrario, la modalidad pulsante propuesta en el documento de patente antes mencionado limita notablemente el potencial resultante de la utilización de un láser con fibra óptica, en particular en lo que respecta a la relación profundidad/anchura de la ranura, a la calidad metalúrgica de las paredes y al radio de fondo de la ranura.

50 Un objetivo de la presente invención es el de mejorar el procedimiento de grabado de ranuras formando inicios de rotura que permiten en especial disminuir las tensiones térmicas parásitas que tienen diversas consecuencias perjudiciales para la formación de una ranura y en la zona que rodea esta ranura (tales como la transformación de la estructura metalúrgica en las dos paredes de la ranura y aparición de microgrietas en estas paredes). Otro objetivo de la presente invención es el de aumentar la eficacia de mecanización de las ranuras en la pared lateral de las bielas, y permitiendo especialmente la utilización de un procedimiento simplificado y/o un procedimiento que permite aumentar la rapidez de mecanización y/o limitar los movimientos del cabezal de mecanización para mecanizar dos ranuras diametralmente opuestas en la abertura principal de una biela.

60 Resumen de la invención

Dentro del marco del desarrollo del procedimiento de grabado por láser según la presente invención, los inventores han observado que la utilización en el procedimiento de un dispositivo láser con fibra óptica que funciona en una modalidad pulsante, no permite obtener una ranura con un perfil que presente una relación reducida entre la anchura de esta ranura y su profundidad, e igualmente un reducido radio en el fondo de la ranura, lo cual es determinante para disminuir la fuerza necesaria para la fractura de la pieza mecánica, e igualmente para asegurar una rotura en el plano geométrico definido. La desventaja del dispositivo láser propuesto en este documento anterior de la técnica

que se ha mencionado, procede principalmente de dos inconvenientes de la modalidad de funcionamiento propuesta. En primer lugar, la modalidad pulsante propuesta, permite solamente modular el haz láser generado para facilitar impulsos que presentan una potencia máxima o potencia de cresta que corresponde a la potencia continua (cw) que puede facilitar el láser. En el documento de la técnica anterior que se ha citado, la potencia de los impulsos está comprendida entre 10 y 10 vatios (W), preferentemente entre 40 y 60 W. para bielas grandes, se ha propuesto utilizar láseres más potentes, que permitan facilitar una potencia de cresta aproximadamente de 200W (es debe observar que existen láseres cw de potencia más elevada, pero no son económicamente utilizables en la industria). Se observará que en una forma pulsante, tal como se ha propuesto en el documento de la técnica anterior que se ha citado, la obtención de impulsos que presentan una potencia de cresta aproximadamente de 200W, requieren la utilización de láseres muy potentes que se encuentran en los límites de la tecnología actual para los láseres industriales.

Los impulsos láser que presentan potencias máximas sensiblemente iguales a 200W o inferiores, con duraciones de impulsos relativamente largas, para aportar la energía suficiente para la ablación de la materia, engendran en gran parte la fusión de la materia que forma la pieza mecánica mecanizada. Esta materia en fusión presenta un problema para obtener una ranura de calidad. En especial, es necesario evacuarla con ayuda de un chorro de gas bajo fuerte presión. Esta materia en fusión presenta también un problema de limpieza de la ranura y de la superficie mecanizada, así como del cristal de protección a la salida del cabezal de mecanización. Además, esta materia en fusión y su expulsión con ayuda de un gas a presión, limita la reducción del rayo de curvatura en el fondo de la ranura a pesar de la alta calidad del haz láser producido por la instalación de láser con fibra óptica.

Además, otro problema presentado por la forma de funcionamiento prevista en el documento que se ha citado, procede del hecho de que la duración de los impulsos facilitados está situada en general en el campo de los microsegundos (μ s), es decir, superior a un microsegundo. En particular, diodos que funcionan en modalidad pulsante pueden facilitar impulsos cuya duración está situada entre 5 y 10 microsegundos. Contrariamente a la afirmación del documento que se ha mencionado, el aumento de la frecuencia no comporta de manera forzosa una disminución de la cantidad de energía por impulso. La cantidad de energía contenida en cada impulso láser está determinada, por una parte, por la potencia y por otra parte, por la duración de este impulso. Ciertamente, una alta frecuencia conduce en general a la disminución de la duración de los impulsos para una potencia media determinada, pero el modo pulsante propuesto no permite disminuir esta duración por debajo de 1 μ s en una instalación clásica, lo que presenta un problema de efectos térmicos secundarios negativos. En efecto, la difusión del calor en la materia mecanizada depende de la duración del impulso. Cuanto mayor es esta duración, más importantes son los efectos térmicos secundarios; en particular, la propagación de la energía térmica en la zona de la ranura mecanizada aumenta. Resulta de ello, en primer lugar, un aumento de la materia en fusión, lo que conduce a una ranura con una mayor anchura y que presenta un radio de curvatura medio en su fondo relativamente grande. De este modo, si bien la energía total por impulso es sensiblemente correcta con una potencia aproximada de 100W y una duración de impulso de algunos microsegundos, el perfil de la ranura obtenida no es óptimo.

En el marco del presente desarrollo, los inventores han demostrado que el aumento sustancial de la potencia de cresta de los impulsos láser facilitados, permite disminuir la cantidad de materia en fusión aumentando la cantidad de materia sublimada. Además, al aumentar la potencia de los impulsos, es posible facilitar la energía necesaria por impulso con una duración de impulso inferior, lo que permite disminuir las tensiones térmicas en la periferia de la ranura, e igualmente disminuir el radio de curvatura en el fondo de ésta.

La presente invención tiene, por lo tanto, por objetivo un procedimiento de grabado de, como mínimo, una ranura en una pared lateral o una superficie de una pieza mecánica por medio de impulsos láser facilitados por un dispositivo láser con fibra óptica, definiendo esta ranura un inicio de rotura para la fractura posterior de esta pieza mecánica, por lo menos en dos partes. Este procedimiento de grabado se caracteriza porque el dispositivo láser con fibra óptica es controlado de manera que los impulsos láser presenten una potencia de cresta superior a 400W, y como mínimo, dos veces superior a la potencia media máxima del dispositivo láser, y porque la duración de los impulsos láser se encuentra en el campo de los nanosegundos (1 ns hasta 1000 ns) o inferior. Preferentemente, la duración de los impulsos está comprendida entre 50 ns y 400 ns.

Según una forma de realización particular, el dispositivo láser con fibra óptica está controlado en una modalidad qcw (del inglés: "quasi continuous wave"). Un dispositivo láser de fibra óptica controlado en modalidad qcw permite obtener, por ejemplo, impulsos que tienen una potencia máxima o potencia de cresta diez veces superior a la potencia media máxima del dispositivo láser.

Según una forma de realización preferente, el dispositivo láser con fibra óptica está controlado en una modalidad desconectada (designada en inglés "Q-Switch"). Según otra forma de realización preferente, el dispositivo láser con fibra óptica comprende una fuente de impulsos láser iniciales (designada en inglés "Seed Laser"), por ejemplo, un diodo que facilita impulsos en el campo de los nanosegundos y, como mínimo, un medio amplificador de fibra óptica que facilita en la salida los impulsos láser de mecanización.

Gracias a las características de la invención, es posible mecanizar ranuras muy estrechas y relativamente profundas que presentan un radio de fondo de ranura muy pequeño. Los impulsos láser facilitados por el dispositivo láser con

fibra óptica, utilizados en el procedimiento de grabado, según la presente invención, permiten disminuir la cantidad de materia en fusión e igualmente permiten limitar de manera significativa los efectos térmicos parásitos que son responsables, en especial, del deterioro de la calidad de las ranuras obtenidas.

5 Breve descripción de los dibujos

La presente invención se describirá de forma más detallada con ayuda de la descripción siguiente, haciendo referencia a los dibujos adjuntos a título de ejemplos esquemáticos y no limitativos, en los cuales:

- 10 La figura 1 representa esquemáticamente una biela y un dispositivo láser con fibra óptica asociado a un cabezal de mecanización de ranuras;
 La figura 2A representa esquemáticamente una vista en perspectiva de una ranura (representación parcial) mecanizada con ayuda de un dispositivo de la técnica anterior;
 15 La figura 2B es una vista esquemática similar a la de la figura 2A, pero representando una ranura obtenida por el procedimiento de mecanización láser, según la presente invención;
 La figura 3 muestra esquemáticamente en sección una primera forma de realización específica de un cabezal de mecanización de una instalación láser;
 La figura 4 representa esquemáticamente en sección una segunda forma de realización específica de un cabezal de mecanización de una instalación láser;
 20 La figura 5 representa esquemáticamente en sección una tercera forma de realización específica de un cabezal de mecanización de una instalación láser.

25 Descripción detallada de la invención

- En la figura 1 se ha representado esquemáticamente una instalación de mecanización laser 2 para efectuar ranuras 8 y 9 en la pared lateral de la abertura principal 6 de una biela 4. Estas ranuras están orientadas según el eje geométrico central de la abertura principal. La instalación comprende un dispositivo láser con fibra óptica 12 conectado a un cabezal de mecanización 22 por un cable óptico flexible 24.
 30 El cabezal de mecanización 22 y la biela 4 están asociados a medios motorizados (no representados) de desplazamiento relativo, según dicho eje geométrico central para poder grabar las ranuras. El dispositivo láser 12 comprende un medio activo de fibra óptica 14 conocido por los técnicos en la materia y medios de bombeo 16 formados por diodos ópticos acoplados al medio activo. Este dispositivo comprende una unidad de control 18 que genera la alimentación de los medios de bombeo óptico y de otros parámetros, según la modalidad de funcionamiento seleccionada. De modo general, se prevé facilitar una serie de impulsos láser.

- La utilización de un láser con fibra óptica presenta varias ventajas relativas a la calidad del haz láser obtenido. Además, el haz puede ser llevado al cabezal de mecanización por un cable óptico de modalidad baja, conservando una satisfactoria calidad óptica de este haz, lo que simplifica la instalación. La calidad del haz es importante para permitir una focalización satisfactoria (incluso con un haz de láser incidente sobre la óptica de focalización con un diámetro relativamente pequeño) y por lo tanto disminuir un diámetro de este haz en el punto focal. Éste debe permitir realizar ranuras estrechas. No obstante, para efectuar una ranura estrecha y suficientemente profunda, con paredes que definen un ángulo agudo y un radio reducido en el fondo de esta ranura, intervienen igualmente otros parámetros aparte de la calidad del haz. Tal como ya se ha mencionado anteriormente, el control de la aportación de energía, y en particular el control de la intensidad luminosa, es decir, la densidad de potencia, son determinantes para la mecanización de una ranura de este tipo con un perfil óptimo. La forma con la que se efectúa la ablación de materia en la pared de la biela es esencial para tener este perfil óptimo.
 45

- Resulta de la utilización de un dispositivo láser con fibra óptica que funciona con modalidad pulsante por modulación de la potencia de bombeo del medio activo, tal como se ha propuesto en la técnica anterior, impulsos cuya potencia de cresta corresponde a la potencia nominal del láser, que es en general inferior a 200W para un láser con fibra óptica industrial y cuya duración es superior a 1 μ s. Esta potencia relativamente reducida, no permite obtener una intensidad luminosa suficiente para evitar que una importante parte de la materia que recibe el impulso láser se funda y pase, por lo tanto, a estado líquido. Esta materia líquida en fusión presenta el problema de la evacuación y tiende a permanecer en parte en el fondo de la ranura. Resulta de ello un radio de curvatura medio R1 relativamente grande en el fondo de la ranura, tal como se ha representado esquemáticamente en la figura 2A. Además, la duración relativamente larga de los impulsos genera también efectos secundarios térmicos o tensiones térmicas en la materia, propagándose la energía térmica más lejos en la región periférica 26 de la ranura mecanizada 28. De este modo, la materia en fusión, la cantidad de energía aportada por cada impulso láser y la duración de éste participan en conjunto en el agrandamiento de la ranura y en un radio medio R1 relativamente grande del fondo de la ranura.
 50
 55
 60

- Las conclusiones que se alcanzan dentro del marco de la presente invención, tienen como resultado la selección de un control específico del dispositivo láser con fibra óptica. Según la invención, el procedimiento utiliza un dispositivo láser con fibra óptica que está controlado de manera que los impulsos láser presentan una potencia de cresta superior a 400W, y como mínimo, dos veces superior a la potencia media máxima de este dispositivo láser, y de
 65

manera que la duración de los impulsos láser se encuentra en el campo de los nanosegundos (ns), es decir, entre 1 ns y 1000 ns o inferior.

Según una primera forma de funcionamiento del dispositivo láser con fibra óptica, según el procedimiento la presente invención, este dispositivo láser es controlado en modalidad qcw (del inglés: "quasi continuous wave") para un láser de una potencia comprendida entre 50W y 150W se obtienen fácilmente impulsos con una potencia de cresta del orden de 1000W (1kW). Según la variante y la aplicación, el dispositivo láser está dispuesto para obtener potencias de cresta o potencias máximas de los impulsos entre 400W y aproximadamente 3000W (3kW). El técnico en láseres de fibra óptica sabrá implementar un control qcw y los diodos específicos para obtener dichos impulsos láser.

Para obtener impulsos cortos en el sector de los nanosegundos, en particular entre 50 ns y 400 ns, con picos de potencia muy elevados, se han previsto dos variantes principales que se describen a continuación.

Según una segunda modalidad de funcionamiento, el dispositivo láser con fibra óptica es controlado en forma desconectada o Q-Switch (denominación inglesa). Este segundo modo de funcionamiento es preferente puesto que permite ventajosamente por una parte obtener fácilmente duraciones de impulso significativamente inferiores a la modalidad qcw de la primera modalidad de un funcionamiento propuesta y, por otra parte, potencias de cresta bastante más elevadas, por ejemplo, del orden de 10 kW. Por lo tanto, es posible obtener intensidades luminosas muy elevadas que permiten sublimar la materia de la pieza mecánica mecanizada, es decir, pasar directamente de estado sólido a estado gaseoso. Por ejemplo, el dispositivo láser con fibra óptica es controlado de manera que facilite impulsos láser con una frecuencia comprendida entre 10 kHz y 200 kHz. Dado que la duración de los impulsos es muy corta, se limita también la cantidad de energía aportada por impulso. Esta cantidad de energía puede ser ajustada para optimizar el procedimiento de mecanización láser, según la presente invención, especialmente entre 0,1 mJ y 2 mJ. Al ser la duración de los impulsos muy corta, se reducen notablemente los efectos secundarios térmicos y la penetración de la energía térmica en la materia. Esto permite obtener una ranura muy estrecha y relativamente profunda, con un perfil óptimo, tal como se ha representado esquemáticamente en la figura 2B. Las perforaciones efectuadas son más estrechas que las obtenidas en la técnica anterior. La relación anchura/profundidad de la ranura 30 mecanizada es inferior a la obtenida con el dispositivo láser de la técnica anterior, y el radio de curvatura medio de R2 del fondo de la ranura es significativamente inferior al (R1) de la figura 2A. Todo ello conduce por una parte a una ranura limpia con un mínimo de materia eliminada sobre la pared de la abertura en el borde de la ranura a un mejor inicio de la rotura para la fractura posterior en dos partes de la pieza mecánica.

Según una tercera realización igualmente preferente, el dispositivo láser con fibra óptica comprende una fuente de impulsos láser iniciales (denominados "Seed Laser", en inglés) y por lo menos un medio amplificador de fibra óptica que facilita en la salida los impulsos láser de mecanización. Los impulsos láser iniciales forman impulsos de poca potencia que pueden ser producidos con una duración muy reducida y a una frecuencia muy elevada, por ejemplo, de 10 MHz. Estos impulsos iniciales son introducidos en la entrada del medio amplificador de fibra óptica que conserva sensiblemente la duración e igualmente la frecuencia de los impulsos iniciales y que amplifica fuertemente la potencia de la impulsión. Estos medios de amplificación permiten obtener fácilmente potencias de cresta superiores a 1000W. El técnico en la materia podrá construir un dispositivo láser con fibra óptica de este tipo.

El procedimiento de la mecanización, según la invención, presenta además otras ventajas. En primer lugar, la generación de impulsos de muy alta potencia permite prever la mecanización simultánea de las dos ranuras diametralmente dispuestas en una biela, en particular, dividiendo la energía de cada impulso láser primario en dos impulsos secundarios, cuya potencia es dos veces inferior a este impulso láser primario, conservando las otras ventajas de la invención. Un cabezal de mecanización específico representado en la figura 3, es una realización particular que utiliza esta ventaja suplementaria. En segundo lugar, dado que la materia en fusión está fuertemente limitada o incluso suprimida en la instalación láser, según la invención, la utilización de un gas a elevada presión como en la técnica anterior, ya no es necesaria. Por lo tanto, no se debe ya recurrir a la utilización de toberas que presentan un pequeño orificio para inyectar el gas a alta presión en el lugar del impacto del haz láser sobre la pared de la pieza mecánica mecanizada. No obstante, se puede conservar la aportación de un gas con el objetivo de mantener limpio el cabezal de mecanización, pero este gas puede presentar una presión reducida y se puede extender a una zona más grande. Se han representado, respectivamente, en las figuras 4 y 5 dos cabezales de mecanización específicos que son realizaciones que aprovechan esta otra ventaja suplementaria.

El cabezal de mecanización 32, representado en la figura 3, está conectado al cable óptico 24 y recibe como entrada un haz láser 34 formado por impulsos láser, según la invención. Este cabezal de mecanización comprende en la entrada un colimador 44 del haz láser que sale de la fibra óptica con una gran abertura, un primer espejo semi-transparente que sirve para dividir en dos haces secundarios 40 y 42 el haz primario 34 y un segundo espejo 38 para reenviar el haz secundario 42 sensiblemente en una dirección axial. En cada uno de estos dos haces secundarios están asociados medios ópticos de focalización representados esquemáticamente por una lente convergente 48, respectivamente 50 para focalizar estos dos haces secundarios sobre la pared lateral de la biela 4. Para ajustar los puntos de focalización respectivos de los dos haces secundarios, las lentes 48 y 50 pueden ser desplazadas preferentemente de forma vertical. Se observará que gracias a la buena calidad del haz láser producido

por el láser con fibra óptica, se puede obtener una focalización muy satisfactoria con un haz láser incidente sobre los medios de focalización de diámetro relativamente pequeño. De este modo, las lentillas convergentes pueden tener un diámetro relativamente pequeño, y el cabezal puede conservar una forma compacta. La parte terminal 52 del cabezal de mecanización introducida en la abertura de la biela 4 comprende un espejo 54 que presenta dos superficies reflectantes inclinadas para desviar los dos haces secundarios según una dirección sensiblemente perpendicular a la superficie lateral de la abertura de la biela y respectivamente, según dos sentidos opuestos para mecanizar simultáneamente dos ranuras 8 y 9 diametralmente opuestas. Los dos haces láser secundarios salen de la parte terminal 52 respectivamente por dos aberturas terminales diametralmente opuestas, definidas por los orificios de dos toberas 56 y 58 propagándose en un mismo plano geométrico. En una variante, las superficies reflectantes del espejo prismático 54 presentan cada una de ellas una inclinación que envía el haz secundario incidente oblicuamente a la superficie lateral mecanizada. De manera conocida, se puede aportar un gas al interior del cabezal de mecanización y salir por estas dos toberas de forma clásica. Un único movimiento vertical relativo entre la biela 4 y el cabezal de mecanización 32 permite mecanizar en paralelo las dos ranuras 8 y 9.

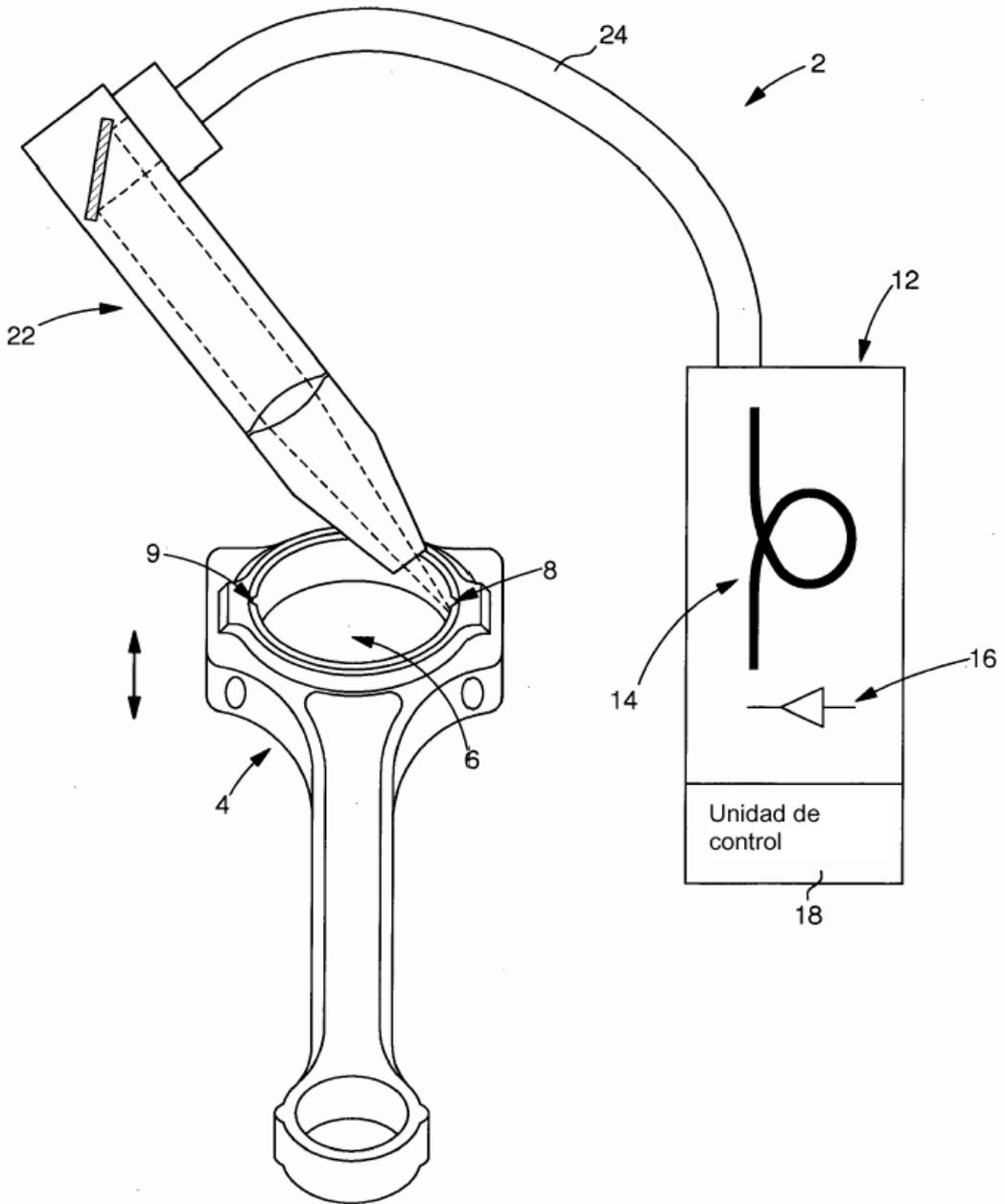
El cabezal de mecanización 60 representado en la figura 4 está conectado al cable óptico 24 y recibe en la entrada un haz láser 34 formado por impulsos láseres, según la invención. Este cabezal de mecanización comprende en la entrada un colimador 66 del haz láser que sale de la fibra óptica con una gran apertura, un espejo desplazable 62 asociado a medios de motor 64, que permiten un desplazamiento lineal de dicho espejo 62 que reenvía el haz 34 según una dirección paralela al eje longitudinal del cabezal de mecanización y medios de focalización 68 (representados por una lente convergente) solidarios del espejo desplazable. Se observará que en una variante, los medios de focalización están dispuestos ventajosamente a continuación del espejo desplazable, más próximo de la superficie lateral mecanizada. Preferentemente, se pueden desplazar relativamente al espejo 62 para ajustar la posición del punto focal. Finalmente, el haz alcanza un espejo inclinado 70 dispuesto en el extremo del cabezal de mecanización. Este espejo 70 está orientado de manera que el plano de incidencia del haz láser sea paralelo a la dirección de desplazamiento del espejo 62. El haz reflejado por el espejo 70 sale del cabezal por una ranura extrema 72 cuya altura es, como mínimo, igual a la longitud de la ranura prevista 8, es decir, igual o un poco superior a la altura de la biela. El espejo desplazable 62, al desplazarse, genera un barrido vertical de la pared de la abertura de la biela 4 por el haz láser. De este modo, el haz se desplaza progresivamente a lo largo de la ranura terminal 72 para mecanizar la ranura 8 sin ningún movimiento vertical relativo entre el cabezal de mecanización 60 y la biela 4. El cabezal de mecanización se mantiene, por lo tanto, en una posición fija durante la mecanización láser de una ranura. La ranura terminal no presenta en este caso ningún problema específico, dado que no se prevé ningún gas a presión elevada para la evacuación de la materia en fusión. No obstante, se puede prever la inyección por la ranura 72 de un gas a presión reducida para proteger el cristal de protección dispuesto a nivel de esta ranura. En una variante, un chorro de gas se inyecta entre la pared de la biela y la ranura terminal desde debajo o encima según el sentido de la mecanización. El cabezal de mecanización está realizado en dos partes 60A y 60B, siendo fija la parte superior 60A (o móvil, según un dirección lineal horizontal) y pudiendo sufrir la parte inferior 60B una rotación para permitir mecanizar la ranura diametralmente opuesta sin tener que girar la parte superior conectada al cable óptico. Para girar la parte inferior, está previsto un motor de par 76 con su parte de estator 78 conectada a la parte fija 60A y su parte de rotor 79 conectada a la parte giratoria 60B. Este motor presenta una abertura central para el paso del haz láser, y está accionado por una unidad de control programable 80 que sirve para su alimentación eléctrica.

En la figura 5, se ha representado otra forma de realización de un cabezal de mecanización 82. Este cabezal presenta una parte superior 82A que puede sufrir un movimiento vertical y una parte inferior 82B que puede sufrir además rotación. Un motor de par 76, que ya se ha descrito anteriormente, está previsto para hacer girar la parte inferior de manera que permita la mecanización de dos ranuras diametralmente opuestas, sin tener que girar la parte superior 82A conectada al cable óptico 24. A la salida del cable óptico, se prevén medios de colimación 66 del haz láser entrante, el cual es incidente sobre un espejo 84 dispuesto oblicuamente de manera que refleja el haz láser 34 según una dirección axial. La parte inferior 82B comprende una lente de focalización 86 que puede ser desplazada verticalmente para ajustar el punto de focalización, un primer espejo oblicuo 88 y un segundo espejo 89 envían finalmente el haz oblicuamente. Según la orientación de los espejos 88 y 89, se puede variar el ángulo de salida del haz láser. Esta disposición específica permite realizar dos ranuras diametralmente opuestas en pequeñas aberturas, sin tener que desplazar la parte superior 82A del cabezal de mecanización. A estos efectos, el eje óptico de esta parte superior se confunde con el eje central de la abertura de la pieza mecánica 84. Para cada diámetro distinto se puede prever una parte inferior específica. Preferentemente, para ajustar el punto de focalización en función del diámetro de la biela, es regulable la posición vertical de la lente 86. Se observará que la parte inferior 82B del cabezal de mecanización está situada por completo por encima de la pieza a mecanizar 84. Esto resulta posible por el hecho de que el procedimiento, según la invención, no requiere un gas de expulsión de una materia en fusión en la ranura en formación, y el factor de calidad proporcional a M^2 es suficientemente pequeño para tener un pequeño punto focal relativamente alejado de los medios de focalización para efectuar una ranura, se puede o bien llevar a cabo un movimiento vertical relativo entre la pieza 84 y el cabezal de mecanización 82, o se puede efectuar un escaneado variando la posición, por lo menos, de uno de los dos espejos 88 y 89.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de grabado de, como mínimo, una ranura (8,9; 30) en una pared lateral o una superficie de una pieza mecánica (4; 84) por medio de impulsos láser facilitados por un dispositivo láser con fibra óptica, definiendo dicha ranura un inicio de rotura para la fractura posterior de esta pieza mecánica en un mínimo de dos partes, caracterizándose este procedimiento de grabado porque el dispositivo láser con fibra óptica está controlado de manera que dichos impulsos láser presentan una potencia de cresta superior a 400W y, por lo menos, dos veces superior a la potencia media máxima de dicho dispositivo láser, y porque la duración de dichos impulsos láser se encuentra en el campo de los nanosegundos (1 ns a 1000 ns) o inferior.
- 10 2. Procedimiento de grabado, según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho dispositivo láser con fibra óptica funciona en una modalidad "qcw" (del inglés: "quasi continuous wave").
- 15 3. Procedimiento de grabado, según la reivindicación 2, caracterizado porque dichos impulsos láser presentan una potencia de cresta comprendida entre 400W y 3000W (3kW).
- 20 4. Procedimiento de grabado, según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho dispositivo láser con fibra óptica está controlado en forma desconectada (Q-Switch).
- 25 5. Procedimiento de grabado, según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho dispositivo láser con fibra óptica comprende una fuente de impulsos láser iniciales ("Seed Laser") y, como mínimo, un medio amplificador de fibra óptica que facilita en la salida dichos impulsos láser.
- 30 6. Procedimiento de grabado, según la reivindicación 4 ó 5, caracterizado porque el dispositivo láser está controlado de manera que la duración de dichos impulsos láser se encuentre entre 50 ns y 400 ns.
- 35 7. Procedimiento de grabado, según una de las reivindicaciones 4 a 6, caracterizado porque dicho dispositivo láser con fibra óptica está controlado de manera que facilite dichos impulsos láser con una potencia de cresta superior a 1000W (1 kW).
- 40 8. Procedimiento de grabado, según una de las reivindicaciones 4 a 7, caracterizado porque dicho dispositivo láser con fibra óptica está controlado de manera que facilite dichos impulsos láser con una frecuencia comprendida entre 10 kHz y 200 kHz.
9. Procedimiento de grabado, según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque está previsto un cable óptico de modalidad baja entre un dispositivo láser y un cabezal de mecanización al que se facilitan dichos impulsos láser.
10. Procedimiento de grabado, según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicha pieza mecánica es una biela en cuya abertura principal se ha previsto grabar, simultáneamente o sucesivamente, dos ranuras diametralmente opuestas.

Fig. 1



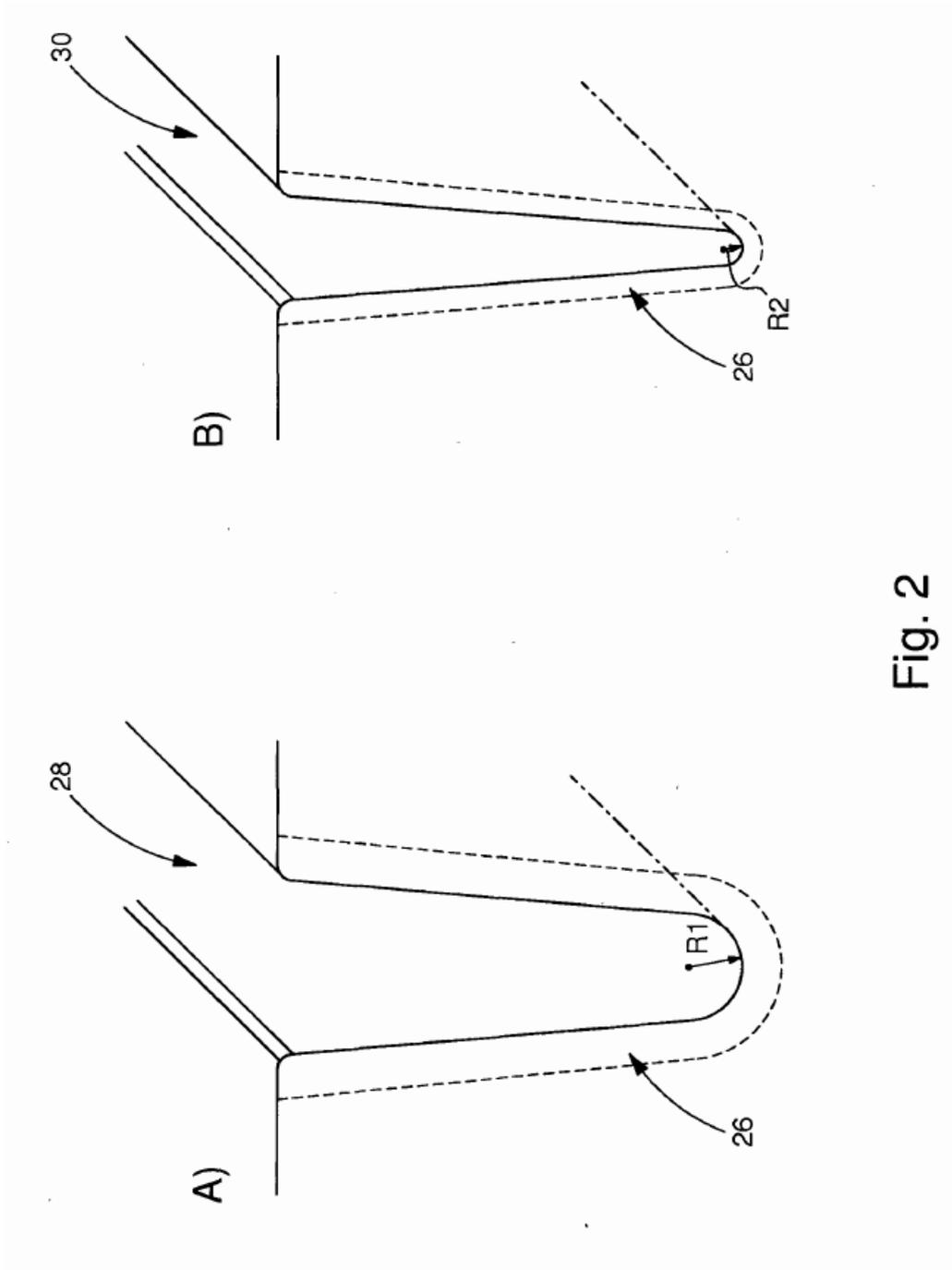


Fig. 2

Fig. 3

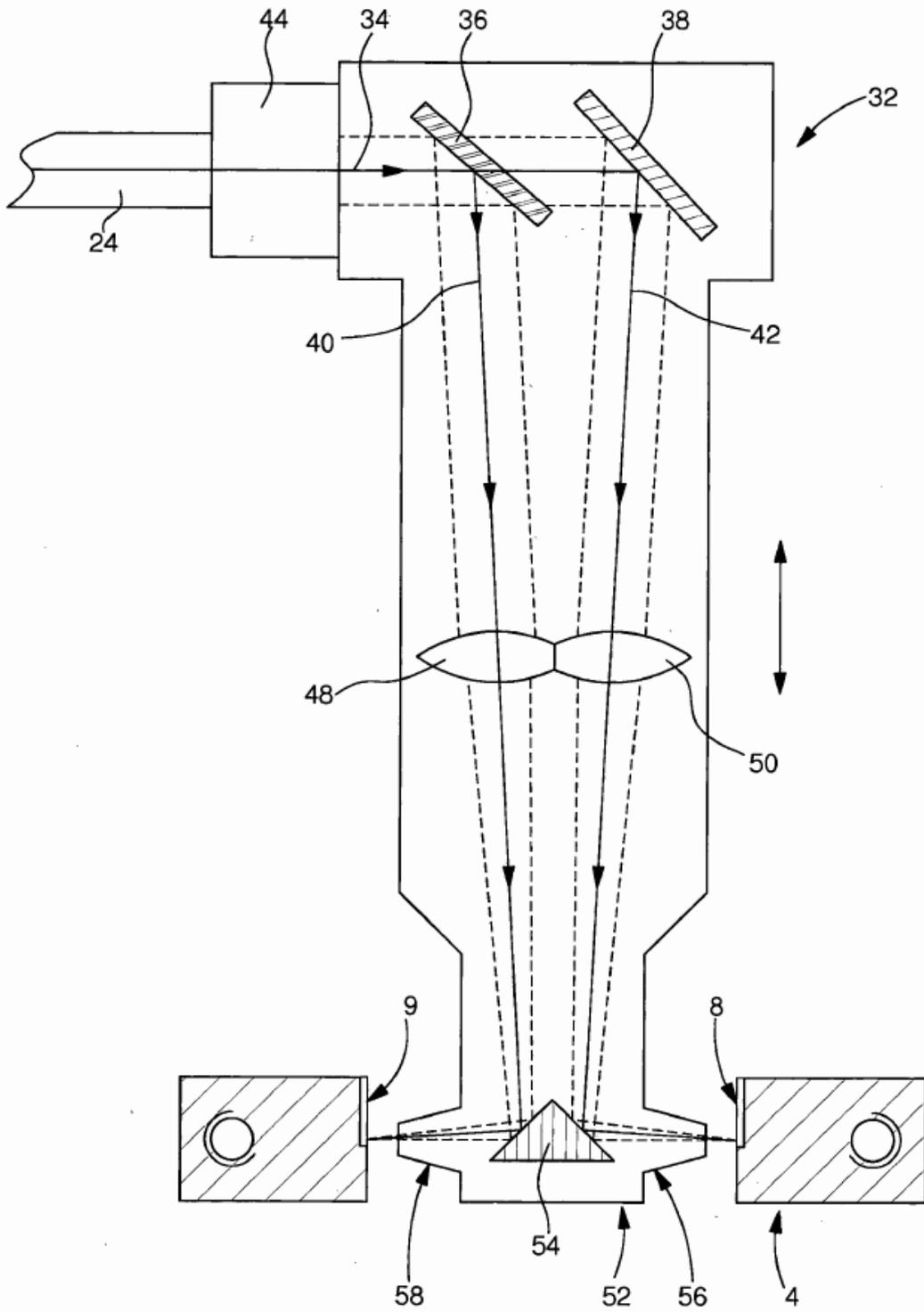


Fig. 4

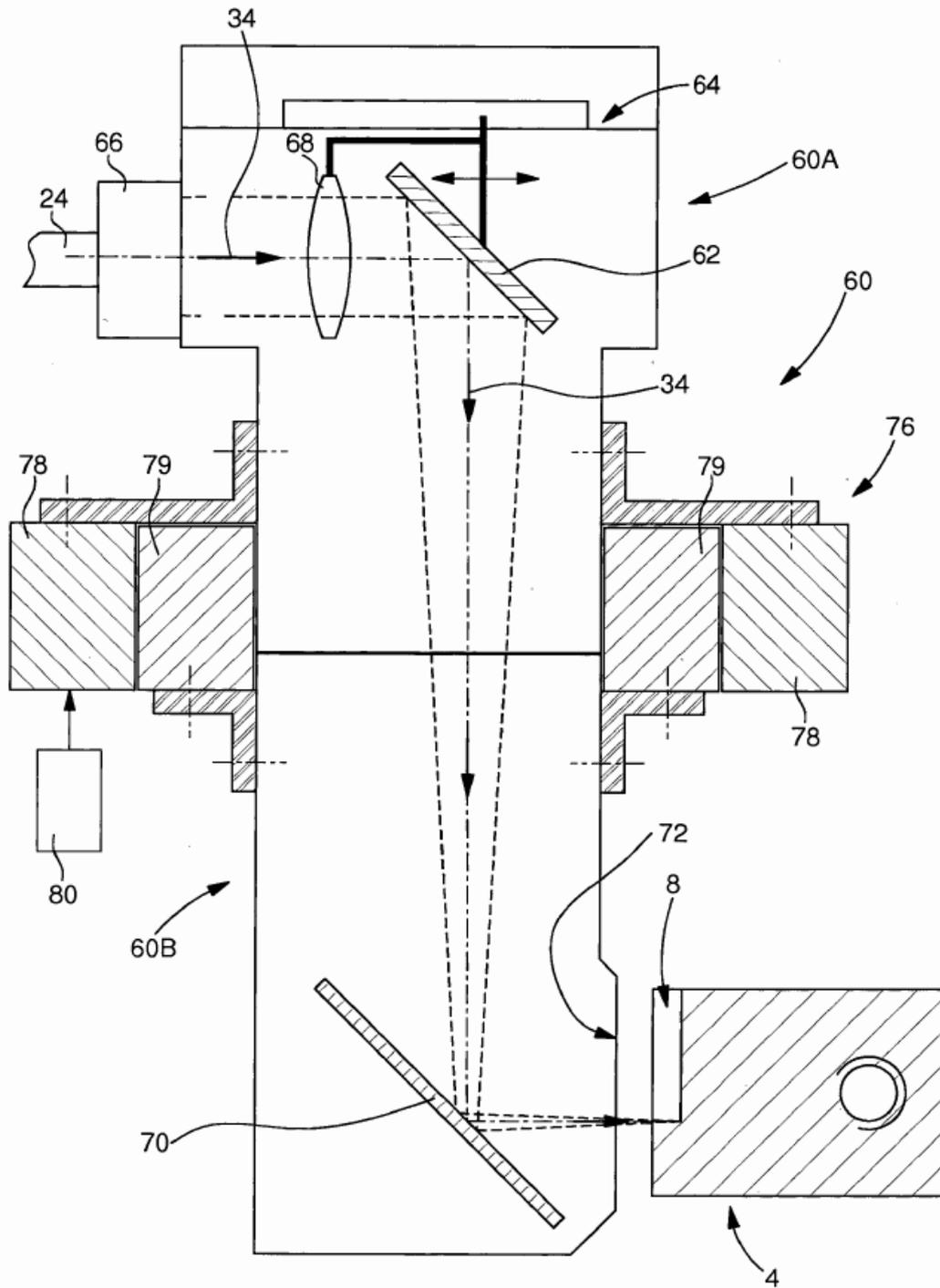


Fig. 5

