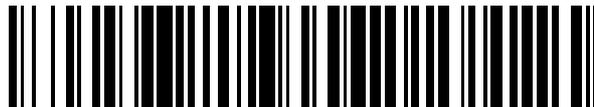


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 697 499**

51 Int. Cl.:

G05B 19/404 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.04.2016** **E 16380015 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.09.2018** **EP 3226089**

54 Título: **Método para control de vibraciones en piezas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.01.2019

73 Titular/es:

IDEKO, S.COOP. (100.0%)
Polígono Industrial de Arriaga, 2
20870 Elgoibar, Gipuzkoa, ES

72 Inventor/es:

MANCISIDOR AIZPURUA, IKER;
MUÑO A GOROSTIDI, JOKIN y
MERINO HERNÁNDEZ, RUBÉN

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 697 499 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).

DESCRIPCION

Método para control de vibraciones en piezas

5 Sector de la técnica

La presente invención está relacionada con la industria dedicada a la mecanización de piezas, y más concretamente con la industria dedicada a tratar vibraciones generadas al ser las piezas mecanizadas.

10 Estado de la técnica

Cada vez es más relevante el hecho de eliminar vibraciones en piezas durante procesos de mecanizado. Las vibraciones suponen defectos superficiales en las piezas obtenidas tras su mecanizado. Los inconvenientes aumentan, principalmente, cuando las piezas son deformables a flexión durante su mecanizado. Adicionalmente, los inconvenientes aumentan cuando las piezas tienen dificultado su desplazamiento y cuando éstas tienen geometrías que dificultan la colocación de medios para tratar de evitar que sufran vibraciones durante su mecanizado.

Para corregir los defectos superficiales actualmente se requieren etapas adicionales de mecanizado, lo cual conlleva emplear maquinaria específica para llevar a cabo dichas etapas, desplazar las piezas hasta dicha maquinaria, etc. Es decir, un coste de fabricación total mayor. A fin de minimizar los defectos superficiales, una opción empleada es incrementar el número de pasadas en el mecanizado de las piezas, siendo las pasadas de menor profundidad. Esta opción reduce las vibraciones en las piezas durante su mecanizado, sin embargo supone una considerable reducción de la productividad.

Otra opción empleada en la actualidad para minimizar los defectos superficiales consiste en emplear utillajes diseñados para rigidizar las partes flexibles de las piezas mientras son mecanizadas y evitar, en la medida de lo posible, que éstas vibren. Para que dichos utillajes resulten mínimamente efectivos, éstos deben ser dispuestos lo más cerca posible del punto de mecanizado. Esto conlleva que los utillajes tienen que ser diseñados de acuerdo a la geometría de las piezas. Este hecho conlleva una alta inversión económica en dichos utillajes, y más aún cuando las piezas son fabricadas en series pequeñas.

Estos utillajes, además, dada la necesidad de rigidizar las piezas mientras son mecanizadas lo más próximo posible al punto de mecanizado, conllevan que en muchos casos, las piezas se deformen saliéndose de geometría, y no siendo por tanto válidas. Esto supone tener que aplicar a las piezas mecanizadas adicionales para recuperarlas, o incluso rechazarlas en los casos en los que no es viable su recuperación. Estos utillajes son especialmente perjudiciales en las piezas con reducidos espesores.

Se hace por tanto necesario un método para controlar las vibraciones en las piezas durante su mecanizado que solucione los citados inconvenientes.

El documento EP1001184 muestra una máquina que realiza movimientos amplios para mecanizar una pieza. Un sensor está montado en la viga para medir vibraciones de baja frecuencia y las medidas son enviadas a un controlador. El controlador define los movimientos de un actuador interno situado también en la viga para compensar la vibración.

El documento US2012/0010744 describe un mecanismo de compensación para la vibración de un motor rotatorio de una máquina herramienta (chatter), en donde uno o varios sensores están fijados a la máquina (también puede ser en la pieza de trabajo) para detectar vibraciones. La rotación del motor es luego ajustada para evitar dicha vibración.

50 Objeto de la invención

La invención se refiere a un método para control de vibraciones en piezas que solventa los inconvenientes anteriormente citados, además de otros que se pueden derivar más adelante.

Siendo las piezas deformables a flexión al ser mecanizadas, el método comprende los pasos de seleccionar un sistema que comprende unos medios de desplazamiento, unos medios actuadores y unos medios de fijación; desplazar el sistema hasta la pieza mediante los medios de desplazamiento; fijar rígidamente los medios actuadores en la pieza mediante los medios de fijación; y ejercer una fuerza contra la pieza mediante los medios actuadores para realizar un amortiguamiento activo de las vibraciones durante el mecanizado de la pieza. De esta forma, el amortiguamiento activo de las vibraciones se realiza "in situ", es decir sin necesidad de desplazar las piezas.

Los medios de fijación fijan los medios actuadores en la pieza por magnetismo, acople neumático o acople hidráulico. De esta forma, la pieza se mantiene intacta en la fijación de los medios actuadores.

El método comprende emplear al menos un acelerómetro dispuesto para conocer las vibraciones de la pieza. De

acuerdo con esto, los medios actuadores actúan en función de las vibraciones de la pieza conocidas a través de los acelerómetros. Alternativamente, los medios actuadores actúan de acuerdo a un ancho de banda entre 20-500 Hz para llevar a cabo el amortiguamiento activo de las vibraciones durante el mecanizado de la pieza.

5 Por un lado, el método adicionalmente puede comprender obtener zonas de vibración de la pieza antes del mecanizado de la pieza mediante una primera opción que comprende aplicar un "Método de Elementos Finitos", una segunda opción que comprende realizar una observación de la pieza mientras vibra, una tercera opción que comprende llevar a cabo un análisis modal experimental de la pieza o una combinación cualquiera de estas opciones. Para aplicar tanto la segunda opción como la tercera opción, la pieza se puede hacer vibrar mediante los
10 medios actuadores.

Por otro lado, el método adicionalmente puede comprender llevar a cabo una relajación de tensiones residuales después del mecanizado de la pieza, para lo cual la pieza se hace vibrar mediante los medios actuadores.

15 Descripción de las figuras

La figura 1 muestra una vista en perspectiva de un sistema comprendiendo unos medios actuadores, el cual es adecuado para ser empleado en un método para control de vibraciones en piezas objeto de la presente invención.

20 Descripción detallada de la invención

La invención se refiere a un método para control de vibraciones, o "chatter", en piezas (1), siendo las vibraciones generadas al ser las piezas (1) mecanizadas. El método controla las vibraciones al ser aplicable de forma que permite tratar efectos negativos de dichas vibraciones antes, durante y después del mecanizado de las piezas (1).
25 De la descripción también es derivable un sistema (2) adecuado para ser empleado de acuerdo al método descrito.

El método está especialmente dirigido a ser aplicado en las piezas (1) más críticas a la hora de ser mecanizadas. De esta manera, preferentemente el método es para las piezas (1) que comprenden un espesor reducido respecto a su tamaño, es decir para las piezas (1) flexibles o con capacidad de deformación a flexión como consecuencia del mecanizado. Estas piezas (1) pueden comprender un espesor del orden de unos milímetros, además de una anchura y/o una altura del orden de decímetros o incluso metros. A modo de ejemplo, estas piezas (1) comprenden un espesor de entre 5 y 50 milímetros, frente a una anchura y una altura de entre 1 y 5 metros.

De acuerdo con la aplicación citada, el método es adecuado para las piezas (1) de un material metálico. De esta manera, el método es preferentemente para las piezas (1) de acero mecano-soldado y/o de fundición. Las piezas (1) de acero mecano-soldado habitualmente son fabricadas en series reducidas, son de peso elevado y poseen una geometría compleja que incluye espesores reducidos.

El método principalmente comprende posicionar la pieza (1) a ser mecanizada y el citado sistema (2) próximos entre sí de forma que se permite una interacción física entre el sistema (2) y la pieza (1). Para esto, el sistema (2) está configurado de forma que es compacto y portable. Esta configuración permite que un operario desplace el sistema (2) completo al mismo tiempo. El sistema (2) comprende unos medios de desplazamiento (3) para su transporte hasta la pieza (1). Preferentemente, los medios de desplazamiento (3) son unas ruedas.

El sistema (2) es compacto y portable para permitir aplicar el método no sólo en fábrica, y más concretamente en una sola planta de producción de la fábrica, puesto que el sistema (2) está configurado para ser transportable hasta donde se localiza la pieza (1). Es decir, el método se puede aplicar a la pieza (1) "in situ". Esto resulta de especial relevancia cuando las piezas (1) comprenden una localización y/o unas características físicas, tales como medidas y material, que condicionan la viabilidad de su transporte o desplazamiento.

El sistema (2) comprende unos medios actuadores (4) configurados para ejercer una fuerza de forma que realizan un amortiguamiento activo de las vibraciones. Los medios actuadores (4) comprenden uno o varios actuadores inerciales. Estos actuadores inerciales están configurados como unidades con un volumen y peso manejables por el operario. Así, los actuadores inerciales además pueden ser dispuestos en una parte cualquiera de la pieza (1), adaptándose a diferentes geometrías de las piezas (1). Cada uno de los actuadores inerciales comprende una masa, la cual es accionable para ser desplazada linealmente. De esta forma, preferentemente los medios actuadores (4) son uno o varios actuadores electromagnéticos uni-axiales.

De acuerdo con lo descrito, los medios actuadores (4) se disponen en contacto con la pieza (1). Para llevar a cabo el mecanizado en una zona (5) de una cara de la pieza (1), los medios actuadores (4) se disponen en dicha cara de la pieza (1) o en una cara opuesta de la pieza (1), lo cual implica un rendimiento mayor de dichos medios actuadores (4) en el amortiguamiento activo de las vibraciones.

Para la disposición de los medios actuadores (4) en la pieza (1), el sistema (2) comprende unos medios de fijación (6). Los medios de fijación (6) están configurados para una fijación rígida, es decir sin deformación alguna. De esta

forma se transmiten de manera efectiva interacciones entre la pieza (1) y los medios actuadores (4).

5 Los medios de fijación (6) son seleccionados en función del material, acabado o relieve superficial, y geometría de la pieza (1). Los medios de fijación (6) son seleccionados de forma que conllevan la fijación rígida de forma rápida y sencilla, a la vez que mantienen la pieza (1) intacta, es decir no conllevan una alteración o modificación estructural de la pieza (1). Los medios de fijación (6) fijan los medios actuadores (4) en la pieza (1) preferentemente por magnetismo, o por acople neumático o hidráulico.

10 De esta forma, según un ejemplo de realización, los medios de fijación (6) permiten fijar los medios actuadores (4) a la pieza (1) por magnetismo, de forma directa siendo la pieza (1) de un material ferromagnético o de forma indirecta cuando la pieza (1) es de un material no ferromagnético mediante colocación conjunta de unos elementos de material ferromagnético. Los medios de fijación (6) pueden ser imanes. Según otro ejemplo de realización, dicha fijación se realiza mediante ventosas.

15 Los medios actuadores (4) y los medios de fijación (6) aportan una flexibilidad en su disposición de forma que permiten llevar a cabo el amortiguamiento activo de las vibraciones en zonas de vibración, coincidentes o no con las zonas (5) de mecanizado, focos de las vibraciones. Las zonas de vibración son las partes de la pieza (1) que sufren desplazamientos debido al mecanizado. Esta flexibilidad maximiza aún más la eficiencia del sistema (2), lo cual conlleva un incremento de la productividad, de la calidad de las piezas (1) y de la vida útil de herramientas y máquinas de mecanizado. Las piezas (1) son obtenidas sin salirse de geometría.

20 El sistema (2) comprende una unidad de control (7). Los medios actuadores (4) y la unidad de control (7) están conectados entre sí de forma que es transmisible información entre ambos. De esta forma, mediante la unidad de control (7) se define la actuación de los medios actuadores (4), es decir frecuencia y valor nominal de la fuerza que ejercen los medios actuadores (4) en la pieza (1).

25 Según un modo de funcionamiento, los medios actuadores (4) llevan a cabo el amortiguamiento activo de las vibraciones de acuerdo a una configuración preestablecida en la unidad de control (7). Esta configuración preestablecida abarca un ancho de banda adecuado para el amortiguamiento activo de las vibraciones. Este ancho de banda preferentemente es entre 20-500 Hz.

30 Según otro modo de funcionamiento, mediante la unidad de control (7) adicionalmente se ajustan parámetros de los medios actuadores (4) de acuerdo a cada una de las piezas (1) para llevar a cabo el amortiguamiento activo de las vibraciones. Los parámetros ajustables son, por ejemplo: filtros paso alto, filtros paso bajo y la ganancia.

35 Para este otro modo de funcionamiento, el sistema (2) preferentemente comprende un acelerómetro (8), y más preferentemente varios de éstos (8) para obtener mayor número de mediciones, es decir más información. Cada uno de los acelerómetros (8) y la unidad de control (7) están conectados entre sí de forma que es transmisible a la unidad de control (7) la información captada por los acelerómetros (8). Esta información es relativa a la vibración de la pieza (1). Esta información es procesada por la unidad de control (7) para definir la actuación de los medios actuadores (4) y ajustar los parámetros de los medios actuadores (4) en función de la vibración de la pieza (1), y optimizar así el amortiguamiento activo de las vibraciones durante el mecanizado de la pieza (1). Preferentemente, la actuación y los parámetros de los medios actuadores (4) son definidos automáticamente por la unidad de control (7).

40 Los acelerómetros (8) están dispuestos en una parte fija de los medios actuadores (4) para obtener la información relativa a las vibraciones de la pieza (1). De esta manera, preferentemente en cada uno de los actuadores inerciales se encuentra dispuesto uno de los acelerómetros (8). Alternativamente, con la misma finalidad de conocer la vibración de la pieza (1) para definir la actuación de los medios actuadores (4) y ajustar los parámetros de los medios actuadores (4), los acelerómetros (8) pueden ser unidades físicamente independientes con respecto a los medios actuadores (4).

45 Cada una de las piezas (1) tiene un comportamiento propio con respecto a las vibraciones. El método adicionalmente comprende conocer dicho comportamiento de las piezas (1). De esta forma, se obtienen las zonas de vibración de las piezas (1) para determinar la disposición de los medios actuadores (4) en cada una de las piezas (1) durante el mecanizado. Para esto, el método comprende una primera opción, una segunda opción, una tercera opción o una combinación cualquiera de estas opciones.

50 Según una primera opción, el método comprende aplicar un "Método de Elementos Finitos" a un modelo 3D de la pieza (1). El modelo 3D de la pieza (1) se excita de forma que vibra y se analiza su comportamiento frente a las vibraciones. Mediante este análisis se obtienen las zonas de vibración. Los medios actuadores (4) se fijan en la pieza (1) de acuerdo a las zonas de vibración obtenidas. Con la aplicación del "Método de Elementos Finitos" se obtienen también las frecuencias de vibración de la pieza (1), mediante lo cual además se determina la actuación de los medios actuadores (4) durante el mecanizado de la pieza (1), así como sus parámetros.

65

Según una segunda opción, el operario observa la pieza (1) y obtiene las zonas de vibración. Las zonas de vibración se obtienen en base a la experiencia del operario, así como de las geometrías de la pieza (1). La disposición de los medios actuadores (4) en la pieza (1) se determina de acuerdo a las zonas de vibración obtenidas. Además de llevar a cabo la primera opción, se puede llevar a cabo la segunda opción. De esta forma, aplicar la primera opción sirve para optimizar la aplicación de la segunda opción, por ejemplo facilitando al operario la observación de la pieza (1) para obtener las zonas de vibración.

Para llevar a cabo la segunda opción, la pieza (1) puede ser excitada para facilitar la obtención de las zonas de vibración por parte del operario mediante observación de la pieza (1). En este caso, la pieza (1) se excita mediante un pre-mecanizado o mecanizado parcial de la pieza (1), manualmente por medio de, por ejemplo, un martillo dinamométrico o cualquier otro elemento a modo de "shaker", o mediante los propios medios actuadores (4). De esta forma, los medios actuadores (4) están adicionalmente configurados para ejercer un empuje de forma que la pieza (1) vibra. Mediante la unidad de control (7) se determina el empuje. Mediante la unidad de control (7) se puede variar la frecuencia y el valor nominal de dicho empuje, además de los parámetros de los medios actuadores (4), mientras se lleva a cabo dicha segunda opción.

Según una tercera opción, el método comprende llevar a cabo un análisis modal experimental de la pieza (1). En esta tercera opción la pieza (1) es excitada de forma que ésta (1) vibra. Mientras la pieza (1) vibra, mediante los acelerómetros (8) se conoce la vibración de la pieza (1). Esta información se envía a la unidad de control (7) y, acorde con dicha información, se determina la disposición y la actuación de los medios actuadores (4) durante el mecanizado de la pieza (1), así como sus parámetros.

Para llevar a cabo la tercera opción la pieza (1) es excitada de forma que vibra preferentemente mediante los medios actuadores (4), al estar dichos medios actuadores (4) adicionalmente configurados para ejercer el empuje de forma que la pieza (1) vibra. Mediante la unidad de control (7) se puede variar la frecuencia y el valor nominal del empuje, además de los parámetros de los medios actuadores (4), mientras se lleva a cabo el análisis modal. Alternativamente a los medios actuadores (4), la pieza (1) se puede excitar de forma que vibra mediante un pre-mecanizado o mecanizado parcial de la pieza (1), o manualmente por medio de, por ejemplo, un martillo dinamométrico o cualquier otro elemento a modo de "shaker".

La tercera opción se puede llevar a cabo después de la primera opción o la segunda opción. De esta forma se tiene una valoración previa al menos de las zonas de vibración, y por tanto, se disponen los medios actuadores (4), además de los acelerómetros (8), más eficientemente en la aplicación de la tercera opción para conocer el comportamiento de la pieza (1) durante su mecanizado en lo que a las vibraciones se refiere.

Tal y como ha sido descrito anteriormente, los medios actuadores (4) y los medios de fijación (6) permiten una fácil y rápida variación de la disposición de los medios actuadores (4) en la pieza (1). De esta forma, preferentemente, la disposición de los medios actuadores (4) en la pieza (1) es variada en las excitaciones de la pieza (1) para aplicar más eficientemente la segunda opción y/o la tercera opción. Con esta misma finalidad, y para la tercera opción, la disposición de los acelerómetros (8) descritos anteriormente es también variada en las excitaciones de la pieza (1).

El método adicionalmente comprende llevar a cabo una relajación de tensiones residuales tras el mecanizado, total o parcial, de la pieza (1). Esto es posible dado que el sistema (2) está adicionalmente configurado para poder excitar la pieza (1) mediante los medios actuadores (4). Dicha relajación se puede llevar a cabo siendo la disposición de los medios actuadores (4) la misma que la mantenida durante el mecanizado de la pieza (1), es decir sin requerir preparativos específicos.

Para llevar a cabo la relajación de tensiones residuales, se hace vibrar la pieza (1) de acuerdo a la frecuencia natural de la propia pieza (1), obteniéndose así un mayor efecto de vibración. Dicha vibración se le induce a la pieza (1) mediante los medios actuadores (4) y la unidad de control (7), de forma que se acumula calor en la pieza (1) causando un incremento infinitesimal de la temperatura en el interior de la pieza (1). Transmitir o inducir estas vibraciones a la pieza (1) supone transmitir a la pieza (1) una energía mediante la cual dislocaciones generadas por las vibraciones en el mecanizado se reposicionan y pasan a un nivel de tensiones menor. Así, las tensiones residuales se reducen en la pieza (1) mejorando el acabado superficial.

El sistema (2) comprende unos medios de interacción (9) entre el operario y la unidad de control (7), la cual recopila y procesa datos generados en la aplicación del método, los cuales incluyen por ejemplo la información recopilada por los acelerómetros (8). Dichos medios de interacción (9) comprenden un dispositivo de visualización de los datos generados, además de un dispositivo de entrada de información para gestionar las etapas descritas en función del deseo del operario y los requerimientos de la pieza (1) para el amortiguamiento activo de las vibraciones de forma que se obtiene la pieza (1) válida tras su mecanizado.

El sistema (2) adicionalmente comprende unos medios de alimentación energética (10). Estos medios (10) comprenden una unidad de alimentación para autoabastecerse energéticamente, por ejemplo una batería, y/o una toma de alimentación para ser abastecido energéticamente mediante una fuente de energía eléctrica, como por

ejemplo un generador portable.

REIVINDICACIONES

- 1.- Método para control de vibraciones en piezas (1), siendo las piezas (1) deformables a flexión al ser mecanizadas, caracterizado por que comprende los pasos de:
- 5 – seleccionar un sistema (2) que comprende unos medios de desplazamiento (3), unos medios actuadores (4) y unos medios de fijación (6);
- desplazar el sistema (2) hasta la pieza (1) mediante los medios de desplazamiento (3);
- fijar rígidamente los medios actuadores (4) en la pieza (1) mediante los medios de fijación (6); y
- 10 – ejercer una fuerza contra la pieza (1) mediante los medios actuadores (4) para realizar un amortiguamiento activo de las vibraciones durante el mecanizado de la pieza (1).
- 2.- Método según la reivindicación 1, caracterizado por que los medios de fijación (6) fijan los medios actuadores (4) en la pieza (1) por magnetismo, acople neumático o acople hidráulico de forma que se mantiene la pieza (1) intacta.
- 15 3.- Método según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que adicionalmente comprende emplear al menos un acelerómetro (8) dispuesto para conocer las vibraciones de la pieza (1).
- 4.- Método según la reivindicación 3, caracterizado por que los medios actuadores (4) actúan en función de las vibraciones de la pieza (1).
- 20 5.- Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que los medios actuadores (4) actúan de acuerdo a un ancho de banda entre 20-500 Hz para llevar a cabo el amortiguamiento activo de las vibraciones durante el mecanizado de la pieza (1).
- 25 6.- Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que adicionalmente comprende obtener zonas de vibración de la pieza (1) antes del mecanizado de la pieza (1) mediante aplicación de un “Método de Elementos Finitos”.
- 30 7.- Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que adicionalmente comprende obtener zonas de vibración de la pieza (1) antes del mecanizado de la pieza (1) mediante observación de la pieza (1) mientras vibra.
- 35 8.- Método según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 7, caracterizado por que adicionalmente comprende obtener zonas de vibración de la pieza (1) antes del mecanizado de la pieza (1) mediante un análisis modal experimental de la pieza (1).
- 40 9.- Método según la reivindicación 7, caracterizado por que se hace vibrar la pieza (1) mediante los medios actuadores (4) para llevar a cabo la observación.
- 45 10.- Método según la reivindicación 8, caracterizado por que se hace vibrar la pieza (1) mediante los medios actuadores (4) para llevar a cabo el análisis modal experimental de la pieza (1).
- 50 11.- Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado por que adicionalmente comprende llevar a cabo una relajación de tensiones residuales después del mecanizado de la pieza (1).
- 12.- Método según la reivindicación 11, caracterizado por que para llevar a cabo la relajación de tensiones residuales se hace vibrar la pieza (1) mediante los medios actuadores (4).

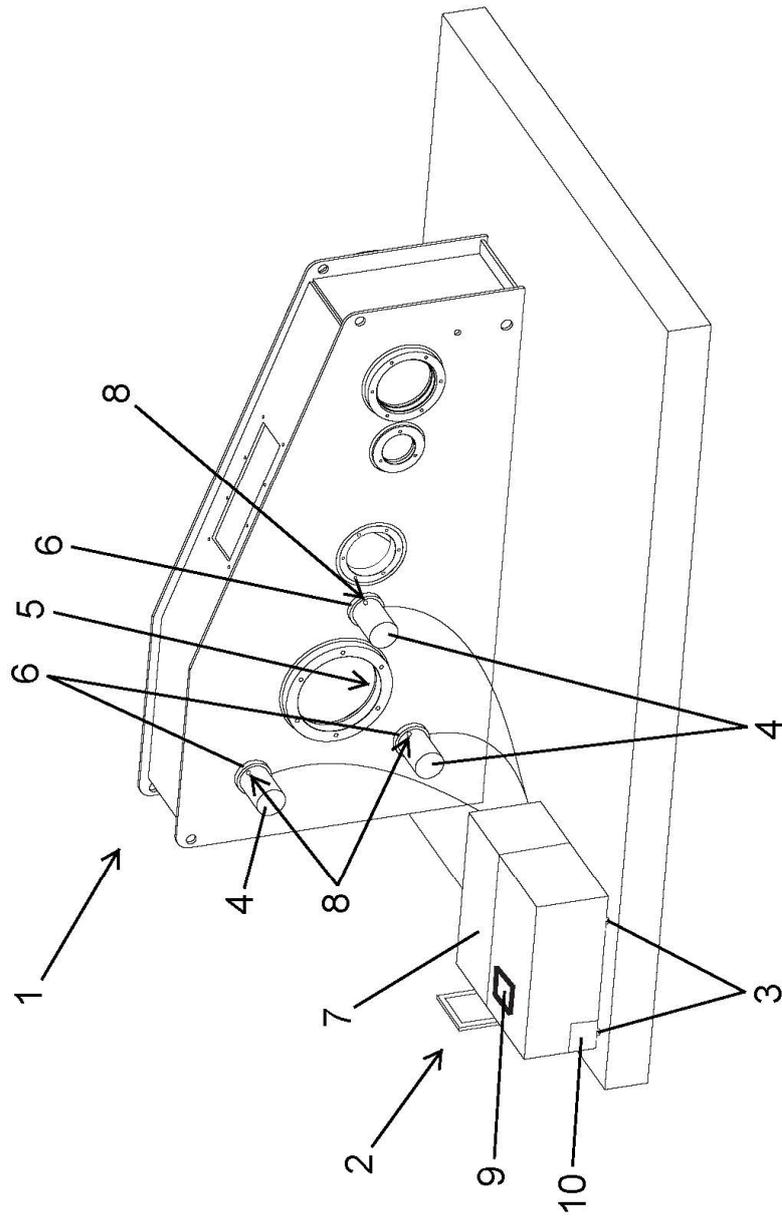


Fig. 1