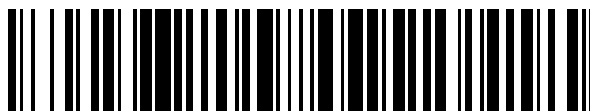


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 586 810**

51 Int. Cl.:

**B23K 26/14** (2006.01)

**F16K 11/07** (2006.01)

**F16K 31/00** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.11.2009** **PCT/EP2009/008009**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.05.2010** **WO10054792**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.11.2009** **E 09759876 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.06.2016** **EP 2344296**

54 Título: **Máquina para el mecanizado de una pieza de trabajo mediante un rayo láser**

30 Prioridad:

**14.11.2008 DE 102008057415**

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

**19.10.2016**

73 Titular/es:

**HOERBIGER AUTOMATISIERUNGSTECHNIK  
HOLDING GMBH (100.0%)  
Südliche Römerstrasse 15  
86972 Altenstadt, DE**

72 Inventor/es:

**SCHROBENHAUSER, MAX y  
RAUSCH, GÜNTHER**

74 Agente/Representante:

**RIERA BLANCO, Juan Carlos**

ES 2 586 810 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

Máquina para el mecanizado de una pieza de trabajo mediante un rayo láser

La presente invención se refiere a una máquina para el mecanizado de una pieza de trabajo mediante un rayo láser, en particular para el corte por láser de metales, que comprende un portapiezas, una unidad de mecanizado por láser, una  
 5 unidad de accionamiento para el movimiento de la unidad de mecanizado por láser y del portapiezas uno con respecto a otro, un control de máquina y un dispositivo de suministro de gas, presentando el dispositivo de suministro de gas al menos una fuente de gas, una boquilla de gas asociada a la unidad de mecanizado por láser, una disposición de líneas que conecta la boquilla de gas con la al menos una fuente de gas y al menos una válvula de regulación de presión proporcional dispuesta en ésta, conectada con la unidad de control de gas.

10 Mediante un rayo láser se pueden realizar diferentes mecanizados de distintos materiales. Por ejemplo, se conocen procedimientos para la soldadura por láser, para el corte por láser y para el rotulado por láser, en particular del metal. La densidad energética del rayo láser focalizado es suficiente para fundir o incluso evaporar el material.

Para evitar un deterioro de la óptica láser o menoscabo de sus propiedades ópticas se requiere una evacuación fiable de las sustancias que se originan durante el mecanizado del material mediante el rayo láser. Para ello un chorro de gas  
 15 a alta velocidad se orienta hacia la zona del mecanizado por láser, con cuya finalidad las máquinas de mecanizado por láser del tipo que aquí nos ocupa presentan un dispositivo de suministro de gas equipado de una boquilla de gas. A este respecto, en determinados procedimientos de mecanizado por láser es importante poder adaptar la velocidad del chorro de gas a la operación de mecanizado específica; sobre todo esto es válido para el corte por láser donde la velocidad del gas en primer lugar es menor, a saber, antes de que el rayo láser atraviere completamente el espesor de  
 20 material, que durante el corte siguiente continuado del material a lo largo de la línea de corte. A este respecto, la válvula de regulación de presión proporcional del dispositivo de suministro de gas prevista en máquinas genéricas sirve para el ajuste de la velocidad del chorro de gas que abandona la boquilla de gas. Dado que el tipo de gas también influye en el resultado del mecanizado del material que se realiza mediante el rayo láser, la unidad de suministro de gas de máquinas genéricas comprende en parte varias fuentes de gas que proporcionan gases diferentes.

25 Con vistas a todo el estado de la técnica representado anteriormente son pertinentes, por ejemplo, los documentos JP 08174261 A, KR 1020060059652 A, DE 102005028243 A1, DE 69317313 T3, DE 202007015908 U1, DE 102005049010 A1, DE 10154352 A1, DE 60216996 T2 y WO 2004/087362 A2.

A este respecto, el documento mencionado en último término divulga una máquina semejante para el mecanizado de una pieza de trabajo mediante un rayo láser, en el que para el control del flujo de gas a través de la boquilla de gas  
 30 asociada a la unidad de mecanizado por láser puede estar prevista una válvula de regulación de circulación proporcional o una servoválvula de regulación. A este respecto, la última puede estar realizada en particular como válvula de regulación de circulación neumática, controlándose la válvula de regulación de circulación en función de la presión del gas.

El documento US 6.715.731 B1 divulga una válvula eléctrica operada directamente que presenta una unidad de accionamiento piezoeléctrica, que comprende al menos un transductor de flexión piezoeléctrico sujeto de un lado y  
 35 mediante la que se opera directamente un cuerpo de válvula. A este respecto, la unidad de accionamiento piezoeléctrica puede comprender en particular dos transductores de flexión piezoeléctricos orientados en sentido contrario.

El documento DE 102007008567 A1 divulga un dispositivo de ajuste con un actuador piezoeléctrico y una disposición de amplificación de carrera que trabaja de forma hidráulica. La carrera, comparablemente pequeña, del actuador  
 40 piezoeléctrico se aumenta mediante la disposición de amplificación de carrera hidráulica (o hidrostática), para provocar una regulación correspondiente del pistón de control de la válvula. La función de este dispositivo de ajuste presupone obligatoriamente un fluido de presión incompresible para la amplificación de carrera mencionada.

Frente al estado de la técnica genérico representado más arriba, la presente invención tiene el objetivo de proporcionar  
 45 una máquina del tipo especificado al inicio, que se destaque por un potencial de potencia especialmente elevado. Sobre todo se pretende posibilitar, en el interés de duraciones de mecanizado lo más cortas posibles, un mecanizado del material mediante un rayo láser con una dinámica realizable o no realizada hasta ahora y/o, en el interés de una calidad aun más mejorada del producto, una precisión reforzada del mecanizado del material mediante un rayo láser.

Este objetivo se consigue según la presente invención en tanto que, en una máquina genérica para el mecanizado de  
 50 una pieza de trabajo mediante un rayo láser, la válvula de regulación de presión proporcional comprende una etapa preliminar piezoneumática y una etapa de potencia neumática operada por ésta. Un modo de realización semejante de la válvula de regulación de presión proporcional constituye de manera absolutamente sorprendente la clave a una serie de posibilidades que repercuten, según se representa a continuación en detalle, en una mejora sustancial de distintas características de potencia relevantes en la práctica de la máquina.

Una primera posibilidad que se produce con la aplicación de la presente invención consiste en que la válvula de regulación de presión proporcional está dispuesta en la unidad de mecanizado por láser, es decir, en el caso de un movimiento de la unidad de mecanizado por láser se mueve junto con ésta. Ya que el peso de la válvula de regulación de presión proporcional se puede reducir frente al estado de la técnica mediante su modo de realización con una etapa preliminar piezoneumática y una etapa de potencia neumática operada por ésta, por lo que una disposición o colocación de la válvula de regulación de presión proporcional directamente en la unidad de mecanizado por láser no repercute negativamente en la dinámica de la máquina. En las máquinas según la presente invención, la unidad de mecanizado por láser se puede mover por consiguiente con una dinámica sustancialmente más elevada que en una disposición de una válvula de regulación de presión proporcional controlada por imán, claramente más pesada en la unidad de mecanizado por láser. Y comparado con una disposición estacionaria de la válvula de regulación de presión proporcional, es decir, una disposición en la que ésta no se desplaza conjuntamente con la unidad de mecanizado por láser, sino mejor dicho está conectada a través de un tubo u otra línea de gas flexible con la boquilla de gas dispuesta en la unidad de mecanizado por gas, se produce una precisión sustancialmente mejorada del mecanizado; entonces el chorro de gas que sale de la boquilla de gas, porque no se requieren líneas de gas deformables y se puede reducir el espacio muerto entre la válvula de regulación de presión proporcional y de la boquilla de gas, se puede adaptar mucho más exactamente al rayo láser y el mecanizado del material realizado actualmente por éste. Esto es válido tanto con vistas a la respectiva velocidad de salida ajustable del chorro de gas, como también con vistas al tipo de gas, es decir, un cambio de gas dentro de la operación de mecanizado. También un cambio de gas especialmente rápido o una modificación no solo especialmente exacta, sino también especialmente rápida de la velocidad del chorro de gas que abandona la boquilla de gas, también son de nuevo aspectos de la dinámica de mecanizado especialmente elevada, posibilitada con la aplicación de la presente invención. En el sentido de los aspectos representados anteriormente se destaca un perfeccionamiento especialmente preferente de la invención porque la válvula de regulación proporcional está dispuesta especialmente cerca de una boquilla de gas colocada en la unidad de mecanizado por láser, preferentemente en su entorno inmediato.

También es especialmente ventajoso para la aplicación práctica de máquinas según la invención para el mecanizado por láser de piezas de trabajo que, debido al modo de realización según la invención de la válvula de regulación de presión con una etapa preliminar piezoneumática, es posible un funcionamiento de la válvula de regulación de presión con una tensión de funcionamiento de 24 V, siendo la absorción de potencia eléctrica de la etapa preliminar piezoneumática menor de 50 mW, preferentemente como máximo de 30 mW, incluso con elevadas líneas de conmutación en el lado de potencia.

Según un perfeccionamiento preferente de la invención, las posibilidades proporcionadas por la presente invención se usan especialmente cuando una salida de presión de control de la etapa preliminar piezoneumática actúa directamente en la etapa de potencia neumática. Sobre todo se puede implementar de este modo una válvula de regulación de presión proporcional especialmente compacta, dado que de manera ideal es apropiada para el alojamiento en una unidad de mecanizado por láser. A este respecto, desde el mismo punto de vista es especialmente favorable que la etapa preliminar piezoneumática comprenda una válvula proporcional piloto piezoneumática adosada directamente en la carcasa de la etapa de potencia neumática. En un perfeccionamiento preferente, ésta puede comprender de nuevo una carcasa con un transductor de flexión piezoeléctrico, dispuesto en ella, modificable en posición entre una boquilla de entrada y una boquilla de evacuación de aire. A este respecto, es ventajoso que el espacio interior de la carcasa de la válvula proporcional piloto piezoneumática se comunique con la etapa de potencia neumática, para actuar directamente en ésta en el sentido representado arriba.

La carcasa de la válvula proporcional piloto piezoneumática puede estar alojada en un encapsulado, en cuyo espacio interior desemboca la abertura de evacuación de aire de la válvula proporcional piloto piezoneumática, presentando el encapsulado una abertura de salida con una gran sección transversal respecto a la boquilla de evacuación de aire. Un encapsulado semejante protege la abertura de evacuación de aire de la válvula proporcional piloto frente a las influencias del flujo que podrían menoscabar la reproducibilidad de la curva característica de regulación de la válvula de regulación de presión proporcional y, de esta manera, contribuye a una precisión especialmente elevada. Simultáneamente gracias al dimensionado de la abertura de salida del encapsulado en relación grande respecto a la boquilla de evacuación de aire se impide un establecimiento de presión indeseado dentro del encapsulado, que podría conducir igualmente a un menoscabo de la reproducibilidad de la curva característica de regulación de la válvula de regulación de presión proporcional. El encapsulado puede recibir al menos una parte de los componentes electrónicos de la unidad de control de gas, de modo que éstos también están alojados protegidos pese a su cercanía directa a la válvula de regulación de presión proporcional.

Si la etapa preliminar piezoneumática comprende en el sentido del perfeccionamiento explicado anteriormente de la invención una válvula proporcional piloto piezoneumática, adosada directamente en la carcasa de la etapa de potencia neumática, entonces, según otro nuevo perfeccionamiento de la invención, la boquilla de entrada de la válvula proporcional piloto piezoneumática está conectada a través de una abertura en su carcasa con un orificio de gas de control dispuesto en la carcasa de la etapa de potencia neumática. De este modo se puede usar la estática de la carcasa de la etapa de potencia neumática para una conexión del gas de control con la válvula proporcional piloto

piezoneumática. Para la clarificación se remite en este contexto a que como gas de control de la válvula proporcional piloto piezoneumática entra en consideración básicamente cualquier gas y cualquier mezcla de gases (por ejemplo, también aire). En particular entra en consideración que la válvula proporcional piloto piezoneumática se hace funcionar con un gas disponible de todos modos en el dispositivo de suministro de gas, en particular en tanto que el orificio de gas de control explicado anteriormente está conectado a través de un regulador de presión de admisión, que puede ajustar por ejemplo a 1,2 bares en la válvula proporcional piloto, con una fuente de gas a alta presión del dispositivo de suministro de gas. Otra opción consiste en que el orificio de gas de control esté conectado con una fuente de medio de presión separada, diferente del dispositivo de suministro de gas.

Con respecto al modo de realización de la etapa de potencia neumática, un perfeccionamiento preferente de la invención se destaca porque la etapa de potencia neumática presenta una entrada, una salida y un pistón de control guiado axialmente de forma desplazable en un orificio de pistón de control, que presenta al menos un primer borde de control que coopera con un segundo borde de control correspondiente, fijo a la carcasa, definiendo el primer y el segundo borde de control una hendidura de control variable dispuesta en el recorrido de flujo entre la entrada y la salida. En una configuración semejante se puede implementar ventajas especiales, según se representa a continuación en detalle. Entonces, por ejemplo, en tanto que el segundo borde de control está dispuesto en la zona de la abertura de la salida hacia el orificio de pistón de control, el pistón de control se puede guardar de cualquier menoscabo por parte del gas que se expande en la hendidura de control; ya que la expansión con su inquietud considerable del flujo se realiza en la salida de la etapa de potencia neumática, es decir, en la zona fija a la carcasa, de modo que se impide una repercusión sobre el pistón de control. En la zona del pistón de control siempre se aplica entretanto la presión constante del gas proporcionado. Esto produce una elevada precisión de la reproducibilidad de la curva característica de regulación. Además, según otra forma de realización preferente, contribuye a ello que la superficie de la sección transversal de la abertura de la entrada hacia el orificio de pistón de control sea mayor que la superficie de sección transversal de la abertura de la salida hacia el orificio de pistón de control.

Si la etapa de potencia neumática presenta en este sentido un pistón de control y la etapa preliminar piezoneumática comprende un transductor de flexión piezoeléctrico, entonces la relación de multiplicación del movimiento del transductor de flexión eléctrico respecto al recorrido de ajuste del pistón de control puede ser en todo caso por zonas por lo menos de 1:50, más o menos preferentemente 1:100 o más, mediante la selección apropiada de los parámetros de diseño decisivos. Esto es una relación especialmente favorable con vistas a la característica de regulación.

Con vistas a una ventilación rápida de la línea de gas entre la válvula de regulación de presión proporcional y la boquilla de gas y por consiguiente la posibilidad de un cambio de gas especialmente rápido es ventajoso que la etapa de potencia neumática presente una ventilación y el pistón de control un tercer borde de control, que coopera con un cuarto borde de control correspondiente, fijo a la carcasa, definiendo el tercer y el cuarto borde de control una segunda hendidura de control variable dispuesta en el recorrido de flujo entre la salida y la ventilación. En este sentido también es favorable que el cuarto borde de control esté dispuesto en la zona de la abertura de la salida hacia el orificio de pistón de control. Y aquí también es válido de nuevo con respecto a las ventajas obtenibles con ello, explicadas anteriormente en relación con la conexión de la entrada con la salida, que la superficie de sección transversal de la abertura de la ventilación hacia el orificio de pistón de control sea preferentemente mayor que la superficie de sección transversal de la abertura de la salida hacia el orificio de pistón de control.

Si la etapa de potencia neumática comprende en el sentido del perfeccionamiento explicado anteriormente de la invención una entrada, una salida, una ventilación y un pistón de control guiado axialmente de forma desplazable en un orificio de pistón de control, que presenta un primer borde de control que coopera con un segundo borde de control fijo a la carcasa y un tercer borde de control que coopera con un cuarto borde de control fijo a la carcasa, entonces según otro perfeccionamiento especialmente preferente de la invención, la característica de regulación de flujo durante la ventilación de la salida se diferencia de la característica de regulación de flujo durante la abertura de la válvula proporcional mediante la conexión de la salida con la entrada gracias a un perfilado correspondiente del primer y/o el segundo borde de control. Sobre todo, en este sentido, el tercer y el cuarto borde de control pueden ser más cortantes que el primer y/o el segundo borde de control, en particular en tanto que el primer y/o el segundo borde de control están achaflanados. En una configuración semejante de la máquina es posible un ajuste especialmente sensible y preciso de la presión aplicada en la salida de la válvula de regulación de presión y por consiguiente en la boquilla de gas. A la inversa, mediante el modo de realización relativamente cortante del tercer y cuarto borde de control, comparado con el primer y segundo borde de control, durante la ventilación de la salida se puede implementar una reducción brusca de la presión dentro de la línea de gas corriente abajo de la válvula de regulación de presión, lo que es muy ventajoso con vistas a la posibilidad de un cambio de gas especialmente rápido.

Más arriba ya se ha expuesto que de forma especialmente preferente una salida de presión de control de la etapa preliminar piezoneumática actúa directamente en la etapa de potencia neumática. Con vistas a la configuración constructiva de una actuación directa semejante en la etapa de potencia neumática mediante la etapa preliminar piezoneumática existen distintas posibilidades que presentan diferentes ventajas y por ello se pueden usar preferentemente según las condiciones límite específicas. Si la etapa de potencia neumática comprende en el sentido

de los modos de realización arriba mencionados un pistón de control desplazable axialmente en un orificio de pistón de control, entonces en particular la superficie frontal del pistón de control puede limitar un espacio de control que está conectado directamente con la salida de presión de control de la etapa preliminar piezoneumática. De este modo se produce un modo constructivo especialmente compacto de la válvula de regulación de presión; sin embargo, se plantean requisitos muy elevados en el guiado lo más hermético posible y aún así sin fricción del pistón de control en el orificio de pistón de control. Como alternativa posible entra en consideración, por ejemplo, que sobre el pistón de control actúe un empujador de accionamiento, que está en conexión con un transductor de presión / recorrido conectado con la salida de presión de control de la etapa preliminar piezoneumática. Mediante el transductor de presión / recorrido, que de manera usual puede presentar una membrana, se realiza una separación de gas entre la etapa preliminar piezoneumática y la etapa de potencia neumática.

Son válidos puntos de vista correspondientes para un movimiento del pistón de control, es decir, típicamente su retroceso. Aquí también se pueden implementar varias posibilidades con ventajas individuales. Así en particular el pistón de control se puede someter a un resorte de retroceso en el lado opuesto al espacio de control o al empujador de accionamiento. O la superficie frontal del pistón de control opuesta al espacio de control o al empujador de accionamiento delimita un espacio de control de retroceso, que está conectado con la salida de presión de control de una válvula piloto de retroceso piezoneumática. Según otro nuevo perfeccionamiento, un empujador de retroceso, que está en conexión con un transductor de presión / recorrido conectado con la salida de presión de control de una válvula piloto de retroceso piezoneumática, actúa sobre el pistón de control en el lado opuesto al espacio de control o al empujador de accionamiento.

Preferentemente el pistón de control de la etapa de potencia neumática, en tanto que está previsto un pistón de control semejante, es capaz de una marcha en seco. En este caso se puede prescindir de medios de lubricación o deslizamiento de cualquier tipo. Esto representa, dado que debido a ello no se pueden entregar medios de lubricación o deslizamiento con el gas desde la válvula de regulación de presión, un aspecto esencial de la protección de la óptica láser frente a impurezas. A este respecto, el pistón de control se compone de forma especialmente preferente de un metal ligero, preferentemente de aluminio; y en una configuración ventajosa se recubre superficialmente con un derivado de teflón. Un diseño semejante es ventajoso con vistas a una elevada dinámica de regulación y una reproducibilidad especialmente buena de la característica de regulación. Dentro de un amplio espectro de temperaturas se puede garantizar una reproducibilidad especialmente buena de la característica de regulación, sobre todo porque el pistón de control está guiado en un casquillo de control insertado en una carcasa de válvula, en el que está realizado el orificio de pistón de control y que preferentemente se compone del mismo o un material afín al pistón de control y en particular puede estar revestido superficialmente con un derivado de teflón. Si en el sentido representado anteriormente está previsto un casquillo de control, entonces éste presenta preferentemente hacia el orificio de pistón de control un paso de entrada, un paso de salida y un paso de ventilación, que se comunican con la entrada, la salida o la ventilación de la válvula de regulación de presión.

De nuevo existen considerables posibilidades de diseño para el modo de realización de una regulación de la válvula de regulación de presión que constituye una parte de la unidad de control de gas. En este sentido entra en consideración en particular que la unidad de control de gas comprende una etapa de regulación puramente digital. Esto ofrece en particular la posibilidad de predeterminar relaciones de regulación no lineales y/o curvas características de regulación individuales con simultáneamente tiempos de reacción y regulación mínimos. A este respecto, la etapa de regulación de la unidad de control de gas se puede comunicar en particular, prescindiendo de una interfaz analógica, a través de una interfaz de comunicación digital unidireccional o bidireccional con el control de máquina. Se producen otras opciones especialmente ventajosas, como en particular la posibilidad de modificar de forma adaptada a las necesidades el juego de parámetros de la válvula de regulación de presión proporcional por parte del control de máquina y compararlo con el proceso actual. Además, es especialmente favorable que la válvula de regulación de presión proporcional disponga de una función de autodiagnóstico y reconozca automáticamente las modificaciones del tramo de regulación.

A este respecto, para casos de aplicación típicos es suficiente incluso que la unidad de control de gas comprenda una regulación de presión pura, es decir, se prescinda de una regulación de posición del pistón de control o de un elemento de control comparable y se regule directamente la presión que reina en la salida de la válvula de regulación de presión. Sin embargo, también entra en consideración otra configuración de la etapa de regulación, por ejemplo, en tanto que la unidad de control de gas comprende una regulación de presión / posición combinada, en la que en particular está previsto un sensor de ajuste de pistón conectado con la unidad de control de gas, que detecta la posición del pistón de control.

Con vistas a una interconexión técnica directa respecto al control de la unidad de control de gas con el control del accionamiento de la unidad de mecanizado por láser, el control de máquina presenta preferentemente un presostato en el que se aplica la presión que reina en la salida de la válvula de regulación proporcional y actúa sobre un accionamiento de ajuste para la unidad de mecanizado por láser. De este modo se puede acoplar, en el interés de una elevada dinámica del proceso, el movimiento de la unidad de mecanizado por láser directamente con el flujo de gas

que abandona la boquilla de gas.

En la disposición de líneas de las máquinas para el mecanizado por láser de piezas de trabajo, corriente arriba de la válvula de regulación de presión proporcional puede estar dispuesta al menos una válvula de conmutación, mediante la que se puede bloquear la fuente de gas por la otra disposición de líneas. Esto es válido sobre todo en el caso de que esté prevista una multiplicidad de fuentes de gas, estando asociada luego preferentemente a cada fuente de gas una válvula de conmutación propia. Las válvulas de conmutación semejantes también están realizadas de manera especialmente preferente de forma electropneumática, y a saber con un accionamiento piezoeléctrico o electromagnético. De este modo el resultado obtenible en los lados de la regulación de presión de gas no se menoscaba por un modo de realización desfavorable de las válvulas de conmutación. Mejor dicho, en este caso, las válvulas de conmutación se pueden adaptar a la válvula de regulación de presión proporcional de manera favorable para el resultado de potencia de la máquina. A este respecto, las válvulas de conmutación están realizadas de manera especialmente preferente de forma fija al flujo inverso; esto hace superfluo el uso de válvulas de retención que se requieren en una fuente de gas que aprovisiona otro gas según el estado de la técnica para evitar un flujo inverso de un gas que está presente en la válvula de regulación de presión proporcional.

Las máquinas para el mecanizado por láser de piezas de trabajo permiten parámetros de funcionamiento, que se diferencian sustancialmente de los parámetros de funcionamiento obtenibles hasta ahora. Así en particular la etapa de potencia neumática puede presentar un rango de funcionamiento de (en parte claramente) por encima de 20 bares, por ejemplo hasta 30 bares o todavía por encima. Esto posibilita aplicaciones que no se pudieron implementar hasta ahora. En las máquinas realizables con la aplicación técnica de la invención, el tiempo de reacción de la válvula de regulación de presión proporcional también puede estar por debajo de 200 ms, preferentemente como máximo 150 ms y/o estar regulada el 90 % de la modificación de presión en el lado de salida de la válvula de regulación proporcional en el intervalo de como máximo 100 ms, lo que posibilita igualmente nuevas aplicaciones y resultados de trabajo debido a la dinámica ligada a ello, no obtenible hasta ahora. La posible reducción del volumen muerto entre la válvula de regulación de presión proporcional y la boquilla de gas a como máximo 1200 mm<sup>3</sup>, preferentemente como máximo 600 mm<sup>3</sup>, produce, según se ha representado ya más arriba, una dinámica y precisión de proceso aumentada sustancialmente respecto al estado de la técnica. En este sentido surte efecto igualmente que el peso de los componentes del dispositivo de suministro de gas dispuestos en la unidad de mecanizado por láser pueda ser de como máximo 1500 g, preferentemente menos de 1000 g. Dado que el modo de realización de la válvula de presión posibilita, según se representa en detalle, en particular la facilitación de máquinas genéricas para el mecanizado por láser de piezas de trabajo con una regulación precisa y muy dinámica de elevadas potencias de gas, se abren los campos de uso con flujos de gas necesarios muy elevados, siendo la sección transversal de flujo de la boquilla de gas preferentemente hasta 5,7 mm<sup>2</sup>, de manera especialmente preferente incluso hasta 7 mm<sup>2</sup> con presiones de gas por encima de 20 bares, en particular hasta 30 bares, lo que en el modo de realización de la boquilla de gas con una sección transversal de flujo redonda se corresponde con un diámetro de preferentemente hasta 2,7 mm, de manera especialmente preferente hasta 3 mm. No existe una sección transversal mínima de la boquilla de gas; sin embargo, surten efecto ventajas especiales solo desde un diámetro mínimo de la boquilla de gas de aproximadamente 0,8 mm a 1 mm.

A continuación se explican más en detalle aspectos especiales de la presente invención mediante ejemplos de realización preferentes ilustrados en el dibujo. A este respecto muestra:

Fig. 1 un diagrama de bloques del dispositivo de suministro de gas de una máquina según la invención para el mecanizado por láser de piezas de trabajo,

Fig. 2 la vista en detalle de la válvula de regulación de presión proporcional utilizada en el dispositivo de suministro de gas según la fig. 1,

Fig. 3 una representación esquemática de un detalle de la válvula de regulación de presión según la fig. 2,

Fig. 4 una representación esquemática de otro detalle de la válvula de regulación de presión según la fig. 2,

Fig. 5 una representación esquemática de una modificación del detalle mostrado en la fig. 4 de la válvula de regulación de presión según la fig. 2,

Fig. 6 en representación esquemática una modificación de la válvula de regulación de presión según la fig. 2,

Fig. 7 en representación esquemática otra modificación de la válvula de regulación de presión según la fig. 2,

Fig. 8 en una vista esquemática una primera posibilidad de la disposición de la válvula de regulación de presión según la fig. 2, y

Fig. 9 en representación esquemática otra posibilidad de la disposición de la válvula de regulación de presión según la fig. 2.

Después de que la máquina según la invención para el mecanizado por láser de piezas de trabajo se diferencia del estado de la técnica por las particularidades que se manifiestan en la unidad de suministro de gas, las siguientes explicaciones de la invención se limitan a la unidad de suministro de gas. Con vistas a otra estructura y otros componentes de la máquina para el mecanizado por láser, sobre todo el portapiezas, la unidad de mecanizado por láser, la unidad de accionamiento para el movimiento de la unidad de mecanizado por láser y del portapiezas uno con respecto al otro, así como el control de máquina se remite al estado de la técnica conocido suficientemente, en particular los documentos mencionados más arriba sobre el estado de la técnica, cuyo contenido de divulgación se hace mediante referencia al objeto de la presente solicitud, así como las máquinas adquiribles en el mercado.

La unidad de suministro de gas 1 ilustrada en la fig. 1 de una máquina para el mecanizado de una pieza de trabajo mediante un rayo láser comprende dos fuentes de gas 2, que aprovisionan diferentes gases (gases de proceso) con elevada presión, dos válvulas de conmutación 3 asociadas respectivamente a una fuente de gas 2, una válvula de regulación de presión proporcional 4, que se puede conectar a través de las válvulas de conmutación 3 con cada una de las dos fuentes de gas 2, y una boquilla de gas 6 dispuesta en la unidad de mecanizado por láser 5. Los componentes mencionados de la unidad de gas estén conectados entre sí a través de una disposición de líneas 7. Las dos válvulas de conmutación 3 están realizadas como válvulas neumáticas fijas al flujo inverso, es decir, se pueden conmutar de forma neumática. Para ello está prevista una fuente de gas de control 8, que se puede conmutar a través de una respectiva válvula de excitación 9 a las válvulas de conmutación 3, pudiendo ser las válvulas de excitación 9 en particular válvulas magnéticas o válvulas piezoeléctricas. La válvula de regulación de presión proporcional 4 también se puede operar de forma neumática, de modo que ésta también está conectada con la fuente de gas de control 8. Además, el sistema 10 está conectado a través de una conexión eléctrica 11 con el suministro de corriente y a través de una interfaz 12 con el control de la máquina.

La válvula de regulación de presión proporcional 4 comprende (véase la fig. 2) una etapa de potencia neumática 13 diseñada a presiones de trabajo elevadas y caudales de gas elevados y una etapa preliminar piezoneumática 14 que opera a ésta. La etapa de potencia neumática 13 comprende una sección de carcasa 15 esencialmente cilíndrica, un casquillo de control 17 insertado en ésta, que define un orificio de pistón de control 16 y un pistón de control 18 desplazable axialmente en el orificio de pistón de control. En el lado final la sección de carcasa 15 está cerrada por una primera tapa de carcasa 19 y una segunda tapa de carcasa 20. Además, en la sección de carcasa 15 está abridado un bloque de conexión 21. En el bloque de conexión 21 están previstas una conexión de entrada 22, una conexión de salida 23 y una conexión de ventilación 24. Un paso de entrada 26 previsto en el casquillo de control 17 se comunica con la conexión de entrada 22 a través de un orificio de entrada 25. Un paso de salida 28 previsto en el casquillo de control 17 se comunica con la conexión de salida 23 a través de un orificio de salida 27. Y un paso de ventilación 30 previsto en el casquillo de control 17 se comunica con la conexión de ventilación 24 a través de un orificio de ventilación 29. Según se muestra entre otros en la fig. 2, las superficies de sección transversal del paso de entrada 26 y del paso de ventilación 30 son mayores que la superficie de sección transversal del paso de salida 28.

En la circunferencia del pistón de control están dispuestas dos ranuras de rebose, a saber una primera ranura de rebose 31 y una segunda ranura de rebose 32. Mediante la primera ranura de rebose 31, en una posición correspondiente del pistón de control 18, desplazada hacia la derecha respecto a la situación mostrada en la fig. 2, la entrada E y la salida A de la válvula de regulación de presión, es decir, el paso de entrada 26 y el paso de salida 28 se pueden conectar entre sí. Y mediante la segunda ranura de rebose 32, en una posición correspondiente del pistón de control 18, desplazada hacia la izquierda respecto a la situación mostrada en la fig. 2, la salida A y la ventilación B de la válvula de regulación de presión, es decir, el paso de salida 28 y el paso de ventilación 30 se pueden conectar entre sí. El pistón de control 18 presenta entre las dos ranuras de rebose 31 y 32 un nervio anular 33, en contacto esencialmente estanco con el orificio de pistón de control 16. Dirigido a la primera ranura de rebose 31, en el nervio 33 está previsto un primer borde de control 34 (véase la fig. 3), el cual coopera con un segundo borde de control 35, fijo a la carcasa y dispuesto en la zona del paso de salida 28. Y dirigido a la segunda ranura de rebose 32, en el nervio 33 está previsto un tercer borde de control 36, el cual coopera con un cuarto borde de control 37 fijo a la carcasa, dispuesto igualmente en la zona del paso de salida 28. Debido a la modificación de la posición del pistón de control 18 dentro del casquillo de control 17, entre el primer borde de control 34 y el segundo borde de control 35 o entre el tercer borde de control 36 y el cuarto borde de control 37 se pueden definir cada vez un recorrido de flujo formado por una hendidura de control variable entre la entrada y la salida o entre la salida y la ventilación.

La fig. 3 ilustra las relaciones de flujo cuando debido a una posición correspondiente del pistón de control 18 existe una abertura proporcionalmente exigua de la hendidura de control formada entre el primer borde de control 34 y el segundo borde de control 35. El efecto de estrangulamiento decisivo para una reducción de presión correspondientemente intensa entre la entrada E y la salida A en la zona de la hendidura de control y la turbulencia extrema desencadenada por ésta del gas de proceso que llega a la salida queda, debido a la disposición seleccionada del primer y del segundo borde de control, sin repercusiones sobre la posición del pistón de control y la precisión obtenible de la situación ajustada. Ya que el flujo turbulento está presente en la zona de la sección de carcasa 15 y solo ataca (sin repercusiones en el pistón de control) en la superficie circunferencial del nervio 33. En la zona de la primera ranura de rebose 31 conectada siempre con la entrada E se aplica entretanto el gas de proceso constantemente con la presión

de la fuente de gas 2 correspondiente.

Las figuras 4 y 5 ilustran las medidas por las que se puede conseguir que la característica de regulación de flujo durante la ventilación de la salida A, es decir, en una conexión de la salida A a través de la segunda ranura de reboso 32 con la ventilación B, se diferencie de la característica de regulación de flujo que es válida para la abertura de la válvula proporcional mediante la conexión de la salida A con la entrada E a través de la primera ranura de reboso 31. Es decisivo para ello un perfilado del primer borde de control 34 y/o del segundo borde de control 35 de manera que el tercer borde de control 36 y el cuarto borde de control 37 son más cortantes que el primer y/o el segundo borde de control. Según la fig. 4 el segundo borde de control 35 fijo a la carcasa está achaflanado para ello, es decir, provisto de un chaflán 38. Según la fig. 5 el primer borde de control 34 está achaflanado correspondiente con la misma finalidad, es decir, está provisto de un chaflán 39.

La etapa preliminar piezoneumática 14 que sirve para la operación de la etapa de potencia neumática 13 comprende una válvula proporcional piloto piezoneumática 40. Ésta presenta, según se conoce como tal, una carcasa 42 que circunda un espacio interior 41 en el que está dispuesto un transductor de flexión 43 piezocerámico. El transductor de flexión 43 está sujeto en un lado de forma fija. Su extremo libre está dispuesto entre dos boquillas, a saber, entre una boquilla de entrada 44 y una boquilla de evacuación de aire 45. La carcasa 42 de la válvula proporcional piloto piezoneumática 40 está alojada en un encapsulado 46 en forma de una campana protectora 47, en cuyo espacio interior 48 desemboca la abertura de evacuación de aire, conectada con la boquilla de evacuación de aire 45, de la válvula proporcional piloto piezoneumática. La campana protectora 47, que también recibe una parte 49 de los componentes electrónicos de la unidad de control de gas, presenta una abertura de salida 50 con una gran sección transversal respecto a la boquilla de evacuación de gas 45. La carcasa 42 de la válvula proporcional piloto piezoneumática 40 se recibe de forma asegurada en posición en una escotadura 51 correspondiente de la campana protectora 47. Debido a la colocación de la campana protectora 47 en la segunda tapa de carcasa 20, la carcasa 42 de la válvula proporcional piloto piezoneumática 40 se instala de forma fija en ésta.

La boquilla de entrada 44 de la válvula proporcional piloto piezoneumática 40 está conectada a través de una abertura 52 en su carcasa 42 con un orificio de gas de control 53 dispuesto en la carcasa de la etapa de potencia neumática 13, que se extiende a través de la segunda tapa de carcasa 20 y la sección de carcasa 15 hasta el bloque de conexión 21. En el bloque de conexión 21 está prevista una conexión de gas de control 54, con la que se puede conectar una línea de gas que conecta el orificio de gas de control 53 con la fuente de gas de control 8.

La etapa preliminar piezoneumática 14 actúa directamente en la etapa de potencia neumática 13 y a saber a través de una salida de presión de control 55. Para ello el espacio interior 41 de la carcasa 42 de la válvula proporcional piloto piezoneumática 40 se comunica con la etapa de potencia neumática 13 a través de la salida de presión de control 55 mencionada. En detalle la salida de presión de control 55 está conectada a través de un orificio de presión de control 56 que atraviesa la segunda tapa de carcasa 20 con un espacio de control 57, que está delimitado por la segunda tapa de carcasa 20, la superficie frontal 58 dirigida a ésta del pistón de control 18 y el casquillo de control 17. En el extremo opuesto el pistón de control 18 se apoya a través de un resorte de retroceso 59 en la primera tapa de carcasa 19. La posición del pistón de control 18 dentro del casquillo de control 17 depende de esta manera solo de la presión que reina dentro del espacio de control 57, que se puede ajustar mediante la válvula proporcional piloto 40, a saber, mediante aplicación eléctrica correspondiente del transductor de flexión 43, de forma extraordinariamente precisa y rápida.

La válvula de regulación de presión está conectada con una etapa de regulación digital, realizada como regulación de presión / posición combinada. Para ello se conmuta tanto la presión que reina en la salida A, como también la posición real del pistón de control 18 en la etapa de regulación. Para ello con el pistón de control 18 está conectado un empujador de medida 60, que atraviesa la primera tapa de carcasa 19 y coopera con un sensor de posición 61 conocido como tal, dispuesto en la primera tapa de carcasa 19.

La fig. 6 muestra esquemáticamente una configuración semejante de la válvula de regulación de presión 4', que en este sentido está modificada respecto a la forma de realización según la fig. 2, cuando sobre el pistón de control 18 actúa un empujador de accionamiento 62, el cual está en conexión con un transductor de presión / recorrido 63 conocido como tal, conectado con la salida de presión de control 55 de la etapa preliminar piezoneumática 14.

En la técnica de gas la etapa preliminar piezoneumática 14 está separada de esta manera de la etapa de potencia neumática 13 a través de la membrana 64 del transductor de presión / recorrido 63. En la fig. 6 con 65 se designa la unidad de control de gas, que comprende la electrónica de regulación, con la interfaz de máquina 12. Con la electrónica de regulación de la unidad de control de gas 65 también está conectado un sensor de presión 66 que determina la presión en la salida A, adicionalmente al sensor de posición 61. Igualmente se muestra el regulador de presión de admisión 67 conectado entre la fuente de gas de control 8 y la etapa preliminar piezoneumática 14. Por lo demás las explicaciones anteriores de las fig. 1 a 5, a las que se remite para evitar repeticiones, son válidas de manera correspondiente. Solo se indica para completar que la disposición de la actuación en el pistón de control 18 por la etapa preliminar piezoneumática 14 y el resorte de retroceso 59 están cambiados respecto a la forma de realización según la

fig. 2.

- En la otra modificación ilustrada en la fig. 7 de la válvula de regulación proporcional 4'', la posición del pistón de control 18 se ajusta, prescindiendo de un retroceso por resorte, mediante dos etapas preliminares piezoneumáticas 14' y 14'' que actúan en sentido contrario. La salida de presión de control 55 de la etapa preliminar piezoneumática 14' actúa,
- 5 según se ha explicado ya anteriormente, a través del transductor de presión / recorrido 63 y el empujador de accionamiento 62 sobre el pistón de control 18. La salida de presión de control 68 de la etapa preliminar piezoneumática 14'', que constituye en cierto sentido una válvula piloto de retroceso piezoneumática 69, actúa de manera correspondiente a través del transductor de presión / recorrido 70 y el empujador de recuperación 71 sobre el pistón de control 18.
- 10 Las figuras 8 y 9 ilustran esquemáticamente diferentes variantes de disposición de los componentes del dispositivo de suministro de gas dentro de la máquina para el mecanizado por láser de piezas de trabajo. Según la fig. 8 solo está dispuesta la boquilla de gas 6 en la unidad de mecanizado por láser 5 (móvil), la válvula de regulación de presión proporcional 4 entretanto es estacionaria. La válvula de regulación de presión proporcional 4 está conectada con la boquilla de gas 6 a través de una línea de conexión 72 flexible. Según la fig. 9, la válvula de regulación de presión
- 15 proporcional 4 está dispuesta en cambio directamente en la unidad de mecanizado por láser 5, tal y como es posible debido al peso comparablemente pequeño de la válvula de regulación de presión proporcional 4 usada según la invención con las repercusiones ventajosas explicadas más arriba.

# REIVINDICACIONES

- 1.- Máquina para el mecanizado de una pieza de trabajo mediante un rayo láser, en particular para el corte por láser de metales, que comprende un portapiezas, una unidad de mecanizado por láser (5), una unidad de accionamiento para el movimiento de la unidad de mecanizado por láser y del portapiezas uno con respecto al otro, un control de máquina y un dispositivo de suministro de gas, en la que el dispositivo de suministro de gas presenta al menos una fuente de gas (2), una boquilla de gas (6) asociada a la unidad de mecanizado por láser, una disposición de líneas (7) que conecta la boquilla de gas con la al menos una fuente de gas y al menos una válvula de regulación de presión proporcional (4, 4', 4'') dispuesta en ésta, conectada con una unidad de control de gas (65),  
5 **caracterizada porque**  
10 la válvula de regulación de presión proporcional (4, 4', 4'') comprende una etapa preliminar piezoneumática (14, 14') y una etapa de potencia neumática (13) operada por ésta.
- 2.- Máquina según la reivindicación 1, **caracterizada porque** la válvula de regulación de presión proporcional (4, 4', 4'') está dispuesta en la unidad de mecanizado por láser (5).
- 3.- Máquina según la reivindicación 1 o reivindicación 2, **caracterizada porque** la boquilla de gas (6) está dispuesta en la unidad de mecanizado por láser (5).  
15
- 4.- Máquina según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada porque** una salida de presión de control (55) de la etapa preliminar piezoneumática (14, 14') actúa directamente en la etapa de potencia neumática (13).
- 5.- Máquina según la reivindicación 4, **caracterizada porque** la etapa preliminar piezoneumática (14) comprende una válvula proporcional piloto piezoneumática (40) instalada directamente en la carcasa (15, 19, 20) de la etapa de potencia neumática (13).  
20
- 6.- Máquina según la reivindicación 5, **caracterizada porque** la válvula proporcional piloto piezoneumática (40) comprende una carcasa (42) con un transductor de flexión piezoeléctrico (43) dispuesto en ella, modificable en posición entre una boquilla de entrada (44) y una boquilla de evacuación de aire (45).
- 7.- Máquina según la reivindicación 6, **caracterizada porque** el espacio interior (41) de la carcasa (42) de la válvula proporcional piloto piezoneumática (40) se comunica con la etapa de potencia neumática (13).  
25
- 8.- Máquina según una de las reivindicaciones 6 o 7, **caracterizada porque** la boquilla de entrada (44) de la válvula proporcional piloto piezoneumática (40) está conectada con un orificio de gas de control (53) dispuesto en la carcasa (15, 19, 20) de la etapa de potencia neumática (13) a través de una abertura (52) en su carcasa (42).
- 9.- Máquina según la reivindicación 8, **caracterizada porque** el orificio de gas de control (53) está conectado con una fuente de gas (2) del dispositivo de suministro de gas a través de un regulador de presión de admisión.  
30
- 10.- Máquina según la reivindicación 8, **caracterizada porque** el orificio de gas de control (53) está conectado con una fuente de gas de control (8) distinta del dispositivo de suministro de gas.
- 11.- Máquina según la reivindicación 10, **caracterizada porque** el orificio de gas de control está conectado con la fuente de gas de control (8) a través de un regulador de presión de admisión (67).
- 12.- Máquina según una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizada porque** la etapa de potencia neumática (13) presenta una entrada (E), una salida (A) y un pistón de control (18) guiado axialmente de forma desplazable en un orificio de pistón de control (16), el cual presenta al menos un primer borde de control (34) que coopera con un segundo borde de control (35) correspondiente, fijo a la carcasa, definiendo el primer y el segundo borde de control una hendidura de control variable, dispuesta en el recorrido de flujo entre la entrada y la salida.  
35
- 13.- Máquina según la reivindicación 12, **caracterizada porque** el segundo borde de control (35) está dispuesto en la zona de la abertura de la salida (A) hacia el orificio de pistón de control (16).  
40
- 14.- Máquina según una de las reivindicaciones 12 o 13, **caracterizada porque** la etapa de potencia neumática (13) presenta una ventilación (B) y el pistón de control (18) un tercer borde de control (36), que coopera con un cuarto borde de control (37) correspondiente, fijo a la carcasa, definiendo el tercer y el cuarto borde de control una segunda hendidura de control variable, dispuesta en el recorrido de flujo entre la salida (A) y la ventilación (B).  
45
- 15.- Máquina según la reivindicación 14, **caracterizada porque** el cuarto borde de control (37) está dispuesto en la zona de la abertura de salida (A) hacia el orificio de pistón de control (16).
- 16.- Máquina según una de las reivindicaciones 14 o 15, **caracterizada porque** debido a un perfilado del primer y/o del

segundo borde de control (34; 35), la característica de regulación de flujo durante la ventilación de la salida (A) se diferencia de la característica de regulación de flujo durante la abertura de la válvula proporcional mediante conexión de la salida con la entrada (E).

**Fig. 1**

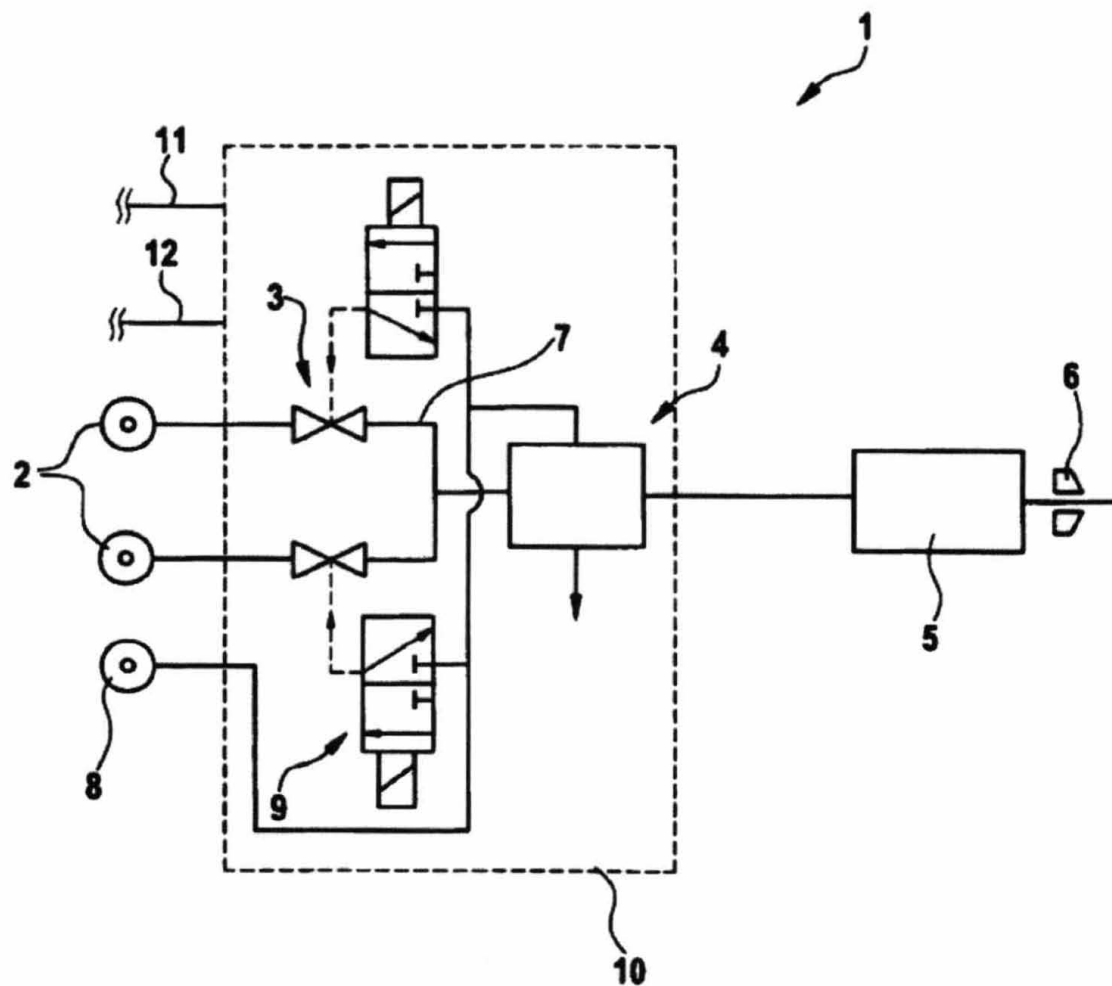
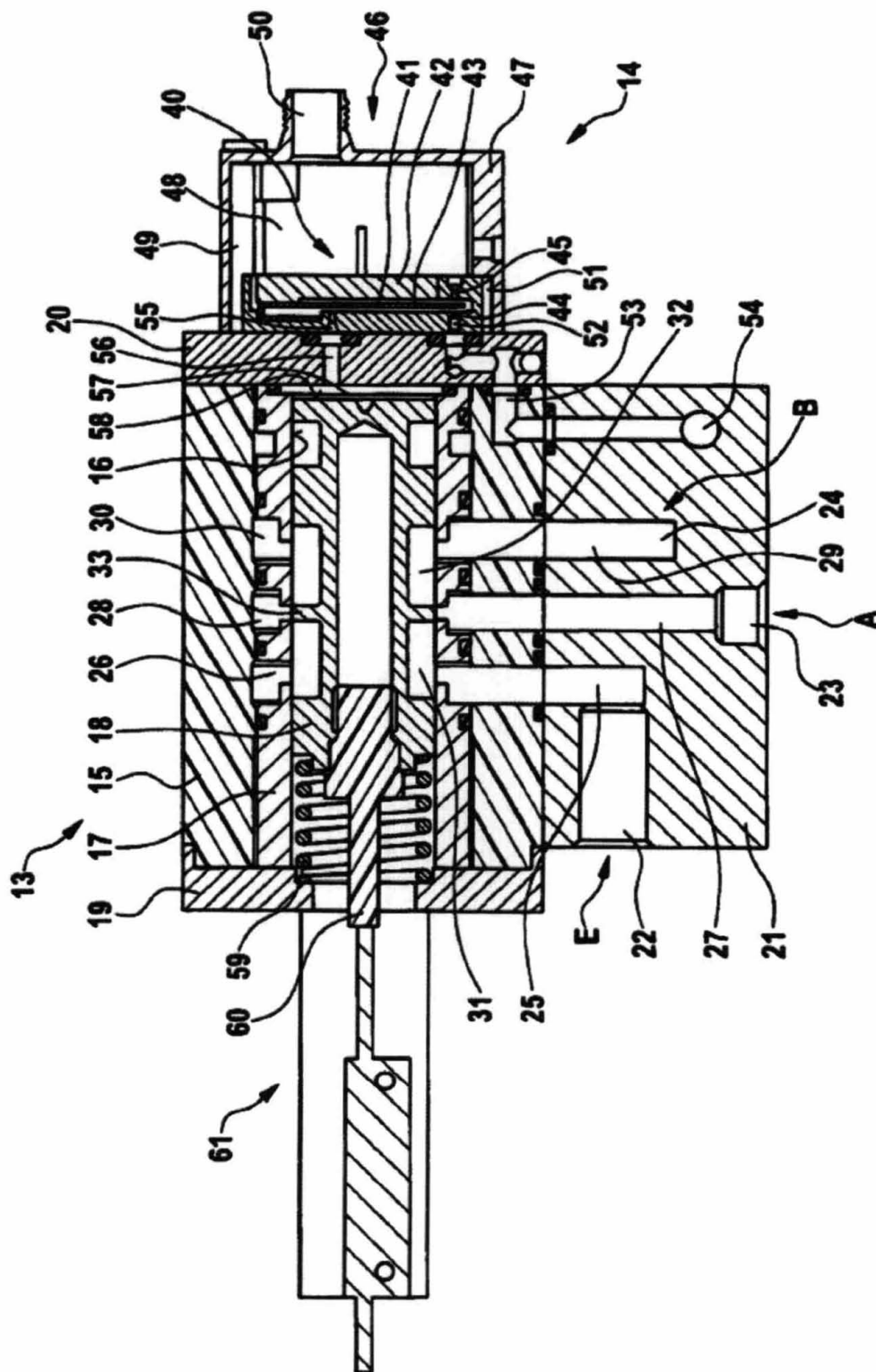
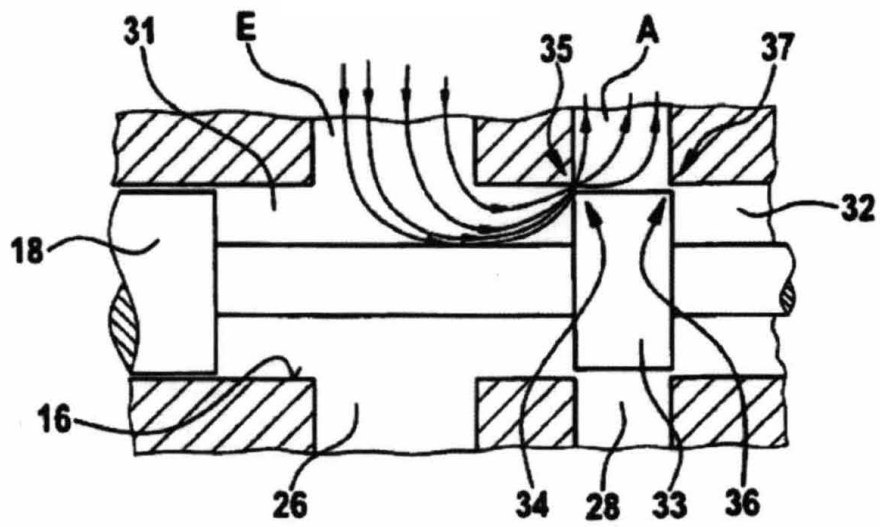


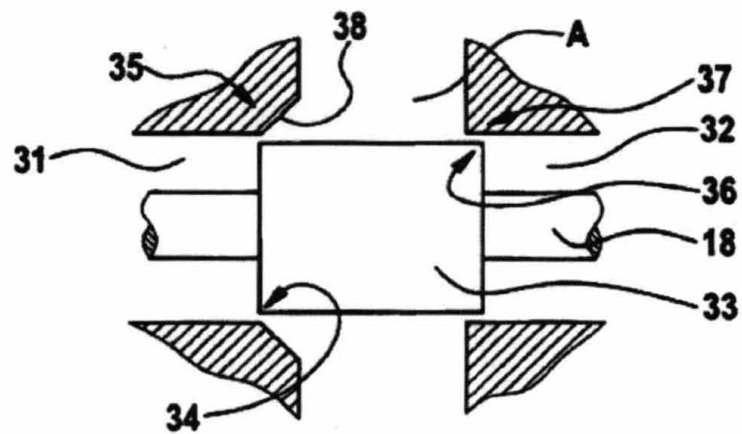
Fig. 2



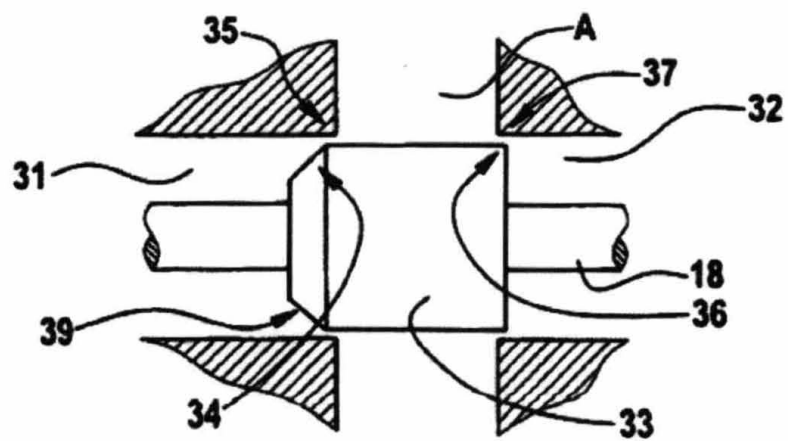
**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**



**Fig. 6**

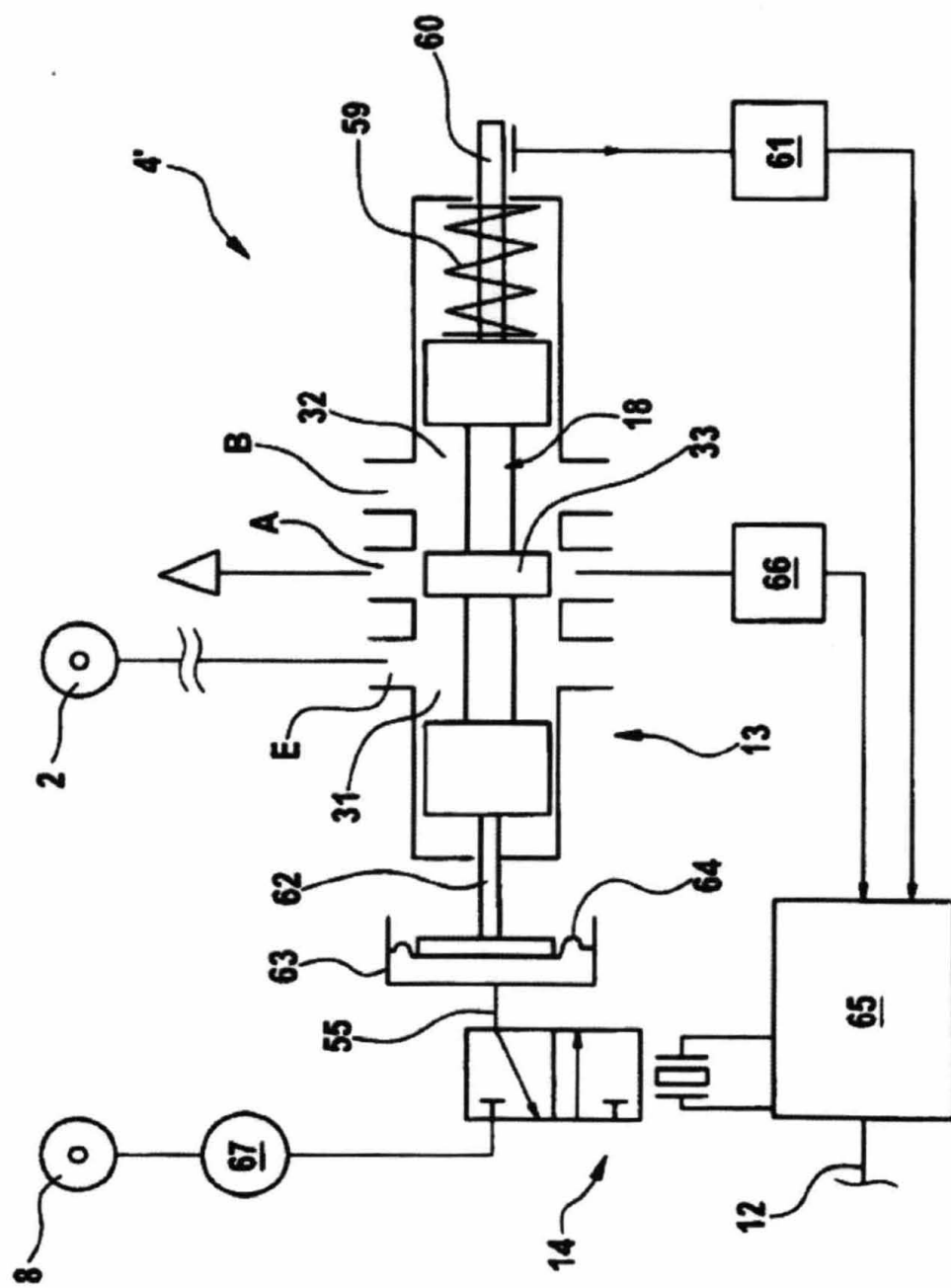
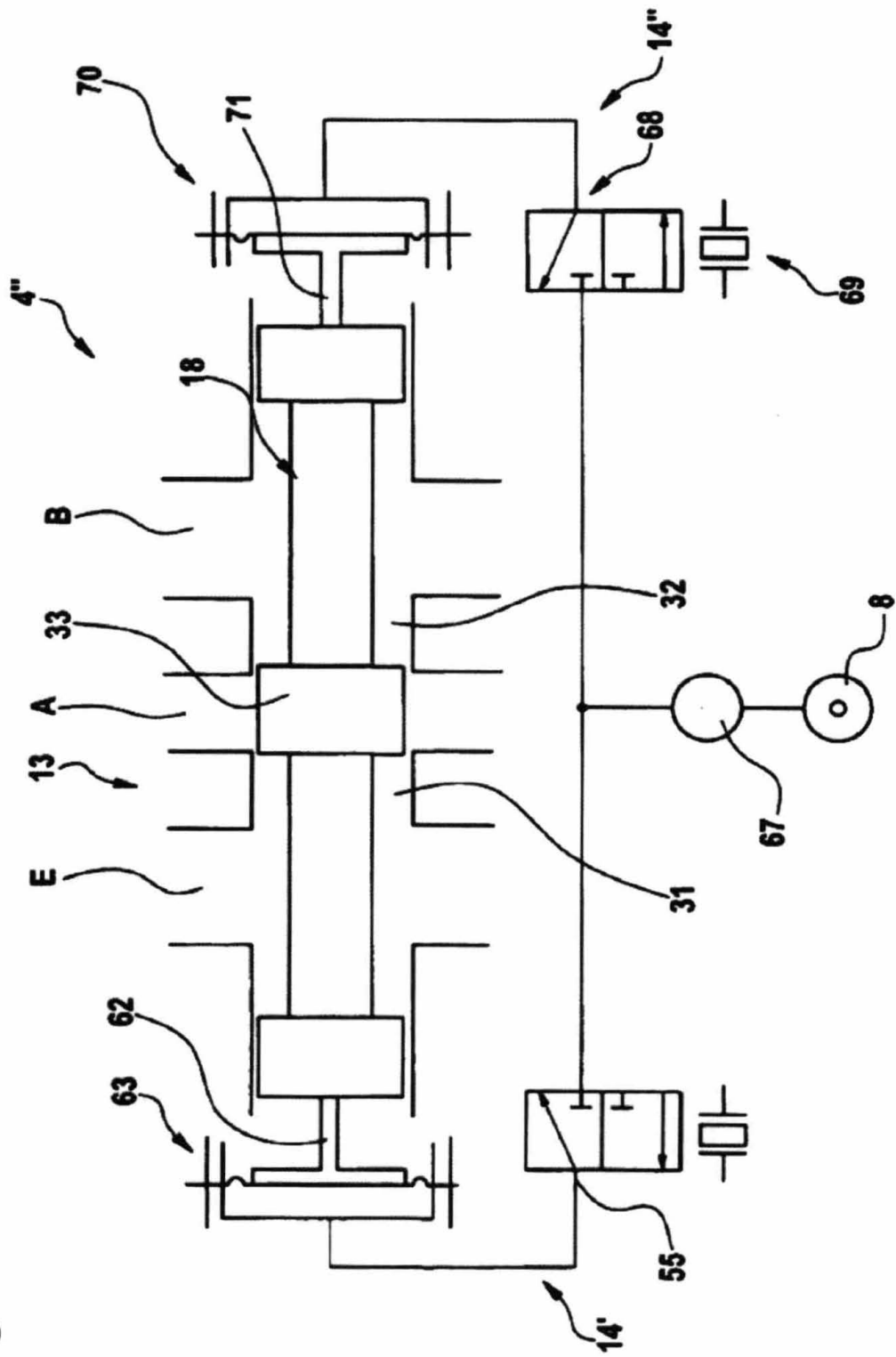
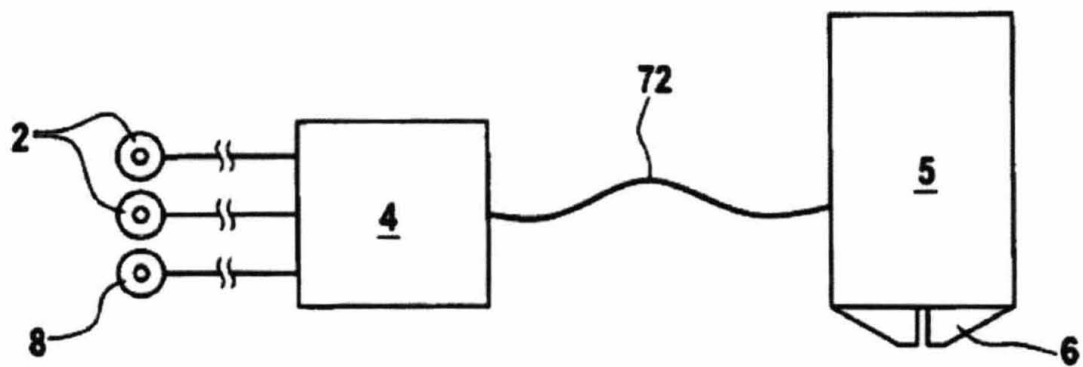


Fig. 7



**Fig. 8**



**Fig. 9**

