

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 805 066**

51 Int. Cl.:

**G01N 29/04** (2006.01)

**G01N 29/27** (2006.01)

**G01N 29/275** (2006.01)

**G01N 29/28** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.03.2015 PCT/EP2015/054636**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.09.2015 WO15132343**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.03.2015 E 15708505 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020 EP 3114473**

54 Título: **Procedimiento de prueba de una pieza de trabajo utilizando ultrasonido**

30 Prioridad:

**07.03.2014 DE 102014103097**

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

**10.02.2021**

73 Titular/es:

**FRAMATOME GMBH (100.0%)  
Paul-Gossen-Strasse 100  
91052 Erlangen, DE**

72 Inventor/es:

**UNGERER, DIETER;  
RITTER, JOACHIM y  
GRIPP, SEBASTIAN**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

ES 2 805 066 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 prueba de una pieza de trabajo utilizando ultrasonido

- 5 **[0001]** La invención se refiere a un procedimiento de prueba de una pieza de trabajo utilizando ultrasonido. Con el fin de probar piezas de trabajo de una manera no destructiva utilizando ultrasonido, se sabe que genera una señal de ultrasonido por medio de un cabezal de prueba ultrasónico, estando acoplada dicha señal de ultrasonido a la pieza de trabajo sometida a prueba ya sea directamente a través del aire o por medio de un chorro de líquido, tal como un chorro
- 10 de agua, por ejemplo, a lo largo de una trayectoria preespecificada en la superficie de la pieza de trabajo. En el caso de esta llamada técnica de chorro, se forma un chorro de líquido por medio de una boquilla y a continuación se dirige sobre la superficie de la pieza de trabajo. Con el fin de acoplar el ultrasonido a lo largo de la trayectoria especificada previamente, el chorro de líquido se mueve debido a un movimiento correspondiente de la boquilla. La boquilla se mueve para este propósito sobre la pieza de trabajo estacionaria, por ejemplo, por medio de un gran portal móvil, ejes
- 15 lineales sincronizados u otros dispositivos con el mismo propósito que una horquilla de prueba, también llamada yugo.
- [0002]** El mecanismo de prueba proporciona una posición para la posición de la boquilla de chorro. Los mecanismos de prueba pueden ser portales con brazos de extensión, sistemas de ejes lineales o bien robots. El punto central de la herramienta representa el punto en el que el chorro golpea el componente bajo prueba. Este punto viene
- 20 definido por la posición tridimensional de la boquilla de chorro y la distancia al componente.
- [0003]** También es posible utilizar una pluralidad de boquillas de chorro en paralelo.
- [0004]** Con el fin de lograr la mayor productividad posible, la aceleración y la velocidad final del movimiento a lo largo de la trayectoria deben seleccionarse para que sea lo más alta posible, de modo que se logre un período de
- 25 prueba lo más corto posible. Sin embargo, el chorro de líquido se desvía al mismo tiempo debido a la inercia de masa y la resistencia al aire. Esto es tanto más grave cuanto más alta sea la aceleración y la velocidad final seleccionadas. Esta desviación tiene un efecto adverso en el resultado de la prueba. En casos extremos, la prueba se vuelve inutilizable si la desviación del chorro de líquido se vuelve demasiado severa.
- 30 **[0005]** Los documentos US 2009/120189 A1, US 3,712,119 A y WO 2012/062343 A1 describen procedimientos de prueba de ultrasonido convencionales en los que la señal de ultrasonido se acopla en la pieza de trabajo por medio de un contacto directo o un medio de acoplamiento. La pieza de trabajo se mueve en relación con un transductor ultrasónico durante la operación de prueba de ultrasonido.
- 35 **[0006]** El documento US 5.373.743 describe un procedimiento para probar una pieza de trabajo, en el que una señal de ultrasonido se acopla en una pieza de trabajo por medio de un chorro de líquido. El chorro de líquido se guía a lo largo de una trayectoria sobre la superficie de la pieza de trabajo.
- 40 **[0007]** El objeto de la presente invención es, por lo tanto, especificar un procedimiento para probar una pieza de trabajo utilizando ultrasonido, en el que se evitan los problemas anteriores.
- [0008]** Según la invención, este objeto se logra mediante un procedimiento que tiene las características de la reivindicación de patente 1. Según dicha reivindicación de patente, una señal de ultrasonido que tiene un haz central
- 45 se genera mediante un cabezal de prueba ultrasónico, cuya señal de ultrasonido se acopla en la pieza de trabajo sometida a prueba a lo largo de una trayectoria preespecificada en la superficie de la pieza de trabajo por medio de al menos un chorro de líquido, y en la que el haz central se guía
- 50 a lo largo de una trayectoria preespecificada en la superficie de la pieza de trabajo, donde el haz central y la pieza de trabajo se mueven en direcciones opuestas al menos en una parte de la trayectoria, por ejemplo, el componente se mueve hacia la derecha y el haz central se mueve hacia la izquierda.
- [0009]** En este caso, el haz central idealmente representa la señal de ultrasonido como una ilustración lineal. Por lo tanto, el origen de este haz central está en el cabezal de prueba ultrasónico y dicho haz central alcanza un
- 55 punto en la superficie de la pieza de trabajo. El haz central recorre la trayectoria especificada previamente sobre la superficie de la pieza de trabajo con el fin de probar la pieza de trabajo.
- [0010]** Un movimiento opuesto de la pieza de trabajo y haz central significa un movimiento simultáneo de la pieza de trabajo y el haz central en una dirección opuesta. En este caso, las velocidades de los movimientos
- 60 respectivos pueden tener valores diferentes, pero preferentemente son idénticas.
- [0011]** La señal de ultrasonido se acopla en la pieza de trabajo por medio de al menos un chorro de líquido. Por lo tanto, también se produce un movimiento simultáneo del chorro de líquido a lo largo de la trayectoria especificada previamente con el haz central. El movimiento de la pieza de trabajo en la dirección opuesta a la dirección
- 65 de movimiento del chorro de líquido por sí solo no influye en la desviación del chorro de líquido. Por lo tanto, los

movimientos opuestos resultan, en general, en una adición, en primer lugar, de la velocidad de la pieza de trabajo y, en segundo lugar, de la velocidad del chorro de líquido en movimiento para formar una velocidad de prueba global, pero sólo la velocidad del chorro de líquido es crítica para la desviación de dicho chorro de líquido. Por lo tanto, el movimiento opuesto o contradiereccional de la pieza de trabajo y el chorro de agua permite un aumento considerable en la aceleración y la velocidad final de la forma de una velocidad de prueba global y, por lo tanto, la productividad, con la calidad de prueba aumentando al mismo tiempo. Esto también se aplica, en particular, a las piezas de trabajo curvas.

**[0012]** El chorro de líquido utilizado puede tener, por ejemplo, una sección transversal redonda que se genera por una abertura de agujero estenopeico, o una sección transversal alargada que se genera por una ranura alargada.

**[0013]** Se logran velocidades de prueba globales más altas, en particular en el caso de una forma de movimiento serpenteante, es decir, un movimiento de la pieza de trabajo y el chorro de líquido a lo largo de una trayectoria serpenteante, con una inversión en las direcciones de movimiento y la fase de aceleración posterior mediante la combinación de los movimientos del chorro de líquido y la pieza de trabajo. Sin embargo, también es posible una velocidad de prueba global más alta a una velocidad de prueba constante, con movimiento simultáneo de la pieza de trabajo en la dirección opuesta al movimiento del chorro de líquido. Esto se traduce en una mayor productividad, con el aumento de la calidad de la prueba al mismo tiempo. Los puntos en los que el líquido golpea la pieza de trabajo y el punto central de la herramienta difieren entre sí en menor medida debido a la desviación reducida, por ejemplo, dichas influencias de la resistencia al aire y la inercia de masa, y por lo tanto la distorsión del chorro de líquido. Se logran desviaciones más pequeñas de la posición de la pieza de trabajo y el punto central de la herramienta del mecanismo de prueba. El aumento de la presión del chorro genera un chorro "más potente" que se ve influenciado en menor medida pero, debido a la geometría y el diseño de la boquilla del chorro, se produce un remolino que provoca interferencias cuando el agua fluye a través, influyendo dicho remolino a su vez en el resultado de la prueba en el que la sensibilidad de la señal cae. La precisión de la determinación de fallas en la pieza de trabajo (posición y tamaño) aumenta considerablemente.

**[0014]** Se logra un posicionamiento verdadero más preciso sobre el componente. Por lo tanto, los cambios rápidos en la dirección pueden eliminarse al final de, por ejemplo, una trayectoria horizontal en el caso de una forma de movimiento serpenteante. Por lo tanto, un cambio de dirección no necesariamente debe tener lugar fuera de la pieza de trabajo, sino que puede tener lugar dentro de la pieza de trabajo en el extremo de la pieza de trabajo.

**[0015]** En un refinamiento preferido de la invención, la pieza de trabajo se prueba por medio de una técnica de pulso-eco. Esto significa que tiene que haber al menos un cabezal de prueba ultrasónico y al menos una boquilla para el chorro de líquido solo en un lado de la pieza de trabajo. En este caso, el cabezal de prueba ultrasónico sirve como un dispositivo transceptor.

**[0016]** Como alternativa, el ultrasonido también se puede pasar a través de la pieza de trabajo, lo que significa que los cabezales de prueba ultrasónicos y las boquillas para formar un chorro de líquido están dispuestos en ambos lados con respecto a la pieza de trabajo. Un cabezal de prueba ultrasónico para emitir la señal de ultrasonido está ubicado en un lado de la pieza de trabajo, y un cabezal de prueba ultrasónico para recibir la señal de ultrasonido está ubicado en el lado opuesto de la pieza de trabajo.

**[0017]** Un movimiento opuesto del haz central o chorro de líquido y la pieza de trabajo tiene lugar según la invención de una manera multidimensional, de modo que las ventajas descritas anteriormente se aplican a todas las dimensiones y la geometría de piezas de trabajo complicadas también se puede probar de manera eficiente.

**[0018]** El movimiento del haz central o chorro de líquido en la dirección opuesta en relación con la pieza de trabajo puede tener lugar preferentemente debido a un movimiento de traslación o debido a un movimiento pivotante del cabezal de prueba ultrasónico o de la boquilla que forma el chorro de agua.

**[0019]** En un refinamiento preferido de la invención, el movimiento opuesto de la pieza de trabajo y el haz central o chorro de líquido tiene lugar en una parte de la trayectoria en una región terminal de la pieza de trabajo. El movimiento de la pieza de trabajo y el chorro de líquido puede tener lugar de manera convencional en partes adicionales de la trayectoria. Sin embargo, el movimiento opuesto también puede extenderse sobre toda la pieza de trabajo bajo prueba.

**[0020]** Se hace referencia a las realizaciones ejemplares del dibujo para una explicación adicional de la invención, en la que, en cada caso, en un esquema básico esquemático:

La figura 1 muestra una vista en sección transversal lateral de una disposición de prueba para probar el material de una pieza de trabajo de forma no destructiva,

La figura 2 muestra una vista en planta de la pieza de trabajo de la figura 1 con una trayectoria especificada previamente a lo largo de la cual se prueba la pieza de trabajo,

La figura 3 muestra la disposición de prueba de la figura 1 durante una situación de prueba, y 5

La figura 4 muestra la disposición de prueba de la figura 1 durante una nueva situación de prueba.

5

**[0021]** La figura 1 muestra un aparato para probar el material de una manera no destructiva, cuyo aparato comprende un primer cabezal de prueba ultrasónico 2 de 10 para generar una señal de ultrasonido 4 que tiene un haz central (Z). Una boquilla 6 con la que se forma un chorro de líquido 8 también se dispone en el cabezal de prueba ultrasónico 2. La señal de ultrasonido 4 se acopla en una pieza de trabajo 10, que en este caso constituye un panel plano, por medio del chorro de líquido 8. Sin embargo, las piezas de trabajo 10 de prácticamente cualquier otra geometría deseada también se pueden probar mediante la disposición de prueba que se muestra en la figura 1.

10

**[0022]** Un segundo cabezal de prueba ultrasónico 12 está dispuesto en ese lado de la pieza de trabajo 10 que está situado opuesto al primer cabezal de prueba ultrasónico 2, cuyo segundo cabezal de prueba ultrasónico también comprende una boquilla 14 con la que se forma un chorro de líquido 16, dirigiéndose dicho chorro de líquido también a la pieza de trabajo y con la que la señal de ultrasonido 4 se dirige al cabezal de prueba ultrasónico 12 después de que dicho cabezal de prueba ultrasónico ha pasado ultrasonido a través de la pieza de trabajo 10, de modo que dicha señal de ultrasonido puede ser recibida por el cabezal de prueba ultrasónico 12. Las distancias respectivas de los cabezales de prueba ultrasónicos 2, 12 y también de las boquillas 6, 14 de la pieza de trabajo 10 son preferentemente idénticas, pero también pueden ser diferentes.

15

20

**[0023]** Para lograr una cobertura de prueba suficiente de la pieza de trabajo 10, la prueba tiene lugar a lo largo de una trayectoria especificada previamente 18 en la superficie 20 de la pieza de trabajo 10, siendo necesario que la señal de ultrasonido 4 se acople a la pieza de trabajo 10 a lo largo de dicha trayectoria especificada previamente. Por lo tanto, el haz central (Z) se guía a lo largo de esta trayectoria 18 para probar la pieza de trabajo 10. Una trayectoria 18 de este tipo se ilustra con mayor detalle en la figura 2. Dicha trayectoria es una trayectoria bidimensional serpenteante que tiene una pluralidad de filas 22 y puntos de inversión 24. Sin embargo, también sería posible acoplar la señal de ultrasonido 4 en la pieza de trabajo 10 a lo largo de una trayectoria tridimensional 18 utilizando el procedimiento según la invención. En este caso, la trayectoria 18 recorre de manera arqueada la región de los puntos de inversión 24. Sin embargo, todas las demás formas también son posibles, tales como formas angulares o zigzagueantes, por ejemplo. Aquí, las regiones de los puntos de inversión 24 están situadas en la superficie 15 de la pieza de trabajo 10. Sin embargo, también pueden situarse fuera de la pieza de trabajo 10.

25

30

**[0024]** La pieza de trabajo 10 se prueba a continuación de la siguiente manera, como se ilustra con mayor detalle en la figura 3. Para acoplar la señal de ultrasonido 4 en la pieza de trabajo 10 sometida a prueba a lo largo de la trayectoria 18, el haz central Z y los chorros de líquido 8, 16 y la pieza de trabajo 10 se mueven en direcciones opuestas al menos en una parte de la trayectoria 18. Con el fin, por ejemplo, de correr a lo largo de una fila 22 de la trayectoria 18, el haz central Z y los chorros de líquido 8 y 16 se mueven en la dirección de las flechas 26, como resultado de lo cual los chorros de líquido 8 y, respectivamente, 16 se desvían en la dirección opuesta, por ejemplo, debido a la inercia de masa. Al mismo tiempo, la pieza de trabajo 10 se mueve en la dirección opuesta, es decir, en la dirección de la flecha 28. Poco antes de alcanzar un punto de inversión 24, la pieza de trabajo 10 y los chorros de líquido 8, 16 se frenan y se mueven a lo largo de la trayectoria 18 en una fila adicional 22. A continuación se realiza una prueba adicional a lo largo de la siguiente fila 22 con movimientos opuestos de la pieza de trabajo 10 y los chorros de líquido 8, 16 en direcciones que son cada una opuestas a las flechas 26, 28. El movimiento respectivo de los chorros de líquido 8, 16 es generado por un movimiento de traslación de las boquillas correspondientes 6, 14 en la misma dirección. La distancia del punto central de la herramienta desde el punto en el que el chorro golpea depende de las fuerzas de aceleración que se produzcan, y lo ideal sería que resultara lo más pequeña posible. Una pequeña desviación mejora la calidad de la prueba. Una gran desviación obviamente resulta en una desventaja adicional. El punto en el que el chorro golpea está situado junto al punto central de la herramienta que se relaciona con una posición de chorro del mecanismo. Específicamente en estos casos particulares, la señal de eco detectada se asigna a otra posición. Específicamente al reposicionar un indicador, se desprende claramente de la pieza de trabajo 10, ya que en este caso la boquilla de chorro 6, 14 está fija en una ubicación y el chorro de líquido 8, 16 no sufre ninguna desviación, que la falla es sólo parcial o no es aparente en absoluto en esta posición. Por lo tanto, la posición de falla no es la misma que la posición de chorro en este caso.

35

40

45

50

55

**[0025]** Esto es obvio, en particular, en una región alrededor del punto de inversión 24.

**[0026]** Por lo tanto, una velocidad de movimiento más baja de la boquilla 6, 14 es ventajosa. Por lo general, se pretende que una velocidad de movimiento de la boquilla de chorro 6, 14 sea igual a la velocidad de prueba del chorro.

60

**[0027]** Particularmente en el caso de un movimiento de este tipo de la pieza de trabajo 10 y el haz central Z o los chorros de líquido 8, 16 a lo largo de una trayectoria serpenteante 18, se logran velocidades de prueba globales más altas con una inversión de las direcciones de movimiento y la fase de aceleración posterior mediante la combinación de los movimientos de chorros de líquido 8, 16 y la pieza de trabajo 10. Sin embargo, también es

65

posible una velocidad de prueba global más alta a una velocidad de prueba constante con movimiento simultáneo de la pieza de trabajo en la dirección opuesta al movimiento de los chorros de líquido 8, 16. La velocidad de prueba global se da, específicamente, sumando los valores individuales de las velocidades de la pieza de trabajo 10 y los chorros de líquido 8, 16. Sin embargo, el valor de la velocidad de los chorros de líquido 8, 16 o el haz central Z no tiene que ser necesariamente igual a la velocidad de la pieza de trabajo en este caso.

**[0028]** Este procedimiento es ventajoso particularmente en el caso de geometrías tridimensionales de la pieza de trabajo. Sin embargo, esto también puede ser ventajoso en el caso de una masa de pieza de trabajo alta con los momentos de inercia de masa que la acompañan, ya que la pieza de trabajo 10 puede moverse a una velocidad de pieza de trabajo alta solo después de una aceleración moderada.

**[0029]** Una realización adicional de la invención se ilustra en la figura 4, en la que la pieza de trabajo 10 se prueba por medio de una técnica de pulso-eco. Esto significa que solo hay un cabezal de prueba ultrasónico 2 que genera una señal de ultrasonido 4 que se acopla a la pieza de trabajo 10 por medio de un chorro de líquido 8 que está formado por una boquilla 6. El eco de la señal de ultrasonido 4, cuyo eco es generado por la pieza de trabajo 10, también es recibido por el cabezal de prueba ultrasónico 2. Aquí se logra adicionalmente un movimiento del haz central Z o del chorro líquido 8, por ejemplo, por medio de un movimiento pivotante o giratorio del cabezal de prueba ultrasónico 2 o de la boquilla 6 en la dirección de la flecha 30 alrededor del fulcro 32, de modo que el haz central Z o el chorro de líquido 8 se mueve en la dirección de la flecha 34 en relación con la pieza de trabajo 10, y la pieza de trabajo 10 misma se mueve en la dirección de la flecha 36. Dependiendo de la dirección de movimiento, el cabezal de prueba ultrasónico 2 puede ajustarse en o ser opuesto a la dirección de la flecha 30. La agitación del cabezal de prueba de esta manera, con el cambio de orientación del cabezal de prueba 2 a la pieza de trabajo 10, puede ser ventajosa en el caso de pistas de prueba cortas. Los diferentes tipos de movimiento de las boquillas individuales 6, 14 no están ligados a la técnica de prueba de ultrasonido en este caso, sino que se pueden combinar según se desee. En un caso particular, se pueden utilizar dos cabezales de prueba ultrasónicos situados uno frente al otro cuando se pasa el ultrasonido.

**Lista de símbolos de referencia**

30

**[0030]**

2	Cabezal de prueba ultrasónico
4	Señal de ultrasonido
35 6	Boquilla
8	Chorro de líquido
10	Pieza de trabajo
12	Cabezal de prueba ultrasónico
14	Boquilla
40 16	Chorro de líquido
18	Trayectoria
20	Superficie
22	Fila
24	Punto de inversión
45 26	Flecha
28	Flecha
30	Flecha
32	Fulcro
34	Flecha
50 36	Flecha
Z	Haz central

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de prueba de una pieza de trabajo (10) por medio de tecnología de chorro ultrasónico, en el que se genera una señal de ultrasonido (4) que tiene un haz central (Z) con una sonda de ultrasonido (2, 12),  
5 cuya señal de ultrasonido por medio de al menos un chorro de líquido (8, 16) se acopla en la pieza de trabajo (10) a verificar y el haz central (Z) junto con el chorro de líquido (8, 16) se guía a lo largo de una trayectoria predeterminada (18) en la superficie (20) de la pieza de trabajo (10), **caracterizado porque** el haz central (Z) junto con el chorro de líquido (8, 16) y la pieza de trabajo (10) se mueven en direcciones opuestas al menos en una sección de la trayectoria (18) de tal manera que tiene lugar un movimiento multidimensional dirigido opuesto del haz central (Z) y la pieza de  
10 trabajo (10), donde el movimiento dirigido opuesto tiene lugar simultáneamente y en la dirección opuesta.
2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la pieza de trabajo (10) se prueba por medio de tecnología de eco de impulso.
- 15 3. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que al menos una prueba de sonido de la pieza de trabajo (10) se realiza con ultrasonido.
4. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se lleva a cabo un movimiento del haz central (Z) mediante un movimiento de traslación de la sonda de ultrasonido (2, 12).  
20
5. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se lleva a cabo un movimiento del haz central (Z) mediante un movimiento pivotante de la sonda de ultrasonido (2, 12).
6. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el movimiento dirigido  
25 opuesto se lleva a cabo en una sección de la trayectoria (18) en una región terminal de la pieza de trabajo (10).
7. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el movimiento dirigido opuesto se extiende sobre toda la pieza de trabajo (10) a probar.

Fig. 1

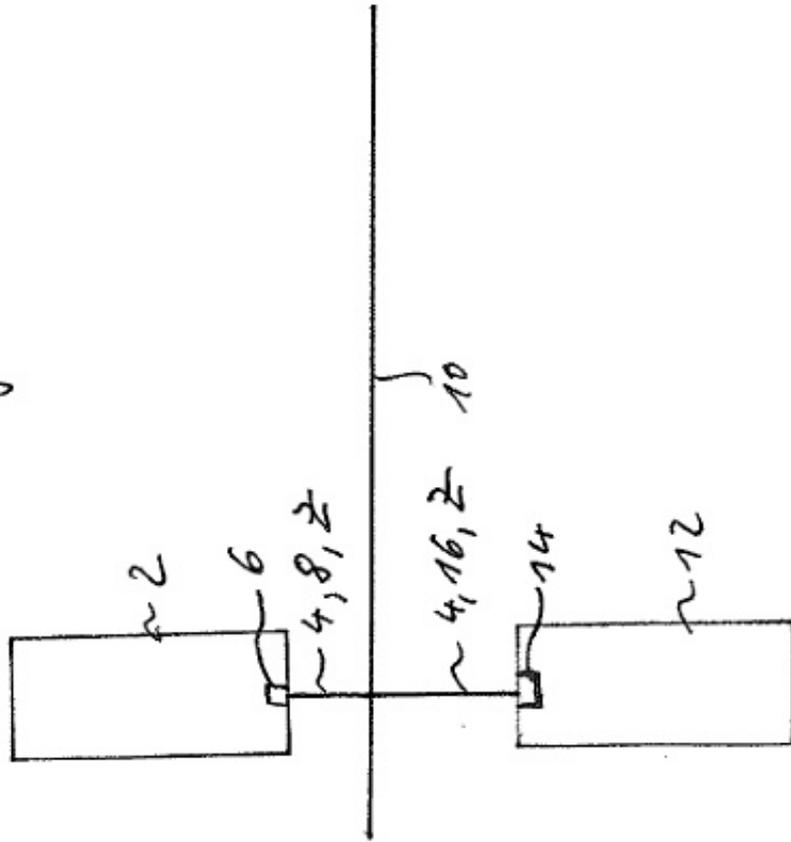


Fig. 2

