(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 625 056**

(51) Int. CI.:

G01P 5/24 (2006.01)
B06B 3/00 (2006.01)
G01F 1/66 (2006.01)
H01L 41/09 (2006.01)
H01L 41/113 (2006.01)
H01L 41/25 (2013.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.2016 E 16154054 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.03.2017 EP 3062114**

(54) Título: **Transductor ultrasónico y procedimiento para la fabricación de un transductor ultrasónico**

(30) Prioridad:

26.02.2015 DE 102015102762

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.07.2017

(73) Titular/es:

SICK AG (50.0%)
Erwin-Sick-Strasse 1
79183 Waldkirch, DE y
SONOTEC ULTRASCHALLSENSORIK HALLE GMBH (50.0%)

(72) Inventor/es:

SCHOLDER, JOCHEN;
GRANER, THOMAS;
ROMERO, ANDRÉS;
FRANZ, CORNELIUS TITUS;
ZUR HORST-MEYER, SANTER y
MÜNCH, HANS-JOACHIM

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

Transductor ultrasónico y procedimiento para la fabricación de un transductor ultrasónico.

La invención se refiere a un dispositivo de medición de ultrasonido para la determinación de una velocidad de flujo según el preámbulo de la reivindicación 1.

Para la medición de la velocidad de flujo de un fluido en una tubería a base de ultrasonido se conocen diferentes principios de medición. En un procedimiento Doppler se evalúa el desplazamiento de frecuencia diferente según la velocidad de flujo de una señal de ultrasonido reflejada en el fluido que circula. En un procedimiento de tiempo de r acorrido diferencial se monta un par de transductores ultrasónicos por el perímetro exterior de la tubería con un desplazamiento mutuo en dirección longitudinal que, transversalmente respecto al flujo a lo largo de la ruta de medición establecida entre los transductores ultrasónicos emiten y registran alternativamente señales de ultrasonido. Las señales de ultrasonido transportadas por el fluido se aceleran o frenan por medio del flujo según la dirección de desplazamiento. La diferencia del tiempo de recorrido resultante se compensa con valores geométricos formando una velocidad de flujo medía del fluido. Con la superficie de sección transversal se obtiene el caudal o paso. Para mediciones más exactas también se pueden prever varias rutas de medición con respectivamente un par de transductores ultrasónicos, a fin de registrar una sección transversal de flujo en más de un punto.

Los transductores ultrasónicos se montan tradicionalmente en la mayoría de los casos en el interior de la tubería, por lo que la membrana está en contacto directo con el fluido. Los transductores ultrasónicos que se sumergen de esta manera están expuestos al fluido, a su presión y a su temperatura, por lo que posiblemente puedan sufrir daños. Por otra parte, los transductores ultrasónicos pueden influir negativamente en el flujo y mermar así la precisión de la medición.

En algunas aplicaciones, especialmente en el sector de la higiene, existe la necesidad de ofrecer por la pared interior de la tubería una superficie lo más cerrada posible frente a un fluido para evitar incrustaciones y permitir una limpieza completa. Esto es posible, por ejemplo, en los así llamados montajes Clamp-On según el documento US 4 467 659 con el que los transductores ultrasónicos se lijan desde fuera en la tubería.

El documento EP 1 378 727 B1 propone igualmente montar los elementos generadores de ultrasonido por la cara exterior de la pared de la tubería. Al contrario que en la técnica Clamp-On, la propia pared de la tubería se emplea como membrana que en la zona de los transductores ultrasónicos forma una bolsa con un grosor de pared considerablemente menor que el de la pared restante de la tubería. De esta manera los transductores ultrasónicos se acoplan de forma directa y firme a la pared de la tubería por cuyo otro lado pasa el fluido. Así se obtiene un buen acoplamiento acústico en el medio de medición y constructivamente buenas posibilidades para reducir los acoplamientos de sonido corporal no deseados en la zona de medición de la tubería, lo que influye ventajosamente en la precisión de medición a conseguir. Este montaje definido también como montaje Clamp-In constituye en cierto modo una forma intermedia entre el montaje fijo en el interior de la tubería y el montaje Clamp-On.

Los transductores ultrasónicos presentan un cuerpo oscilante, con frecuencia de cerámica. Con su ayuda se transforma, por ejemplo, sobre la base de un efecto piezoeléctrico una señal eléctrica en ultrasonido y viceversa. El cuerpo oscilante está acoplado a una membrana capaz de oscilar que radia o recibe el ultrasonido. Según la

aplicación, el transductor ultrasónico funciona como fuente de sonido, detector de sonido o como ambos.

Para crear a partir del cuerpo oscilante y de la membrana un sistema capaz de vibrar conjuntamente se necesita una unión. Cuando la membrana está en contacto con el fluido, las cargas debidas a la presión y a la temperatura del fluido se transmiten también al cuerpo oscilante. Esto se puede evitar, en principio, mediante una unión con una distancia en el espacio en la que, por ejemplo, una flexión de la membrana no afecte al cuerpo oscilante. Una construcción mecánica de este tipo requiere, sin embargo, mucho espacio, no resultando tampoco posible conseguir una transmisión sin pérdidas del ultrasonido. En el documento DE 20 2013 101 798 U1, un cuerpo oscilante es apretado desde arriba por un muelle contra la membrana. Esto requiere también un mayor espacio de construcción y resulta delicado desde el punto de vista mecánico.

Por este motivo, más bien se intenta establecer un contacto directo entre el cuerpo oscilante y la membrana, especialmente mediante adhesión. En este caso, la unión tiene que soportar variaciones de la presión y de la temperatura.

Aunque no sea en relación con la membrana de un transductor ultrasónico, se conoce el método de raspar previamente una superficie a pegar. Si la membrana se preparase de este modo, por ejemplo, mediante chorros de arena, surgiría sin embargo el inconveniente grave de que la superficie generada dependería fuertemente del proceso y de la arena respectivamente empleada. Esto reduce la reproducibilidad en serie. Por otra parte, el tratamiento con chorro de arena impregna átomos ajenos que podrían perjudicar la adhesión y posiblemente también la transmisión acústica. Finalmente una pieza bruta de chapa de la que se corta la membrana, se podría deformar a causa del tratamiento con chorro de arena.

Sin tener de nuevo ninguna relación con la membrana de un transductor ultrasónico, se conoce por el artículo de C.Dietrich y otros "¿Cómo de eficaz es el láser?", adhesión KLEBEN & DICHTEN. vol 58(6), junio 2014. pág. 36-39, someter el acero fino antes de la adhesión a un tratamiento con láser. Se forman microestructuras que perjudicarían la transmisión del ultrasonido.

Por el documento EP 1 416 255 A1 se conoce un transceptor con un cuerpo piezoeléctrico y una capa de adaptación acústica formada por un gel seco de l/4 de grosor, por ejemplo, de aproximadamente 140 µm a 500 KHz. La superficie del cuerpo piezoeléctrico se puede raspar con una lija para mejorar el contacto con la capa de adaptación.

El documento DE 10 2004 059 524 A1 revela un procedimiento para la fabricación de un transductor ultrasónico en el que se aplica al menos a una superficie, mediante rayos láser, una estructura seleccionable. La superficie tratada se dota después de un recubrimiento, por ejemplo, un adhesivo, pudiéndose elegir la estructura de manera que se fomente la adhesión del recubrimiento.

En el documento EP 2 602 596 A1 se describe un caudalímetro de ultrasonido con uno o varios transductores ultrasónicos, cuya membrana puede ser una plaquita de acero fino de algunos cientos de micrómetros de grosor.

En el trabajo de Knapp y otros, "Influence of Structuring by Laser and Plasma Torch on the Adhesion of Metallic Films on Thermoplastic Substrates" Physics Procedía 56 (2014): 791-800, se analiza cuál es la influencia de una preparación por medio de estructura de

láser sobre la adhesión de una capa de aluminio y de un termoplástico, en concreto PP, PEEK o PE.

Un dispositivo de medición de ultrasonido según el preámbulo de la reivindicación 1 se conoce por el documento EP 0945712A1.

Por este motivo, el objetivo de la invención consiste en crear una unión reproducible y permanente entre el cuerpo oscilante y la membrana de un transductor ultrasónico.

Esta tarea se resuelve con un dispositivo de medición de ultrasonido para la determinación de una velocidad de flujo según la reivindicación 1b. Un cuerpo oscilante, por ejemplo, un piezoelemento, provoca mediante la correspondiente activación eléctrica una vibración de una membrana unida directamente al cuerpo oscilante que después emite ultrasonido. A la inversa se registra el ultrasonido recibido, excitando la membrana el cuerpo oscilante y generando una señal eléctrica correspondiente a la vibración. La membrana se une con su superficie interior directamente al cuerpo oscilante y emite a su superficie exterior ultrasonido o lo recibe. La invención parte de la idea principal de dotar la superficie interior de una estructura para aumentar su superficie. Lo más apropiado es una estructura de láser. Una unión directa no excluye naturalmente los medios para la creación de esta unión, por ejemplo, una capa adhesiva.

La invención tiene la ventaja de que se obtiene una unión adherente prácticamente sin pérdidas acústicas. La estructura de láser es además un proceso definido con un resultado exactamente reproducible. Al contrario que en el tratamiento con chorro de arena, no se introducen cuerpos extraños ni se desgastan herramientas. La geometría de la estructura se puede elegir libremente, por lo que se puede optimizar con vistas a las características acústicas. El cuerpo oscilante se pega preferiblemente a la superficie interior. Por lo tanto, la unión se produce de manera muy sencilla por adhesión y se aprovecha especialmente del aumento de la superficie.

La membrana se fabrica preferiblemente de acero fino. El acero fino conduce perfectamente el sonido, es insensible a las más diversas sustancias de los fluidos, se puede limpiar fácilmente, soporta cargas mecánicas y es resistente a la compresión.

La estructura de láser presenta preferiblemente un dibujo triangular. Se trata en especial de una rejilla que ocupa toda la superficie de triángulos preferiblemente equiláteros. Se ha podido comprobar Que otros dibujos como, por ejemplo, dibujos cuadrados, no son acústicamente ventajosos. Con un dibujo triangular mejora considerablemente la transmisión acústica.

La estructura de láser presenta preferiblemente un dibujo con una medida reticular de algunas décimas de milímetros. Por consiguiente el dibujo presenta longitudes de cantos de, por ejemplo, 0,1 mm a 0,8 mm. En el caso de un dibujo triangular con una medida reticular de 0,2 mm y 0,6 mm. Aproximadamente, no se han observado pérdidas acústicas. Otros tamaños estructurales, especialmente microestructuras, en cambio, pueden tener efectos acústicamente perjudiciales.

En una variante perfeccionada preferida se prevé un dispositivo de medición de ultrasonido para la determinación de la velocidad de flujo de un fluido que pasa por una tubería, con un cuerpo de medición que se inserta en la tubería y que de esta manera forma una sección de la tubería, con un canal de flujo para el fluido y una pared de canal que lo rodea, disponiéndose al menos un transductor ultrasónico según la invención en la pared del canal, de manera que la membrana forme una zona parcial de la pared del canal. Por lo tanto, el transductor ultrasónico se monta por la técnica Clamp-In y la

membrana entra en contacto directo con el fluido. Con frecuencia el dispositivo de medición de ultrasonido se emplea como caudalímetro, puesto que a partir de la velocidad de flujo se puede determinar el caudal a través de la geometría de la tubería o del canal, especialmente a través de la sección transversal de la tubería.

Con preferencia se prevén al menos dos transductores ultrasónicos según la invención situados de forma opuesta el uno al otro respecto a la sección transversal del canal de flujo, que funcionan alternativamente como emisores y receptores y que entre sí forman una ruta de medición para la determinación de una diferencia del tiempo de recorrido y para una señal de ultrasonido emitida con y contra el flujo del fluido. Este dispositivo de medición de ultrasonido funciona por un procedimiento de tiempo de recorrido diferencial, siendo posible que para el aumento de la precisión de medición, especialmente en caso de un flujo no homogéneo, se emplee más de una ruta de medición con otros transductores ultrasónicos según la invención.

En un procedimiento de fabricación correspondiente, la superficie interior de la membrana se dota, antes de la unión al cuerpo oscilante, de una estructura, preferiblemente de una estructura de láser.

Con preferencia, en primer lugar una chapa de acero fino se dota de una superficie de una estructura de láser, cortándose a continuación una o varias membranas de la chapa de acero. Por consiguiente, la membrana se produce en dos pasos, procediéndose en primer lugar a la estructuración previa de una pieza bruta y cortándose después la membrana de la pieza bruta. Los dos pasos se pueden llevar a cabo por separado por medio de dispositivos láser diferentes, utilizándose sin embargo preferiblemente el mismo láser para el corte y haciéndolo únicamente con una potencia mayor.

La membrana se suelda después preferiblemente como zona parcial de una pared de canal en un canal de flujo de un dispositivo de medición de ultrasonido. El transductor ultrasónico se convierte así de manera sencilla en parte componente de un dispositivo de medición de ultrasonido en la técnica Clamp-In con una adhesión que desde el punto de vista acústico apenas presenta pérdidas y que resulta muy resistente entre el cuerpo oscilante y la pared de canal que sirve de membrana.

La invención se explica a continuación más detalladamente también en relación con otras características y ventajas, a modo de ejemplo, a la vista de formas de realización y con referencia al dibujo que se adjunta. Las reproducciones del dibujo muestran en la:

Figura 1 una representación en sección esquemática de la unión entre un cuerpo oscilante y una membrana de un transductor ultrasónico;

Figura 2 una representación en bloque del transductor ultrasónico según la figura 1;

Figura 3a una superficie interior no tratada de una membrana según el estado de la técnica;

Figura 3b una superficie interior estructurada con láser de una membrana en una forma de realización de la invención y

Figura 4 una representación en sección de un dispositivo de medición de ultrasonido con transductores ultrasónicos montados según la técnica Clamp-In.

La figura 1 muestra una representación en sección esquemática como vista parcial de un transductor ultrasónico 10. El transductor ultrasónico 10 se ilustra en la figura 2 otra vez

en una representación en bloque. Una membrana 12 capaz de oscilar presenta una superficie exterior 14 en la que se emite o recibe ultrasonido. Con una de las superficies interiores 16, la membrana 12 se une a través de una capa de adhesivo 18 a un cuerpo oscilante 20. La membrana 12 se fija por medio de una costura de soldadura perimetral22 a un asiento 24.

Durante el funcionamiento de emisión, el cuerpo oscilante 20, que con frecuencia se define como cerámico y que consis1e, por ejemplo, en un piezoelemento, se hace vibrar con ayuda de un sistema electrónico 26 en sí conocido y excita así la membrana 12 unida para que emita ultrasonido. A la inversa, durante el funcionamiento de recepción, la membrana 12 se hace vibrar por medio del ultrasonido recibido y esta vibración genera en el cuerpo oscilante 20 unido una señal eléctrica que es evaluada por el sistema electrónico 26.

Para establecer una unión adhesiva óptima entre la membrana 12 y el cuerpo oscilante 20, se aumenta según la invención la superficie de la membrana 12 mediante la estructuración de la superficie interior 16 con un rayo láser. La figura 3a muestra en primer lugar, como comparación, una vista sobre la superficie interior 16 de la membrana 12 sin estructura de láser. La figura 3b muestra una vista correspondiente sobre la superficie interior 16 de una membrana 12 estructurada por medio del láser con un dibujo triangular. El dibujo triangular ha dado resultados especialmente ventajosos, pero a pesar de ello debe entenderse sólo como ejemplo. Según la situación, por ejemplo, frecuencia de excitación, también son posibles otras estructuras. Tampoco se indica el tamaño de la estructura de la figura 3b y sólo tiene carácter de ejemplo. Sin embargo, si se elige especialmente una medida reticular del orden de algunas décimas de milímetro se minimizan las pérdidas acústicas en la transmisión de ultrasonido a través de la unión por medio de la capa de adhesivo 18. En caso de una medida reticular de 0,2 mm y 0,6 mm no se han observado pérdidas acústicas.

En una forma de realización, para la fabricación del transductor ultrasónico 10 un láser estructura previamente la superficie de una chapa de acero fino en una superficie con el modelo de estructuración deseado y, a continuación, se corta al menos una membrana 12 con el mismo láser. También es posible realizar este tratamiento en dos pasos separados, en cuyo caso la chapa de acero fino estructurada constituye un estado intermedio y el contorno exterior de la membrana 12 se corta en una segunda operación con otro láser. El corte con láser se puede elegir de manera que el lado de rebaba se encuentre enfrente del lado estructurado, por lo tanto, por la superficie exterior 14.

La membrana 12 estructurada por su superficie interior 16 así obtenida se suelda después, por ejemplo, mediante soldadura con láser, en el asiento 24 fabricado también preferiblemente de acero fino. El lado de rebaba se encuentra, con el corte con láser realizado de forma correcta, por la superficie exterior 14, por lo que la superficie interior estructurada 16 se encuentra de forma limpia en el asiento, apoyando la rebaba la soldadura perimetral con láser.

El asiento 24 con la membrana 12 soldada puede someterse todavía a un tratamiento superficial, por ejemplo, mediante decapado, para volver a compensar una posible pérdida de la protección contra la corrosión debido a las influencias térmicas de los tratamientos con láser. Esto se puede referir tanto a la costura de soldadura, como a la propia estructuración. Las superficies decapadas han demostrado que mejoran la unión adhesiva de la propia adhesión.

Como alternativa a la estructuración con láser, también es posible el troquelado de una estructura. No obstante, una estructura de láser es más ventajosa cuando con el

troquelado se provoca una compactación local del material, con lo que se introducen tensiones. Esto puede influir en el comportamiento de vibración de la membrana 12. Por otra parte, en el troquelado la selección de la geometría queda limitada debido a la herramienta y la herramienta está sujeta a desgaste.

La figura 4 muestra en una representación de principio simplificada un dispositivo de medición de ultrasonido 30 en técnica Clamp-In para la medición de la velocidad de flujo o del caudal calculado a base de la misma de un fluido 32 dentro de una tubería 34, pasando el fluido en la dirección definida por medio de una flecha 36. En el dispositivo de ultrasonido 30 se montan uno o varios transductores ultrasónicos según la invención. La determinación de la velocidad de flujo se lleva a cabo, por ejemplo, por el procedimiento de tiempo de recorrido diferencial inicialmente mencionado mediante la valoración de los tiempos de recorrido en la emisión y el registro de señales de ultrasonido entre un par de transductores ultrasónicos 10a-b con y en contra del flujo en una unidad de control y de evaluación no representada. En otras formas de realización también se pueden ver uno o varios transductores ultrasónicos.

El dispositivo de medición de ultrasonido 30 presenta un cuerpo de medición 38 insertado en puntos de unión 40 en la tubería 34, por ejemplo, mediante uniones de brida, con lo que en estado montado forma en definitiva una parte de la tubería 34. En una pared de canal 42 del cuerpo de medición 38 que rodea al propio canal de flujo 44, se prevén curvaturas o cavidades 46a-b en las que se montan los transductores ultrasónicos 10a-b. Hacia dentro las cavidades 46a-b se cierran por medio de las membranas 12a-b soldadas allí en la pared del canal 42. De este modo la pared del canal 42 sirve de asiento 24 y forma después de la soldadura de las membranas 12a-b una superficie en sí cerrada sin cavidades ni salientes en los que se pudieran depositar materiales. Las superficies interiores opuestas al fluido 32 de la membrana 12a-b se estructuran del modo descrito y los cuerpos oscilantes no mostrados en la figura 4 como componente propio de los transductores ultrasónicos 10a-b se adhieren con su ayuda.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de medición de ultrasonido (30) para la determinación de una velocidad de flujo de un fluido (32) que fluye por una tubería (34) con un cuerpo de medición (38) insertable en la tubería (34) y que de esta manera forma una sección de la tubería (34), con un canal de flujo (44) para el fluido (32) y con una pared de canal perimetral (42), presentando el dispositivo de medición de ultrasonido (30) al menos un transductor ultrasónico (10) que presenta un cuerpo oscilante (20) y una membrana (12) con una superficie interior (16) y una superficie exterior (14), pegándose el cuerpo oscilante (20) directamente en la superficie interior (16) y disponiéndose el transductor ultrasónico (10) en la pared del canal (42), de manera que la membrana (12) forme una zona parcial de la pared de canal (42), **caracterizado** por que la superficie interior (16) presenta una estructura de láser para aumentar la superficie y por que la estructura de láser presenta un dibujo triangular.

2. Dispositivo de medición de ultrasonido (30) según la reivindicación 1, fabricándose la membrana (12) de acero fino.

3. Dispositivo de medición de ultrasonido (30) según la reivindicación 1 ó 2, presentando la estructura de láser un dibujo con una medida reticular de unas décimas de milímetros.

4. Dispositivo de medición de ultrasonido (30) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que presenta al menos dos transductores ultrasónicos (10a-b) configurados según la reivindicación 1 y opuestos respecto a la sección transversal del canal de flujo que funcionan alternativamente como emisor y receptor y que entre ellos forman una ruta de medición para la determinación de una diferencia del tiempo de recorrido para una señal de ultrasonido emitida con y en contra del flujo del fluido (32).

Figura 1

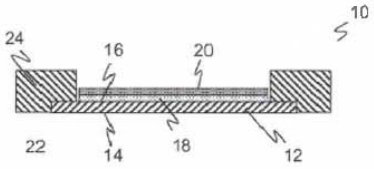

Figura 2

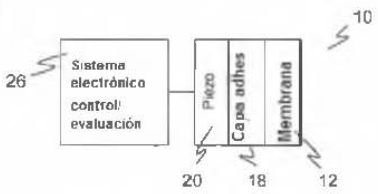

Figura 3a
(Estado de la técnica)

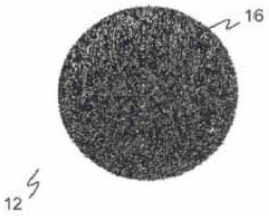

Figura 3b

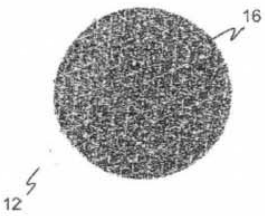
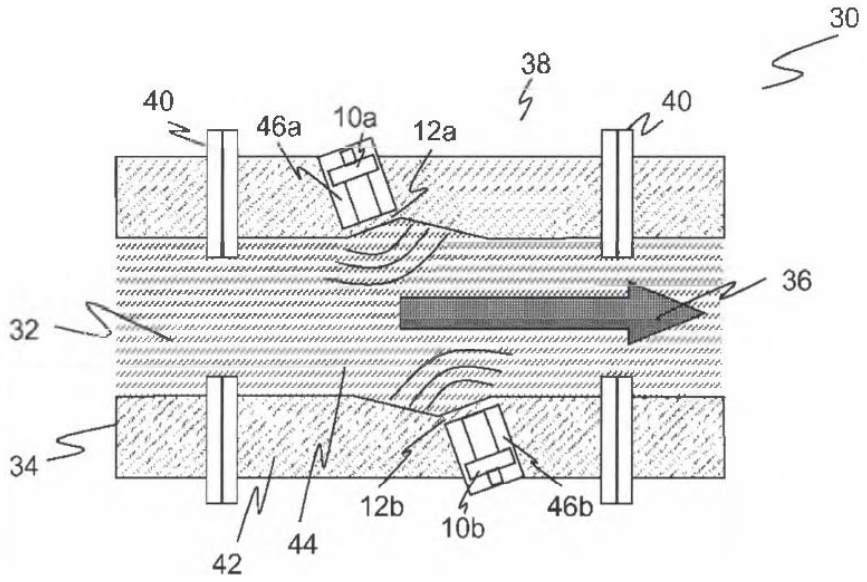
Figura 4