

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 427 157**

51 Int. Cl.:

G01L 5/24 (2006.01)

G01L 5/00 (2006.01)

H01L 41/09 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.04.2007 E 07724667 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2013 EP 2010883**

54 Título: **Componente de conexión con elemento sensor resistente a la temperatura**

30 Prioridad:

27.04.2006 DE 202006006990 U

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

29.10.2013

73 Titular/es:

**AMG INTELLIFAST GMBH (100.0%)
Am Neuen Rheinhafen 10
66374 Speyer, DE**

72 Inventor/es:

**ZENDEHROUD, JAFAR y
HÖRING, GERT**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 427 157 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

Componente de conexión con elemento sensor resistente a la temperatura

Campo técnico

5 Los componentes mecánicos de conexión, tales como por ejemplo tornillos o pernos se comprueban mediante procesos de medición de ultrasonido en cuanto a su fuerza de tensión previa o su fuerza de tensión. Para este propósito se mide el tiempo de propagación de señal de ondas de sonido que se acoplan con una o más frecuencias de trabajo separadas, definidas con frecuencia previamente, en el componente de conexión respectivo. Como parte del avance de las ciencias de los materiales se ha introducido en los últimos años una gran variedad de materiales compuestos y de gradientes al igual que aleaciones especiales a partir de los cuales es posible fabricar
10 componentes de conexión tales como pernos o tornillos, cuyas características de materiales presentan exigencias mayores para un procedimiento de medición para determinar la fuerza de tensión previa.

Estado actual de la técnica

15 Por el documento DE 42 25 035 A1 y DE 42 32 254 A1 se conocen procedimientos de comprobación de ultrasonido. De acuerdo con este procedimiento, para el control de un transductor de ultrasonido dispuesto en un trayecto de transmisión está prevista una señal de chirrido de frecuencia modulada $x(t)$ cuya frecuencia instantánea f no se modula de manera lineal con el tiempo t . El curso en el tiempo $f(t)$ de la frecuencia instantánea de la señal de chirrido de frecuencia modulada $x(t)$ a una función de transmisión $H(f)$ se adapta al trayecto de transmisión predeterminado. El cambio temporal de la frecuencia instantánea f de la señal de chirrido de frecuencia modulada $x(t)$ se correlaciona con el valor correspondiente a esta frecuencia f de la función de transmisión $H(f)$ del trayecto de
20 transmisión de tal manera que en frecuencias f con un valor correspondiente reducido de la función de transmisión $H(f)$ la velocidad del cambio de frecuencia es menor que en frecuencias f con un valor correspondiente elevado de la función de transmisión $H(f)$.

25 Una señal de chirrido rectangular $x'(t)$ sirve para el control del transductor de ultrasonido. Se propone además un dispositivo para la comprobación de ultrasonido con un generador de señales para controlar un transductor de ultrasonido con una señal de chirrido de frecuencia modulada $x(t)$ cuya frecuencia instantánea f no depende linealmente del tiempo y un filtro de compresión de impulsos para la transformación de la señal de chirrido recibida de este o de otro transductor de ultrasonido $y(t)$ en un impulso corto de recepción $z(t)$.

30 Por el documento DE 10 2004 038 638 se conoce un procedimiento para determinar la fuerza de tensión previa de componentes de conexión a través de la excitación de ultrasonido. Con este sonido se mide la fuerza de tensión de componentes de conexión, por ejemplo tornillos o pernos, a través de una excitación de ultrasonido de banda ancha. Para este propósito se usa un generador de impulsos que genera un impulso de ultrasonido mediante una posición de fase distribuida estadísticamente de componentes de frecuencia usados y/o resolubles con un ancho de impulso predeterminable. El ancho de impulso se adapta a las distancias del eco de los impulsos de ultrasonido de manera que no se presenta una superposición de reflejos variables individuales y se alcanza la duración máxima posible de impulso. El eco de impulso de ultrasonido recibido se selecciona en relación con el tiempo en cuanto a por lo menos un reflejo y se somete a un procedimiento de transformación de manera que para un momento definido relacionado con el ultrasonido se desplazan todos los aportes de frecuencia en relación con el tiempo o con respecto a la fase.

35 Por el documento DE 10 2004 038 638 se conoce además un componente de conexión en cuya área superior se encuentra un transductor de ultrasonido cuya estructura está configurada como estructura de capas.

40 Como transductores de ultrasonido que se denominan también como sensores de ultrasonido se usan hoy en día, por ejemplo, sensores adheridos con láminas de PVDF. Los sensores de ultrasonido realizados con láminas de PVDF son muy sensibles y se aplican, por ejemplo, sobre las cabezas de tornillos de componentes de conexión configurados como tornillos. La aplicación y la fijación en una cabeza de tornillo se realizan por lo general por medio de una capa de adhesivo. Las láminas de PVDF tienen la desventaja de que no son resistentes a la temperatura. A partir de una temperatura de aproximadamente 70 °C se presenta en la lámina de PVDF un proceso de envejecimiento que en el caso extremo puede llevar a la desintegración de la lámina de PVDF. El problema básico de las láminas de PVDF es la desintegración de la lámina en vista del tiempo de funcionamiento o un desprendimiento parcial del material de lámina. Si se mide ahora una fuerza de tensión previa o la fuerza de tensión de un componente de conexión configurado en forma de tornillo con ayuda de un sensor de ultrasonido que se
45 fabrica a partir de la lámina de PVDF, entonces no son visibles, por ejemplo los desprendimientos parciales que se presentan debido a una exposición de temperatura elevada por debajo de la lámina de PVDF. Debido a los desprendimientos parciales y de la posición local desconocida de los desprendimientos parciales con la medición de ultrasonido con tal sensor de ultrasonido previamente dañado se obtiene un resultado erróneo de la medición, puesto que se distorsionan los tiempos de propagación de las señales debido a que se alarga la señal de ultrasonido por los desprendimientos parciales. Con una desintegración completa de la lámina de PVDF en el caso extremo ya
50 no es posible una medición de ultrasonido. Las distorsiones que se presentan pueden llevar a errores de hasta 40 % que por lo tanto distorsionan considerablemente un resultado basado en una medición del tiempo de propagación de la señal, si es que no lo hacen del todo inservible.

Además, en las mediciones de ultrasonido se conoce el uso de un gel de acoplamiento que para la determinación de una fuerza de tensión previa es, sin embargo, inapropiado en un componente de conexión en forma de tornillo, puesto que a través de las más mínimas diferencias durante el posicionamiento del cabezal de comprobación se producen diferencias de los tiempos de propagación previa de acoplamiento de ultrasonido que son mayores que el parámetro medido propiamente dicho. Con las mediciones de ultrasonido en las que se emplea un gel de acoplamiento por lo general no es posible alcanzar las clases de exactitud requeridas.

Por el documento WO 92/03665 se conoce un elemento de conexión con indicación de carga en el que se mide la carga mediante ultrasonido. Para la generación de ultrasonido se aplican dos electrodos en el elemento de conexión, en donde se forma una película con propiedades piezoeléctricas con la ayuda de un proceso de evaporación en uno de los electrodos.

Descripción de la invención

En vista de las desventajas esbozadas de las soluciones del estado anterior de la técnica, la invención tiene como objetivo proveer un componente de conexión con sensor de ultrasonido integrado que puede ser usado en particular en temperaturas más altas de $> 350\text{ }^{\circ}\text{C}$ y que es estable durante un largo tiempo de funcionamiento, Además, el sensor de ultrasonido se debe configurar resistente a la oxidación.

De acuerdo con la invención se propone un componente de conexión configurado en particular en forma de tornillo que comprende un sensor de ultrasonido que presenta una estructura por capas en un extremo de acceso libre. El sensor de ultrasonido forma parte del componente de conexión configurado en forma de tornillo y está asignado a una superficie frontal en la cabezal de tornillo y el extremo de tornillo opuesto a este último con acceso libre, es decir, una superficie frontal del componente de conexión después del fin de la rosca. Tanto el lado frontal que representa la cabeza de tornillo como también el extremo de tornillo opuesto a este último representa un lugar de libre acceso en la que se puede acoplar una señal de ultrasonido en el componente de conexión.

El sensor de ultrasonido comprende preferentemente por lo menos una capa de electrodos, en donde electrodos individuales están aislados unos de otros. Además, la estructura de capas del componente de conexión propuesto con su sensor de ultrasonido integrado comprende una capa protectora mecánica y una capa de un material que presenta propiedades piezoeléctricas. Las por lo menos tres capas mencionadas de la estructura de capas del sensor de ultrasonido se aplican en el extremo de acceso libre del componente de conexión configurado preferentemente en forma de tornillo mediante la técnica de pulverización catódica. Por la vía de la pulverización catódica a través de la aplicación de una capa eléctrica en un dispositivo de pulverización catódica se logra una pulverización catódica de las partículas más pequeñas del material correspondiente, por lo que se aplican las capas individuales del sensor de ultrasonido configurado como estructura de capas obteniéndose una elevada adhesión de más de $40\text{ Newton por mm}^2$ sobre el respectivo lado frontal de acceso libre del componente de conexión, en el presente caso, por ejemplo, sobre el lado frontal de la cabeza de tornillo o sobre el lado frontal opuesto a este último al final del fin de rosca. Debido a la elevada adhesión se eliminan todos los errores de acoplamiento entre el elemento de sensor de ultrasonido y el respectivo lado frontal del componente de conexión. En comparación con la aplicación de pegamento, la adhesión lograda es estable a temperaturas elevadas.

El componente de conexión se fabrica preferentemente a partir de materiales normales para tornillos, tales como por ejemplo aceros de alta aleación, aceros especiales, titanio y sus aleaciones, así como por ejemplo TiAl6V4, aluminio y sus aleaciones, latón, Inconel (aleación de níquel) y aceros antimagnéticos, tales como por ejemplo acero A286.

La estructura de capas del sensor de ultrasonido configurado con por lo menos tres capas, realizado con la técnica de película delgada, presenta capas individuales aplicadas en uno de los respectivos lados frontales libremente accesibles, en donde el respectivo lado frontal libremente accesible del componente de conexión se somete a una aplicación por pulverización catódica del material que presenta propiedades piezoeléctricas.

Los componentes de conexión propuestos de acuerdo con la invención con sensor de ultrasonido integrado se destacan por una elevada estabilidad a temperaturas elevadas durante un prolongado tiempo de funcionamiento. Se usan, por ejemplo, en motores de aviones que presentan temperaturas extremadamente elevadas, en particular, cerca de la cámara de combustión, en donde se alcanza un calentamiento del componente de conexión en un nivel de temperatura entre $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Suponiendo una temperatura dentro de la cámara de combustión de $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$, los componentes de conexión montados en un motor de avión fuera de la cámara de combustión, tales como por ejemplo tornillos o pernos, están expuestos a temperaturas de más de $500\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Además de las aplicaciones en el área de los motores para aviones, los componentes de conexión con sensor de ultrasonido integrado propuestos de acuerdo con la invención pueden ser usados también en centrales eléctricas, así como por ejemplo en centrales nucleares. Por lo general, los componentes de conexión empleados en centrales eléctricas, excepto por las revisiones realizadas anualmente, se someten a exposiciones de temperaturas constantes, mientras que los componentes de conexión usados en la construcción de aeronaves y en particular en la construcción de motores se someten a una exposición cíclica. Los ciclos se ubican así, por ejemplo, en vuelos de trayectos cortos, medianos y largos en una duración de tiempo de 2 a varias horas.

El sensor de ultrasonido integrado en el componente de conexión propuesto de acuerdo con la invención comprende dentro de su estructura de capas un material que presenta propiedades piezoeléctricas. El efecto piezoeléctrico se usa por la aplicación de una tensión en este material que presenta propiedades piezoeléctricas, gracias a que se aprovecha la expansión espacial de este último. La tensión aplicada es preferentemente una tensión alterna, de modo que esta última produce una expansión y contracción periódica, es decir, una vibración, del material que presenta propiedades piezoeléctricas. Puesto que el sensor de ultrasonido está conectado de manera fija con el componente de conexión, las vibraciones como ondas a causa de la frecuencia usada en la gama de megahercios como ondas de ultrasonido se acoplan en el componente de conexión configurado preferentemente como tornillo. El sensor de ultrasonido integrado en el componente de conexión propuesto de acuerdo con la invención se caracteriza además por una gama de frecuencias de funcionamiento de banda extremadamente ancha. Otra ventaja contundente consiste en que con el sensor de ultrasonido es posible generar al mismo tiempo ondas de ultrasonido longitudinales y transversales en el componente de conexión, lo que es de importancia contundente en cuanto a una consistencia de señal de la señal recibida.

Después de alcanzar la temperatura de Curie desaparece este efecto piezoeléctrico, por lo que por encima de la temperatura de Curie que depende del material usado que presente propiedades piezoeléctricas no es posible una medición de ultrasonido. Recién cuando la temperatura del componente de conexión se ubica por debajo de la temperatura de Curie del respectivo material usado que presenta propiedades piezoeléctricas se puede llevar a cabo de nuevo una medición de ultrasonido.

Con el componente de conexión propuesto de acuerdo con la invención con sensor de ultrasonido integrado se evita por un lado el fenómeno de la desintegración o el desprendimiento parcial, respectivamente, de los sensores de ultrasonido de PVDF, de modo que es posible una medición de ultrasonido fiable. El componente de conexión propuesto de acuerdo con la invención con sensor de ultrasonido integrado después de pasar por una pluralidad de los ciclos de temperatura antes descritos es capaz de funcionar y también está en condiciones de proveer resultados de medición fiables, tan pronto que la temperatura del componente se ubica por debajo de la temperatura de Curie del material respectivo usado que presenta propiedades piezoeléctricas.

El sensor de ultrasonido integrado en el componente de conexión propuesto de acuerdo con la invención por un lado es de construcción extremadamente compacta y por otro lado presenta una enorme estabilidad al calor que todavía está presente en un grado elevado incluso después de varios ciclos de funcionamiento, así como por ejemplo en un motor de avión, de modo que es posible recibir señales fiables; además, el sensor de ultrasonido integrado en el componente de conexión propuesto de acuerdo con la invención se distingue por una larga vida útil, que se ve favorecida por la selección de materiales.

Dibujo.

A continuación se describirá la invención haciendo referencia a los dibujos

En que:

La figura 1 muestra un dispositivo para realizar una medición de ultrasonido en un componente de conexión configurado como tornillo y

La figura 2 muestra una sección en vista ampliada a través de la estructura de capas del sensor de ultrasonido integrado en el componente de conexión,

La figura 3 muestra una forma de realización adicional de un sensor de ultrasonido construido por capas, incorporado en el componente de conexión.

Variantes de realización

En la representación de acuerdo con la figura 1, un componente de conexión 1 está configurado como tornillo. Además, el componente de conexión también puede estar configurado como clavija o perno.

El componente de conexión 1 representado en la figura 1 comprende una cabeza de tornillo 2 y un vástago 3. Por debajo del vástago 3 se extiende una parte roscada 4 que se puede atornillar en una rosca complementaria de un componente o se puede proveer de una tuerca. Por encima de la cabeza de tornillo 2 se encuentra un sensor de ultrasonido 5 para un impulso de ultrasonido 7 que se va a acoplar en el componente de conexión 1. El impulso de ultrasonido 7 acoplado dentro del componente de conexión 1 en el sensor de ultrasonido se desplaza a lo largo de una vía de desplazamiento 6 por el componente de conexión 1 y vuelve a salir del componente de conexión 1 en el sensor de ultrasonido 5 para el impulso de ultrasonido 7 como eco de impulso de ultrasonido eléctrico 8. Con t se indica el tiempo que transcurre entre la entrada del impulso de ultrasonido 7 dentro del componente de conexión 1 y la salida del eco de impulso de ultrasonido 8 desde el componente de conexión 1, es decir, el tiempo de desplazamiento de la señal de ultrasonido.

Con el acoplamiento del impulso de ultrasonido 7 y para el desacoplamiento del eco de ultrasonido eléctrico 8 en o desde el componente de conexión 1, respectivamente, se extiende una línea de transmisión de señal 15 que puede

estar constituida como cable coaxial con una impedancia interna de la línea de transmisión de señal entre el sensor de ultrasonido 5 y un aparato de medición de ultrasonido 9. El aparato de medición de ultrasonido 9 se conecta con un ordenador 14 que puede ser, por ejemplo, un PC. Además, el aparato de medición de ultrasonido 9 está conectado con un generador de impulsos 10 (*arbitrary function generator*, generador de función arbitraria) al que puede estar asignado un primer amplificador de potencia 11. Por el generador de impulso 10 con un primer amplificador de potencia 11 se generan los impulsos de ultrasonido 7 con la interconexión del sensor de ultrasonido 5. Para detectar un eco de impulso de ultrasonido eléctrico desacoplado desde el componente de conexión 1 sirve un registrador de fenómenos transitorios 12 que puede comprender un amplificador de potencia 13. Para determinar el tiempo de desplazamiento presente en el momento de la medición de la fuerza de tensión en la línea de transmisión de señal 15 y los tiempos de desplazamiento de las señales de ultrasonido por el aparato de medición electrónico 9 se usa la reflexión de una señal de excitación eléctrica en el extremo (en el sensor de ultrasonido 5) de la línea de transmisión de señal 15.

A partir de la representación de acuerdo con la figura 2 se desprende el componente de conexión sin periferia de evaluación, pero con elemento de sensor de ultrasonido integrado en escala ampliada.

El componente de conexión 1 representado en la figura 2 se realiza preferentemente como tornillo. Además, el componente de conexión 1 también se puede configurar como clavija de perno o remache o similar. El componente de conexión 1 comprende el vástago 3 en el que se configura una parte roscada 4. En un primer extremo 25 que es el lado frontal de la cabeza de tornillo 2 se encuentra el sensor de ultrasonido 5 que presenta una estructura de capas 20. La estructura de capas 20 comprende por lo menos tres capas, en donde directamente sobre el primer extremo 25, es decir el lado frontal de la cabeza de tornillo 2 se ha aplicado por pulverización catódica una capa 23 de un material que presenta propiedades piezoeléctricas. La aplicación por pulverización catódica de la capa 23 se realiza con un espesor de capa de unos pocos μm . En la capa 23 se aplica por pulverización catódica una capa protectora mecánica 22 cuyo espesor de capa es menor que la capa de la capa subyacente 23 de un material que presenta propiedades piezoeléctricas. Finalmente, la estructura de capas 20 de acuerdo con la representación de la figura 2 comprende por lo menos una capa de electrodos 21. Dentro de la capa de electrodos 21, electrodos individuales están aislados uno de otro, indicados por un espaciamiento 26.

El sensor de ultrasonido 5 representado en la figura 2 como estructura de capas 20 también se puede aplicar por pulverización catódica en un segundo extremo 27 que también es accesible libremente.

Lo que en la figura 2 se representa a modo de ejemplo en el ejemplo de un componente de conexión configurado como tornillo 1 se puede realizar también en un componente de conexión que se puede realizar como perno, como remache o como clavija.

El sensor de ultrasonido 5 integrado en el componente de conexión 1 propuesto de acuerdo con la invención en una estructura de capas se destaca por una elevada adhesión, por ejemplo en el primer extremo configurado como lado frontal 25 el componente de conexión 1. Debido a la elevada adhesión de más de 40 Newton por mm^2 se eliminan todos los errores de acoplamiento que pueden afectar el tiempo de desplazamiento de la señal entre el sensor de ultrasonido 5 y el componente de conexión 1 – en particular una capa de pegamento entre la capa 23 y el primer extremo 25. A través de esto se puede alcanzar una medición del tiempo de desplazamiento de la señal de manera considerablemente más exacta y así una determinación sustancialmente más exacta de la fuerza de tensión previa o la fuerza de tensión del componente de conexión 1, respectivamente. El componente de conexión 1 se puede fabricar del grupo de los materiales enumerados a continuación: aceros de alta aleación, aceros especiales, titanio y sus aleaciones, en particular TiAl6V4, así como aluminio y sus aleaciones, además latón, Inconel (aleación de níquel) así como aceros, tales como por ejemplo A286, que no son magnéticos.

El sensor de ultrasonido 5 propuesto de acuerdo con la invención es completamente funcional incluso después de pasar por una pluralidad de ciclos de temperatura que se caracterizan por un corto tiempo de aumento de la temperatura de pocos minutos, una carga de temperatura continua a un nivel de temperatura elevada entre 350 °C y 500 °C, en casos extremos hasta 1000 °C y un enfriamiento que ocurre solamente de manera lenta, no se presentan desprendimientos parciales dentro de la estructura de capas 20 que puedan afectar el tiempo de desplazamiento de la señal de una señal de ultrasonido.

Puesto que cada capa dentro de la estructura de capas 20, es decir, la por lo menos una capa de electrodos 21, la por lo menos una capa de protección mecánica 22 y la por lo menos una capa piezoeléctrica 23 se aplica por la vía de la técnica de pulverización catódica, entre las capas individuales 21, 22, 23 de la estructura de capas 20 rigen en cada caso grandes fuerzas de adhesión no solamente entre el lado de contacto de la capa 23 de un material que presenta propiedades piezoeléctricas y el primer extremo 25 del componente de conexión 1 sino también entre las capas 21, 22, 23 entre ellas. Se realiza preferentemente un aislamiento de los electrodos individuales dentro de la capa de electrodos 21 a través de una técnica de enmascaramiento a través de la que se producen los espaciamientos 26 representados en la figura 2 entre los electrodos individuales de la capa de electrodos 21.

Dependiendo del material seleccionado, a partir del cual se produce la capa 23 y que presenta propiedades piezoeléctricas, después de llegar por debajo de la respectiva temperatura de Curie del material con propiedades piezoeléctricas a partir del cual se produce la capa 23 se puede generar una señal de ultrasonido fiable que hace

posible una medición de ultrasonido significativa.

Preferentemente, el espesor de la capa 23 del material con propiedades piezoeléctricas excede por varias veces el espesor de la capa protectora mecánica 22, mientras que el espesor de la capa en la que se realiza la capa de electrodos 21 puede corresponder sustancialmente al espesor de la capa 23 de un material con propiedades piezoeléctricas.

De acuerdo con una forma de realización ventajosa adicional, el elemento de sensor propuesto de acuerdo con la invención se incorpora en una cavidad o depresión en un primer lado frontal del componente de conexión.

De la figura 3 se desprende que el componente de conexión 1 constituido como tornillo en la forma de realización de acuerdo con la figura 3 de manera análoga a la forma de realización representada en la figura 2 incorpora la cabeza de tornillo 2, el vástago 3, la parte roscada 4 y el sensor de ultrasonido 5. El sensor de ultrasonido 5 de acuerdo con la representación en la figura 3 se configura en la estructura de capas 20 y comprende la capa de electrodos 21, la capa protectora mecánica, véase el número de referencia 22 y la capa piezoeléctrica 23. La estructura de capas 20 del sensor de ultrasonido 5 se encuentra incorporada en una cavidad o depresión 28, respectivamente, en el primer extremo 25 del componente de conexión 1. La cavidad o depresión 28, respectivamente, en el primer extremo 25 del componente de conexión 1 comprende además una pared de delimitación lateral 29. La pared de delimitación lateral 29 hace de manera ventajosa que la estructura de capas 20 del sensor de ultrasonido 5 del material del componente de conexión 1 que es un material de acero inoxidable o un acero de alta aleación, cubra las superficies laterales de la estructura de capa 20, es decir de la capa de electrodos 21, la capa protectora mecánica 22 y la capa piezoeléctrica 23. A través de esto se puede prevenir efectivamente la difusión de moléculas de hidrógeno en particular en la capa piezoeléctrica 23, la oxidación y desoxidación de la capa piezoeléctrica y la contaminación por materiales extraños en la capa piezoeléctrica 23. En una difusión de moléculas extrañas a través de canales huecos en la capa piezoeléctrica 23 se produciría allí una disminución de la resistencia eléctrica de la capa piezoeléctrica 23 y en temperaturas más elevadas se produciría una conversión química de la capa piezoeléctrica 23, lo que a largo plazo lleva a una falla total del sensor de ultrasonido 5.

A través de la capa protectora configurada de manera compacta 22 se evita la difusión de moléculas extrañas en la capa piezoeléctrica 23 así como la oxidación y la desoxidación de la capa piezoeléctrica 23. Se produce una protección lateral de la estructura de capas 20 del sensor de ultrasonido 5 contra oxidación y desoxidación así como contra la difusión de moléculas de hidrógeno a través de la incorporación de este último en la cavidad o depresión 28, respectivamente, en el primer extremo 25 del componente de conexión 1.

Como se desprende de la representación de acuerdo con la figura 3, la estructura de capas 20 del sensor de ultrasonido 5 se incorpora en la cavidad o la depresión 28, respectivamente, en el primer extremo 25 en el lado frontal del componente de conexión 1. El sensor de ultrasonido 5 construido en la estructura de capas 20 en la forma de realización de acuerdo con la figura 3 se usa con temperaturas de por lo menos 200 °C, preferentemente con temperaturas entre 250 °C y 950 °C. La capa piezoeléctrica 23 se fabrica de un material como por ejemplo ZnO. Cuando se excede la temperatura de Curie se suprime el efecto piezoeléctrico.

La capa piezoeléctrica 23 se debe proteger contra oxidación y desoxidación. Para el material del que se fabrica la capa piezoeléctrica 23 dentro de la estructura de capas 20 se puede usar también nitruro de aluminio u óxido de silicio o titanato de vario. En cuanto al material del que se fabrica el componente de conexión 1 se puede tratar de aceros especiales, en particular aceros especiales no oxidados y aceros de alta aleación como TiAl6V4.

La capa protectora mecánica 22 que está dispuesta dentro de la estructura de capas 20 se fabrica preferentemente en combinación con N, C u O, en donde el material de conexión es preferentemente un material metálico. La capa protectora mecánica 22 puede fabricarse de carburos, nitruros, óxidos, en cada caso en combinación con titanio, circonio, silicio, aluminio o cromo.

Para la capa de electrodos 21 es posible seleccionar los siguientes materiales: En una primera forma de realización es posible usar metales con o sin nitrógeno, como por ejemplo titanio y TiN o similares así como también cromo y CrN, o en una forma de realización adicional como aleación de metal, así como por ejemplo NiCr. Con la selección del material del que se fabrica la capa de electrodos 21 de la estructura de capas 20 del sensor de ultrasonido 5 se usan preferentemente elementos de los grupos IV, IVb, VIb, VIIIb, Ib, así como por ejemplo Sn, Ag, Ti u otras combinaciones metálicas entre ellas, así como por ejemplo NiCr.

Para la estructura de capas 20 con la que se configura el sensor de ultrasonido propuesto de acuerdo con la invención 5 se debe tener cuidado de que la estructura de capas 20 se configura de manera compacta y libre de poros.

El componente de conexión 1 es un tornillo en cuya cabeza de tornillo se incorpora el sensor de ultrasonido propuesto de acuerdo con la invención 5. El componente de conexión 1 comprende una cabeza de tornillo 2, el vástago 3 y la parte roscada configurada en la circunferencia de esta última 4. Mientras que el primer extremo del componente de conexión 1 se indica con el número de referencia 25, el segundo extremo, opuesto al primero, se identifica con el número de referencia 27.

El sensor de ultrasonido 5 representado de acuerdo con la figura 3 puede usarse como sensor de alta temperatura. El sensor de ultrasonido propuesto de acuerdo con la invención se usa como sensor de alta temperatura en un intervalo de temperatura entre 200 °C y 1000 °C, preferentemente en un intervalo de temperatura entre 250 °C y 950 °C y más preferentemente dentro de un intervalo de temperatura entre 650 °C y 900 °C. En la forma de realización representada se fabrica la capa piezoeléctrica 23 por ejemplo de ZnO, mientras que con respecto al material con el que se fabrica el componente de conexión 1 – representado aquí como tornillo – se trata preferentemente de aceros especiales, aceros especiales no oxidados y aceros de alta aleación que son estables a temperaturas elevadas.

La capa piezoeléctrica 21 puede fabricarse además del ZnO ya mencionado también de nitruro de aluminio, óxido de silicio o titanato de bario. Para la capa protectora mecánica 22 se usan preferentemente combinaciones metálicas con N u O, a fin de proteger la capa piezoeléctrica 23. La capa protectora mecánica 22 está dispuesta por debajo de la capa de electrodos 21, pero por encima de la capa piezoeléctrica 23. A fin de evitar que penetren moléculas extrañas, por ejemplo hidrógeno, en la capa piezoeléctrica 23 así como la oxidación y la desoxidación de la capa piezoeléctrica 23, las capas individuales 21, 22, 23 de la estructura de capas 20 del sensor de ultrasonido 5 se incorporan en la cavidad o depresión 28, respectivamente, en la cabeza de tornillo 2 del componente de conexión 1, A través de la cavidad o depresión 28, respectivamente, se protege la capa piezoeléctrica 23 de la estructura de capas 20 también desde el lado contra la penetración por difusión de moléculas extrañas así como también contra oxidación y desoxidación.

A fin de evitar la penetración por difusión de moléculas de H₂ o de agua en el interior de la capa piezoeléctrica 23 se debe tener cuidado de que la capa de electrodos 21 así como la capa protectora 22 del sensor de ultrasonido 5 estén configuradas de manera compacta y libre de poros y en particular que no se formen espacios huecos, dentro de los que se podrían depositar o penetrar por difusión las moléculas de H₂ o de agua. Esto es necesario para la resistencia al agua o la estabilidad contra la humedad, respectivamente, del sensor de ultrasonido 5.

Lista de números de referencia

- 1 Componente de conexión
- 2 Cabeza de tornillo
- 3 Vástago
- 4 Parte roscada
- 5 Sensor de ultrasonido
- 6 Trayecto del sonido
- 7 Tiempo de desplazamiento de la señal de ultrasonido entre el acoplamiento y el desacoplamiento del componente de conexión 1
- 8 Eco de impulso de ultrasonido
- 9 Aparato de medición de ultrasonido electrónico
- 10 Generador de impulsos
- 11 Amplificador de potencia
- 12 Registrador de fenómenos transitorios
- 13 Amplificador previo
- 14 Ordenador
- 15 Línea de transmisión de señal
- 20 Estructura de capas del sensor de ultrasonido 5
- 21 Capa de electrodos
- 22 Capa protectora mecánica
- 23 Capa piezoeléctrica
- 24 Conexión de tensión alterna
- 25 Primer extremo (lado frontal de cabeza de tornillo 2)
- 26 Espaciamiento de electrodos individuales
- 27 Segundo extremo (final de rosca del componente de conexión)
- 28 Cavidad, depresión
- 29 Pared de delimitación lateral

REIVINDICACIONES

1. Componente de conexión (1) con sensor de ultrasonido (5) integrado para determinar la fuerza de tensión previa o la fuerza de tensión del componente de conexión (1), en donde el sensor de ultrasonido (5) presenta una estructura de capas (20) con una capa de electrodos (21), por lo menos una capa protectora mecánica (22) y por lo menos una capa (23) de un material con propiedades piezoeléctricas y la por lo menos una capa de electrodos (21), la por lo menos una capa protectora mecánica (22) y la por lo menos una capa (23) de un material con propiedades piezoeléctricas están dispuestas aplicadas por pulverización catódica en un extremo de acceso libre (25, 27) del componente de conexión (1), **caracterizado porque** la estructura de capas (20) se realiza de manera compacta y libre de poros, el sensor de ultrasonido (5) está configurado para resistir sin daños un paso múltiple por un ciclo de temperaturas con un período de calentamiento corto, un período en el que rige un nivel de temperatura aumentada y un período de enfriamiento, gracias a que la por lo menos una capa protectora mecánica (22) separa la capa (23) de un material con propiedades piezoeléctricas de la capa de electrodos (21).
2. Componente de conexión de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el componente de conexión (1) se usa como sensor de alta temperatura en un intervalo de temperaturas entre 200 °C y 1000 °C, preferentemente entre 250 °C y 950 °C y más preferentemente dentro de un intervalo de temperaturas entre 650 °C y 900 °C.
3. Componente de conexión de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** está fabricado a partir del grupo de materiales que se enumeran a continuación: aceros de alta aleación, aceros especiales, titanio y sus aleaciones, TiAl6V4, aluminio y sus aleaciones, aleaciones de níquel (Inconel), aceros antimagnéticos, tales como A286 o latón.
4. Componente de conexión de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el espesor de capa de la capa protectora mecánica (22) es varias veces menor que el espesor de capa de la capa (23) de material que presenta propiedades piezoeléctricas.
5. Componente de conexión de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** las capas (21, 22, 23) de la estructura de capas (20) están aplicadas con una fuerza de adhesión relativa entre ellas de entre 20 N/mm² y 80 N/mm², preferentemente de 50 N/mm² y más preferentemente de 40 N/mm².
6. Componente de conexión de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la capa (23) de un material que presenta propiedades piezoeléctricas está aplicada con una fuerza de adhesión de más de 40 Newton por mm² sobre un primer extremo (25) o un segundo extremo (27) del componente de conexión (1).
7. Componente de conexión de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el sensor de ultrasonido (5) al estar por debajo de la temperatura de Curie del material con propiedades piezoeléctricas en una capa (23) proporciona ecos de impulso de ultrasonido (8) significativos.
8. Componente de conexión de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el espesor de capa de la capa de electrodos (21) es < 30 μm.
9. Componente de conexión de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el espesor de capa de la capa protectora mecánica (22) es < 20 μm.
10. Componente de conexión de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el espesor de capa de la capa (23) de un material con propiedades piezoeléctricas es < 50 μm.
11. Componente de conexión de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el primer extremo (25) es el lado frontal de una cabeza de tornillo (2).
12. Componente de conexión de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el segundo extremo (27) es el lado frontal en el extremo de una parte roscada (4).
13. Componente de conexión de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** está configurado como tornillo, como tornillo hueco, como perno de anclaje, como perno, como remache o como clavija o como componente especial para aplicaciones de aviación.
14. Componente de conexión de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el sensor de ultrasonido (5) integrado está incorporado en el primer extremo de acceso libre (25) del componente de conexión (1) en una cavidad o depresión (28) configurada allí.
15. Componente de conexión de acuerdo con la reivindicación 14, **caracterizado porque** la estructura de capas (20) del sensor de ultrasonido (5) está incorporada en el primer extremo (25) o el segundo extremo (27) del componente de conexión (1).

Fig. 1

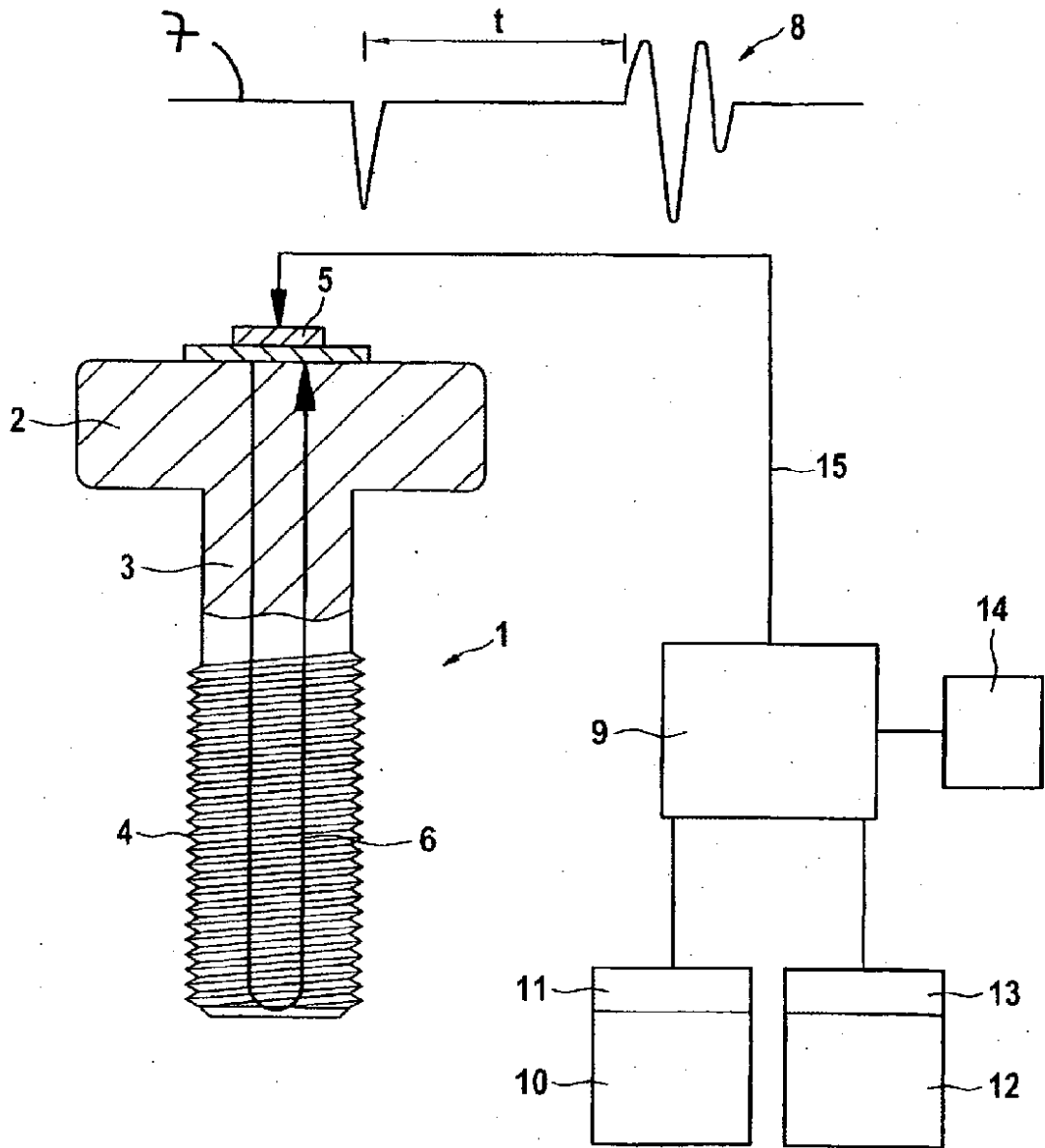
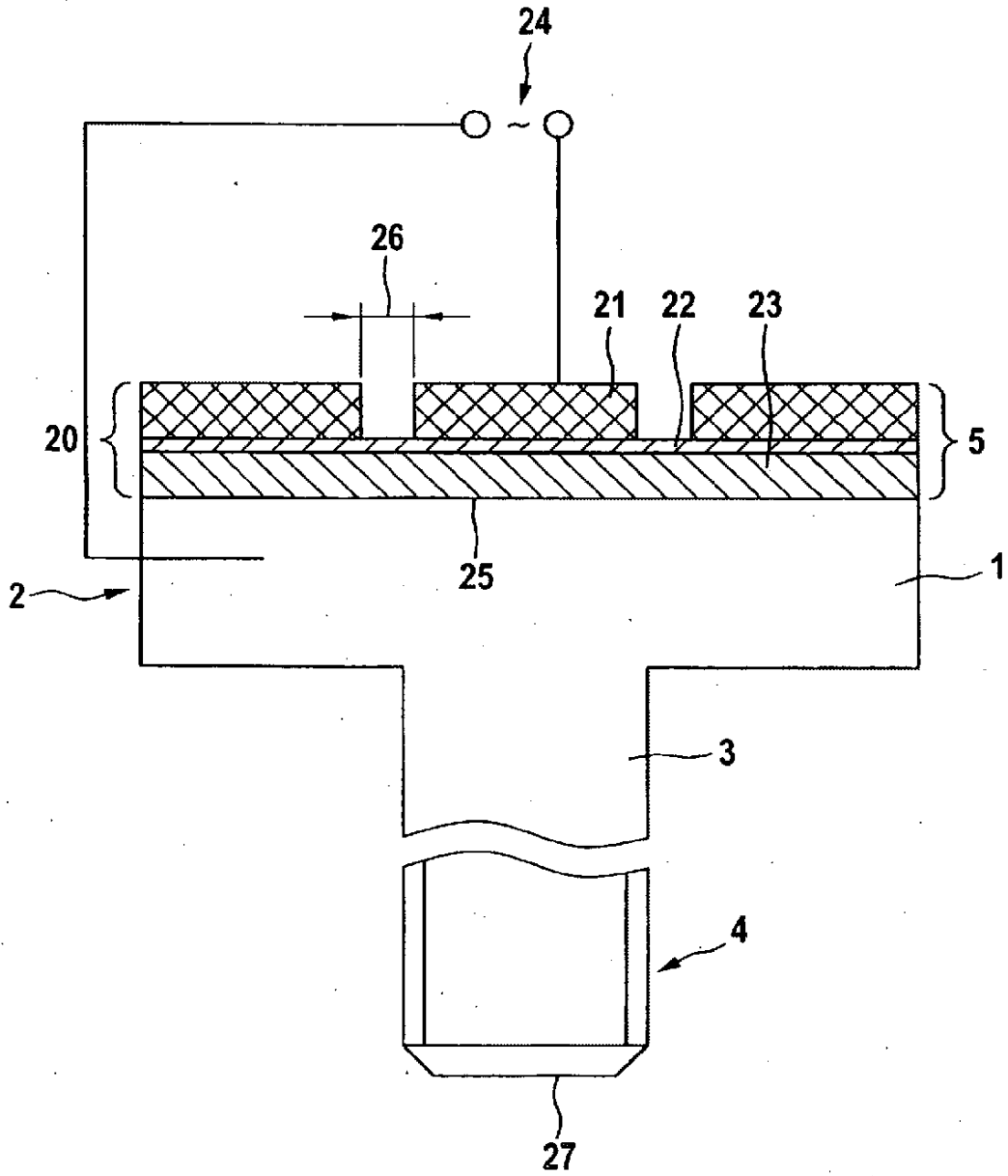


Fig. 2



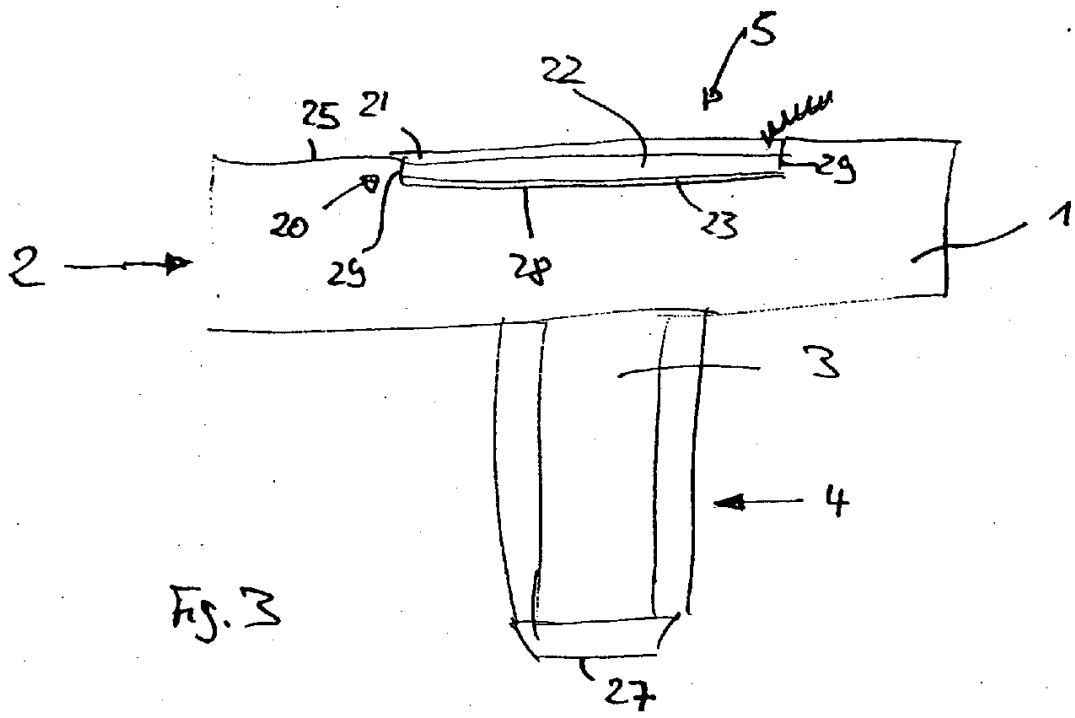


Fig. 3