

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 387 218**

51 Int. Cl.:  
**F16B 31/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **02714862 .6**
- 96 Fecha de presentación: **28.01.2002**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **1364132**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **26.11.2003**

54 Título: **Elemento indicador de carga con marca de identificación**

30 Prioridad:  
**29.01.2001 US 264877 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**18.09.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**18.09.2012**

73 Titular/es:  
**INNOVATION PLUS, L.L.C.  
900 WEST VALLEY ROAD, SUITE 101  
WAYNE, PA 19087, US**

72 Inventor/es:  
**KIBBLEWHITE, Ian, E.**

74 Agente/Representante:  
**Lazcano Gainza, Jesús**

**ES 2 387 218 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

Elemento indicador de carga con marca de identificación

5 **Antecedentes de la invención**

Esta invención se refiere a elementos indicadores de carga y, más particularmente, a elementos indicadores de carga, tales como fijadores, que tienen transductores ultrasónicos. Se conoce un dispositivo según la parte precharacterizadora de la reivindicación 1 a partir del documento US 5.220.839 A.

10 En muchas operaciones, es deseable determinar la cantidad de carga longitudinal experimentada por un elemento tensado longitudinalmente. Esta información es particularmente útil cuando el elemento tensado longitudinalmente es un fijador ya que la medición de la carga longitudinal proporciona una verificación de la existencia de una junta apropiada.

15 La medición de carga ultrasónica es una técnica de medición precisa para determinar la carga en juntas sujetas con pernos. Se han usado técnicas de eco de impulso con transductores ultrasónicos desmontables en laboratorios y para control de calidad durante más de treinta años. Históricamente, sin embargo, las dificultades prácticas en lograr el acoplamiento acústico fiable y en incorporar transductores en máquinas han evitado que esta técnica se convierta en una estrategia de apriete de montajes generales.

20 Las dificultades de acoplamiento anteriores se superaron con transductores unidos permanentemente. La patente estadounidense n.º 4.846.001 (concedida a Kibblewhite) enseña el uso de una película de polímero piezoeléctrica delgada que está acoplada de manera permanente, mecánica y acústica a una superficie de extremo de un elemento y que se usa para determinar la longitud, carga de tracción, tensión u otra característica dependiente de la carga de tracción del elemento mediante técnicas ultrasónicas. Aunque la invención representa un avance significativo sobre el estado de la técnica anterior en cuanto a rendimiento, facilidad de fabricación y coste de fabricación, existen desventajas con un transductor de esta construcción. Estas desventajas se refieren al rendimiento ambiental, en particular las limitaciones de temperatura máxima del material de polímero que restringe su aplicación, y la posibilidad de que el transductor, fijado al fijador con adhesivo, se afloje y provoque una obstrucción en, o daño a, una línea de montaje crítica.

25 La patente estadounidense n.º 5.131.276, concedida a Kibblewhite y cedida a Ultrafast, Inc., enseña un elemento indicador de carga que tiene un transductor ultrasónico, que incluye una película electroacústica, desarrollada directamente sobre la superficie del fijador (es decir, una película delgada piezoeléctrica). Desarrollando la película electroacústica directamente sobre el fijador, la película se interconecta mecánica, eléctrica y acústicamente a la superficie. Los transductores ultrasónicos permanentes no sólo permiten usar la técnica de medición de carga de eco de impulso precisa en la línea de montaje de producción sino que también mejoran de manera significativa las precisiones eliminando errores que resultan del movimiento axial y radial del transductor desmontable con respecto al perno y de variaciones en los medios de acoplamiento.

40 Todos los métodos ultrasónicos mencionados anteriormente para determinar la carga en un elemento indicador de carga requieren una medición de carga cero además de la medida tomada en el estado cargado deseado para determinar la carga absoluta en el elemento. Además, todos usan una medición directa o indirecta del tiempo de vuelo de ida y vuelta de una onda ultrasónica longitudinal. La patente estadounidense n.º 4,602,511 de Holt enseña un método que usa los tiempos de vuelo de ondas tanto longitudinales como transversales para determinar la tensión en un elemento sin tomar una medida de carga cero. Esto es deseable en la medición de carga de tracción en fijadores instalados previamente, por ejemplo.

45 Sin embargo, el uso de ondas ultrasónicas transversales requiere tanto un transductor que pueda generar ondas transversales como medios de acoplamiento acústico que puedan transmitir ondas transversales en el elemento. Se requieren acopladores acústicos especiales con transductores unidos temporalmente, debido a que las ondas transversales generalmente no pueden transmitirse a través de líquidos. Aunque los adhesivos pueden transmitir ondas ultrasónicas transversales, no se ha demostrado la generación de ondas transversales usando los transductores de película de polímero dados a conocer por Kibblewhite en la patente estadounidense n.º 4.846.001. Sólo la tecnología de transductor ultrasónico permanente dada a conocer por Kibblewhite en la patente estadounidense n.º 5.131.276 ha demostrado un método práctico de realizar mediciones de carga en fijadores sin tomar primero una medida de carga cero usando el método basado en mediciones de ondas tanto longitudinales como transversales. Sin embargo, con este método normalmente sólo se pueden conseguir precisiones del  $\pm 15\%$  debido a variaciones de producción en el material y la geometría de los fijadores.

50 Los métodos de medición de carga ultrasónica mencionados anteriormente que usan ondas longitudinales solas pueden precisar mediciones cuando se realiza una medición de carga cero antes del apriete, con precisiones típicas del  $\pm 3\%$  documentadas. Debido a la variación en las longitudes iniciales de los fijadores fabricados usando métodos de producción, sólo es posible la medición de carga instalada en un momento posterior con mediciones de carga ultrasónicas usando ondas longitudinales solas grabando la medición de longitud de carga cero. Los instrumentos de

medición de carga ultrasónica tienen la capacidad de almacenar y recuperar mediciones de carga cero para la inspección posterior de carga.

5 Un medio de identificar a cada fijador para almacenar y recuperar mediciones de longitud de carga cero con instrumentación de medición de carga ultrasónica de transductor desmontable se da a conocer por Shigemi *et al.* en la publicación de solicitud de patente japonesa n.º 10-086074. Shigemi da a conocer un método para aplicar una marca de identificación, tal como un código de barras, sobre la periferia de la cabeza del fijador. El código de barras se lee mediante un lector de código de barras óptico y la medición de longitud ultrasónica de carga cero se almacena en la memoria en un dispositivo de control correspondiente a la marca de identificación sobre el fijador.  
 10 Cuando se lee la carga de fijador en una fecha posterior, se lee primero la marca de identificación para recuperar la medición de longitud de carga cero. Longitud de perno de carga cero es el único parámetro ultrasónico asociado con un perno específico dado a conocer por Shigemi. Además, el código de barras dado a conocer por Shigemi se usa sólo para fines de identificación y no contiene información de medición ultrasónica codificada. Aunque esta invención es adecuada para un único instrumento en una única ubicación, almacenar y recuperar una longitud de carga cero  
 15 sola es inadecuado para garantizar una medición precisa fiable con todos los tipos de fijador, con instrumentos diferentes o con transductores ultrasónicos diferentes, tales como en múltiples ubicaciones de servicio, por ejemplo.

Una dificultad al realizar mediciones de carga de fijador fiables con instrumentación de eco de impulso ultrasónicos surge de la incertidumbre en la identificación consistente del mismo ciclo de eco con el que se realizan mediciones de tiempo de vuelo. Puede producirse una distorsión considerable de la forma de onda de eco, especialmente con fijadores con grandes razones de longitud con respecto a diámetro, principalmente debido a la geometría de fijador y a las variaciones de distribución de tensión. Vecchio *et al.* da a conocer en la patente estadounidense n.º 6.009.380 un método de excitación y detección de múltiples frecuencias para mejorar la fiabilidad para detectar el ciclo de eco  
 20 correcto cuando se realizan mediciones de tiempo de vuelo ultrasónicas para determinar la carga de fijador. El método almacena las características de una forma de onda de eco típica como referencia para un tipo de fijador particular. Sin embargo, las variaciones en las formas de onda de eco de los fijadores del mismo tipo pueden ser lo suficientemente grandes para evitar que este método, que usa una única referencia para un tipo de fijador particular, funcione de manera fiable para todos los fijadores. Por consiguiente, los fijadores que se desvían de manera significativa de las características de forma de onda de referencia son inadecuados para una inspección fiable con este método y debe eliminarse en la producción.  
 25  
 30

**Sumario de la invención**

35 Un objeto principal de la presente invención es proporcionar un método práctico para almacenar una firma ultrasónica completa para fijadores de producción de gran volumen individuales de una manera que pueda recuperarse en un momento posterior mediante instrumentación diferente en ubicaciones diferentes para la medición de carga precisa fiable para la verificación de la integridad de junta.

40 Un objeto adicional es proporcionar una marca duradera, permanente, de bajo coste, tal como un código de barras de alta densidad, que pueda aplicarse a fijadores indicadores de carga, para identificar de manera única fijadores individuales.

Otro objeto es proporcionar una base de datos fácilmente accesible para almacenar y recuperar firmas ultrasónicas de fijador, datos de apriete históricos y datos de carga para fijadores de gran volumen individuales.  
 45

Aún otro objeto es proporcionar una marca duradera, permanente, de bajo coste, tal como un código de barras de alta densidad, que pueda aplicarse a fijadores indicadores de carga, que pueda almacenar todos los parámetros de medición de carga ultrasónica, únicos para un fijador particular, dentro del código.

50 Aún otro objeto es proporcionar un sistema de marcaje que sea práctico para el uso con transductores ultrasónicos permanentes sobre fijadores.

Aún otro objeto es proporcionar un único instrumento que identifique automáticamente un fijador indicador de carga, recupere los parámetros de medición ultrasónica para el fijador, mida el tiempo de vuelo de eco de impulso de una onda ultrasónica, mida la temperatura del fijador y determine de manera precisa y fiable la carga en el fijador.  
 55

Aún otro objeto es proporcionar un método de unión de un transductor ultrasónico a un elemento indicador de carga usando un método de injerto químico.

60 Aún otro objeto es proporcionar un elemento indicador de carga con un transductor ultrasónico permanente que incluye un material de grabación magnético para almacenar y recuperar datos.

Aún otro objeto es proporcionar una etiqueta de código de barras de alta densidad adecuada para su uso en la identificación de piezas sometidas a alta temperatura y entornos corrosivos.  
 65

La presente invención elimina muchas de las desventajas de elementos indicadores de carga de la técnica anterior y

proporciona características y ventajas adicionales no disponibles previamente en elementos indicadores de carga, fijadores indicadores de carga, dispositivos indicadores de carga y herramientas de apriete.

5 El elemento indicador de carga de la presente invención según la reivindicación 1 tiene una marca de identificación permanente que puede leerse y usarse para determinar los parámetros de medición ultrasónica específicos para el elemento indicador de carga para proporcionar medidas de carga más precisas y más fiables compensando diferencias resultantes de las variaciones de fabricación en elementos indicadores de carga individuales.

10 En una realización preferida de la presente invención, un elemento indicador de carga tiene un transductor ultrasónico, unido de manera permanente, mecánica, eléctrica y acústica a un extremo del elemento indicador de carga, de tal manera que el elemento indicador de carga funciona como un primer electrodo. El transductor ultrasónico comprende un elemento piezoeléctrico, adyacente a la superficie de extremo del elemento indicador de carga, y una capa eléctricamente conductora adyacente al elemento piezoeléctrico, que funciona como un segundo electrodo. Un código de barras leído ópticamente bidimensional de alta densidad está marcado permanentemente sobre la superficie del electrodo. En esta realización, el código de barras almacena no sólo una identificación única del elemento indicador de carga sino que también todos los parámetros ultrasónicos, específicos para ese elemento indicador de carga, requeridos para realizar mediciones de carga precisas, fiables.

20 Un método para realizar el elemento indicador de carga según la reivindicación 29 de la presente invención incluye las etapas de proporcionar el elemento indicador de carga con su transductor ultrasónico unido permanentemente, medir los parámetros de medición ultrasónica y marcar un código de barras, en el que se codifican los parámetros de medición ultrasónica, sobre el electrodo superior del transductor.

25 Un método alternativo para realizar el elemento indicador de carga de la presente invención incluye las etapas de proporcionar el transductor ultrasónico, que comprende el elemento piezoeléctrico y una capa de electrodo sobre la que se marca un código de barras de identificación único, unir permanentemente un transductor ultrasónico al elemento de indicación de carga, medir los parámetros de medición ultrasónica y almacenar los parámetros de medición ultrasónica en una base de datos asociada con el código de barras de identificación único.

30 Un método para medir la carga en un elemento indicador de carga de la presente invención incluye las etapas de leer el código de barras con un lector óptico, determinar los parámetros de medición ultrasónica, realizar mediciones de onda ultrasónica de tiempo de vuelo de eco de impulso, y calcular la carga precisa.

35 En otra realización de la presente invención, la marca permanente se aplica directamente al elemento indicador de carga, y las mediciones ultrasónicas se realizan con un transductor ultrasónico desmontable unido temporalmente al fijador indicador de carga.

40 El código de barras de alta densidad de la presente invención puede marcarse o bien con un sistema de marcaje de chorro de tinta o bien, preferiblemente, usando un sistema de marcaje por láser. En una realización alternativa, se realiza una marca de código de puntos perforando orificios a través de la capa de superficie superior con un láser para formar el código de barras.

45 La presente invención incluye además una base de datos de parámetros de medición ultrasónica y datos de carga históricos correspondientes a cada elemento indicador de carga, interconectándose fácilmente tal base de datos con instrumentos de medición de una red informática, tal como Internet, y preferiblemente de una manera transparente al operario de equipo de medición.

50 La presente invención incluye además una estimación de la carga en un elemento indicador de carga que se ha alargado más allá de su límite de elasticidad durante una operación de carga, basada en los datos de carga históricos para ese elemento indicador de carga.

55 En aún otra realización de la presente invención, se marca permanentemente un código de barras de alta densidad sobre una lámina resistente a la corrosión duradera, delgada y se une a una pieza como una etiqueta para fines de identificación.

60 En aún otra realización de la presente invención, el electrodo superior del transductor ultrasónico permanente sobre el elemento indicador de carga está realizado de un material de grabación magnético, tal como una aleación de níquel-cobalto, por ejemplo, y la identificación de perno, los parámetros de medición ultrasónica y los datos de apriete se almacenan y se leen con dispositivos de grabación y lectura magnéticos.

65 En aún otra realización de la presente invención, se usa injerto químico para unir permanentemente las capas de película o lámina para formar un transductor ultrasónico permanente sobre un elemento indicador de carga o una marca de identificación permanente sobre una pieza.

Debe entenderse que tanto la descripción de sumario anterior como la siguiente descripción detallada son a modo de ejemplo, pero no limitativas, de la invención.

**Breve descripción de los dibujos**

En los siguientes dibujos, los números de referencia similares se refieren a elementos similares.

La figura 1 es una vista en perspectiva de un elemento indicador de carga según la presente invención.

La figura 2 es una vista parcial de un elemento indicador de carga según la presente invención.

La figura 3 es una vista desde arriba del electrodo superior del elemento indicador de carga de la figura 1.

La figura 4 es una vista en perspectiva de un ejemplo alternativo de un elemento indicador de carga según la presente invención.

La figura 5 es una vista desde arriba del electrodo superior del elemento indicador de carga de la figura 4.

**Descripción detallada de la invención**

Se requieren varios parámetros de medición para determinar la carga de tracción, tensión, alargamiento u otra medida indicativa del apriete de un elemento indicador de carga, tal como un perno, remache o vástago, a partir de mediciones de tiempo de vuelo de eco de pulso ultrasónicas. Estos parámetros son específicos para el elemento indicador de carga, la junta en la que se instala el elemento indicador de carga, el transductor ultrasónico usado para transmitir y recibir las ondas ultrasónicas y la instrumentación usada para realizar las mediciones de tiempo de vuelo. Estos parámetros se usan para realizar mediciones ultrasónicas fiables y determinar la relación entre las mediciones de tiempo de vuelo ultrasónicas y la carga, la tensión o el alargamiento, y están influenciados, por ejemplo, por el material, el diámetro y la longitud del elemento indicador de carga, la longitud efectiva sobre los componentes de junta sujetos, las características electroacústicas del transductor y los retrasos de sincronización de la instrumentación. Muchas de estas influencias son constantes de manera eficaz para un tipo específico de elemento indicador de carga y la junta, y pueden determinarse los parámetros de medición afectados únicamente por éstos para una junta específica, almacenarse en la instrumentación de medición y seleccionarse en el momento de la medición. Sin embargo, existen ciertos parámetros que varían con cada elemento indicador de carga específico debido a variaciones en sus tolerancias de fabricación. Estos incluyen, por ejemplo, la longitud precisa del perno, propiedades acústicas del material, tensiones residuales internas y, en el caso de un transductor ultrasónico unido permanentemente, las características electroacústicas del transductor.

Cuando un elemento indicador de carga, tal como un fijador, está instalándose a partir de un estado de carga cero conocido, pueden determinarse los parámetros necesarios para compensar estas variaciones y usarse durante la operación de carga. Sin embargo, para realizar mediciones de carga igualmente precisas en una fecha posterior, por ejemplo, medir la carga en fijadores preinstalados, se necesita que haya un modo práctico de almacenar y recuperar los parámetros específicos para cada elemento indicador de carga. Esto se proporciona según la presente invención tal como sigue.

Haciendo ahora referencia a los dibujos, y más particularmente a las figuras 1, 2 y 3 de los mismos, se describe una primera realización de un elemento indicador de carga, y más particularmente, un fijador 10 indicador de carga. El fijador 10 indicador de carga es un fijador con un transductor de película de polímero piezoeléctrico permanente unido a un extremo, un ejemplo de cual se da a conocer en la patente estadounidense n.º 4.864.001 concedida a Kibblewhite, e incorporada mediante referencia en el presente documento. El fijador indicador de carga de la presente invención incluye además un código 12 de barras de alta densidad bidimensional sobre el electrodo superior del transductor 16 ultrasónico permanente.

El fijador 10 indicador de carga se forma a partir de un perno convencional que se ha modificado para proporcionar una indicación de la carga de tracción, tensión, alargamiento u otra característica del perno durante una operación de apriete, así como en diversos otros momentos durante la vida de una junta. Un detector 18 de polímero piezoeléctrico delgado está unido de manera permanente, mecánica y acústica a la superficie 20 de extremo del perno. En esta realización, el detector 18 de polímero piezoeléctrico es una película de copolímero de poli(fluoruro de vinilideno), de 9 micrómetros de grosor, fabricada por Measurement Specialties Inc., Valley Forge, Pennsylvania.

En esta primera realización de la presente invención, el electrodo 14 superior es una lámina metálica delgada, específicamente acero inoxidable de aproximadamente 50 micrómetros de grosor, de tipo 316, acabado mate o apagado, que se ha tratado para proporcionar un acabado de óxido negro. El acero inoxidable está disponible como chapa metálica convencional que puede especificarse con acabado mate o apagado enrollado, o alternativamente, tratarse químicamente para proporcionar un acabado mate o apagado. El tratamiento de óxido negro proporciona un revestimiento negro, eléctricamente conductor, resistente a la corrosión, duradero, extremadamente delgado (menor de 0,5 micrómetros). Un código de barras duradero, de alta resolución puede marcarse sobre esta superficie retirando zonas seleccionadas del revestimiento, mediante técnicas de ablación por láser convencionales conocidas en la técnica, para proporcionar una marca de alto contraste que se lee fácilmente con lectores ópticos

convencionales, disponibles comercialmente.

En esta primera realización, el método de realizar el elemento 10 indicador de carga de la presente invención incluye las etapas de proporcionar una superficie 20 plana sobre un extremo del fijador, unir la película 18 piezoeléctrica al acero inoxidable revestido de acero negro, cortar un disco de 6 mm de diámetro de material laminado de polímero/acero inoxidable, unir el disco a la superficie 20 plana de tal manera que el polímero esté adyacente a la superficie 20 plana y la lámina de acero inoxidable forme el electrodo 14 superior del transductor 16 ultrasónico, medir los parámetros de medición ultrasónica específicos para el elemento indicador de carga con instrumentación de eco de impulso ultrasónica mientras el fijador indicador de carga está a carga cero, codificar los parámetros de medición y una identificación única en un código de barras y marcar permanentemente el código 12 de barras, con un láser, sobre la superficie del electrodo 14 superior.

El tipo de código de barras usado en esta primera realización es preferiblemente un código de alta densidad, bidimensional conocido como un "GoCode", que es un producto patentado de Gocode Product Corporation, Draper, Utah. Este formato de código proporciona la capacidad para almacenar 34 caracteres alfanuméricos en el electrodo superior de acero inoxidable de 6 mm de diámetro. Tal como se apreciará por un experto en la técnica, existen muchos formatos de códigos de barras bidimensionales alternativos que pueden usarse para almacenar estos datos.

En una segunda realización similar de un elemento indicador de carga de la presente invención, sólo se codifica una identificación única en el código 12 de barras, y se almacenan los parámetros de medición ultrasónica asociados con el elemento 10 indicador de carga con este código de barras único en una base de datos, en vez de codificarse en el propio código de barras. Debido a que los propios datos no se codifican dentro del código, pueden marcarse códigos de barras únicos sobre la lámina de acero inoxidable antes de cortar el disco y unirlo al fijador para formar el elemento indicador de carga. En esta realización, los instrumentos de medición de carga requieren los datos de la base de datos de parámetros de medición de carga para realizar una medición de carga en un fijador preinstalado.

Un método alternativo para proporcionar un código de barras duradero permanente sobre el acero inoxidable del electrodo superior se ilustra en las figuras 4 y 5. Un código 30 de barras de tipo de puntos, tal como el código "Snowflake" patentado disponible de Marconi Data Systems, Wood Dale, Illinois, se marca sobre el electrodo 32 superior con orificios 34 perforados por láser a través de la lámina. Debido a que normalmente se requieren menos de 150 orificios de 10 micrómetros de diámetro para el código, su presencia tiene un efecto insignificante sobre el rendimiento electroacústico del transductor.

En una tercera realización de la presente invención, se proporciona un elemento indicador de carga del tipo dado a conocer en la patente estadounidense n.º 5.131.276 (Kibblewhite), incorporada como referencia en el presente documento, en el que un transductor de película delgada piezoeléctrica se desarrolla directamente sobre un extremo de un fijador mediante un método de deposición en vacío, tal como deposición catódica de magnetron. Alternativamente, se proporciona un elemento indicador de carga en el que se desarrolla un transductor de película delgada piezoeléctrica directamente sobre la lámina mediante un método de deposición en vacío, tal como deposición catódica de magnetron, y entonces se une el transductor mecánica, eléctrica y acústicamente al fijador. También se proporciona una superficie sobre el electrodo superior, o en otra parte sobre el elemento indicador de carga, adecuada para el marcaje de un código de barras con los métodos de marcaje descritos anteriormente, para proporcionar la misma función que la de las realizaciones de la presente invención descritas anteriormente. Alternativamente, puede depositarse a vacío una capa de contraste de color adicional, delgada, durante la operación de fabricación. Entonces pueden retirarse selectivamente partes de esta capa mediante ablación por láser, de una manera similar a la descrita anteriormente para la capa de óxido negro de acero inoxidable, para marcar el código de barras de alta densidad.

En una realización alternativa de la presente invención para el uso con transductores ultrasónicos desmontables temporalmente unidos a un fijador, la marca permanente se aplica directamente al fijador. El código de barras de alta densidad se marca sobre el fijador después de realizar mediciones ultrasónicas de carga cero sobre el fijador y, como la primera realización de la presente invención descrita anteriormente, contiene parámetros de medición ultrasónica específicos de fijador codificados. Por consiguiente, la carga en el perno puede leerse mediante diferentes instrumentos y en diferentes ubicaciones, tales como ubicaciones de servicio, sin acceder a una base de datos de parámetros de medición ultrasónica específicos de fijador. El código de barras se marca sobre el fijador con uno de los métodos descritos anteriormente.

Un experto en la técnica apreciará que hay construcciones alternativas del transductor ultrasónico de la presente invención. El transductor ultrasónico puede ponerse sobre una superficie plana en una cavidad o en la parte inferior de un orificio, por ejemplo, con fijadores impulsores internos. Materiales y grosores alternativos son posibles para el electrodo superior y para el elemento piezoeléctrico, y pueden seleccionarse para proporcionar la durabilidad, resistencia ambiental y rendimiento electroacústico deseados para una aplicación particular. Adicionalmente, pueden usarse materiales piezoeléctricos alternativos, incluyendo materiales piezoeléctricos cerámicos, y el material piezoeléctrico puede revestirse con capas eléctricamente conductoras delgadas para aumentar el rendimiento electroacústico. También pueden usarse grosores alternativos del elemento piezoeléctrico. Pueden usarse con la presente invención métodos de marcaje de código de barras alternativos, tales como el marcaje por chorro de tinta,

marcaje por láser que calienta la superficie para decolorar el material, y el uso de revestimientos unidos por láser o activados por láser. Alternativamente, también en las realizaciones descritas anteriormente, los códigos de barras pueden marcarse directamente sobre el fijador o en las proximidades del fijador. Un experto en la técnica apreciará que las realizaciones de la presente invención descritas anteriormente pueden usarse con elementos indicadores de carga que usan ondas tanto longitudinales como transversales, tales como los descritos por Kibblewhite en la patente estadounidense n.º 4.846.001, y con fijadores indicadores de carga dotados de superficies reflectantes ultrasónicas, tales como ranuras anulares, tal como se da a conocer por Kibblewhite en la patente estadounidense n.º 5.029.480.

Para las realizaciones de la presente invención en las que los parámetros de medición se codifican directamente en el código de barras, el método para medir la carga en un elemento indicador de carga preinstalado incluye las etapas de leer el código de barras con un lector óptico, descodificar el código de barras para recuperar los parámetros de medición ultrasónica, realizar mediciones de onda ultrasónica de tiempo de vuelo de eco de impulso, medir una temperatura indicativa de la temperatura del elemento indicador de carga, y calcular la carga precisa.

Para las realizaciones de la presente invención en las que el código de barras es únicamente una identificación única del elemento indicador de carga, el método para medir la carga en un elemento indicador de carga preinstalado incluye las etapas de leer el código de barras con un lector óptico, descodificar la identificación única del elemento indicador de carga, recuperar los parámetros de medición ultrasónica asociados con ese código de barras único de una base de datos, realizar mediciones de onda ultrasónica de tiempo de vuelo de eco de impulso, medir una temperatura indicativa de la temperatura del elemento indicador de carga, y calcular la carga precisa.

Al medir la carga en un elemento indicador de carga de la presente invención durante una operación de montaje cuando está disponible una medida de tiempo de vuelo de carga cero medida recientemente, no se requiere una medida de temperatura, ya que el cambio en temperatura del elemento indicador de carga durante la operación de montaje es pequeña y normalmente tiene un efecto insignificante sobre las mediciones de carga.

En la técnica se conocen herramientas de montaje para su uso con fijadores indicadores de carga y se describen por Kibblewhite en la patente estadounidense n.º 4.846.001. Tales herramientas son normalmente herramientas convencionales modificadas para tomar medidas de carga ultrasónicas durante el apriete, para comparar estas medidas con una carga deseada predeterminada, y para parar el proceso de apriete apagando la herramienta cuando se alcanza la carga deseada. Si tales herramientas se dedican a un tipo de fijador específico, tal como en una línea de montaje de automóviles, por ejemplo, y se aprietan desde un estado de carga cero, sus controles asociados pueden preajustarse con los parámetros de medición ultrasónica específicos para el tipo de fijador y, por tanto, no requieren un dispositivo de lectura de código de barras.

Un dispositivo de inspección de carga de la presente invención incluye un dispositivo de lectura de código de barras, un dispositivo de medición de tiempo de vuelo de eco de impulso ultrasónico, un dispositivo para introducir o medir a temperatura indicativa de la temperatura del fijador, y un dispositivo para calcular la carga que va a grabarse o presentarse visualmente. Preferiblemente, los dispositivos para medir el código de barras, el tiempo de vuelo ultrasónico y la temperatura se incorporan en una única sonda para proporcionar un dispositivo de medición simple y eficaz.

En la presente invención, los parámetros de medición ultrasónica y los datos de carga históricos que corresponden a cada elemento indicador de carga se suben a una base de datos. La base de datos se interconecta fácilmente con los instrumentos de medición por una red informática, tal como Internet, preferiblemente de una manera que es transparente al operario de equipo de medición. Los parámetros de medición ultrasónica grabados durante la fabricación del elemento indicador de carga se almacenan en la base de datos. Durante el apriete del elemento indicador de carga con una herramienta de montaje, los datos de carga grabados mediante la instrumentación de medición de carga también se suben a la base de datos. La base de datos contiene, por tanto, un registro completo del historial de carga del fijador. Un dispositivo de inspección de carga de fijador conectado a la base de datos puede, por ejemplo, no sólo medir de manera precisa la carga en un fijador, sino también indicar la disminución de carga desde que se instaló ese fijador. Esta información es útil en operaciones de mantenimiento preventivo aeroespacial y de automóviles.

Un experto en la técnica apreciará que los datos tanto codificados en el código de barras como almacenados en la base de datos pueden estructurarse para minimizar el tamaño de los registros de datos que van a almacenarse y transferirse. Por ejemplo, datos comunes a un tipo de fijador particular sólo necesitan almacenarse una vez, y los códigos de barras o los registros de base de datos de fijadores individuales sólo requerirán un índice de referencia para estos datos, tal como un número de pieza de fijador, más datos específicos para el fijador individual.

Las mediciones de carga ultrasónicas que usan ondas longitudinales sólo pueden medir la carga con precisión en los fijadores hasta el límite de elasticidad, debido a que más allá de ese punto el alargamiento ya no es elástico y tiene lugar un alargamiento plástico permanente. El método de medición de carga ultrasónica que usa tiempos de vuelo de ondas tanto longitudinales como transversales, dado a conocer por Holt en la patente estadounidense n.º 4.602.511, puede, en teoría, medir la carga más allá del límite de elasticidad, pero está sujeto a errores significativos

5 resultantes del efecto de deformación plástica sobre tensiones residuales dentro del fijador. En la presente invención, las cargas más allá del límite de elasticidad se estiman a partir de un aumento típico en el tiempo de vuelo frente al límite de elasticidad característico para el tipo de fijador específico, determinado experimentalmente y almacenado en la base de datos. Además, debido a que el historial de carga completo para cada fijador se mantiene en la base de datos, puede determinarse de manera precisa una disminución de la carga a partir de las diferencias entre la medición de tiempo de vuelo máxima grabada para el fijador y su tiempo de vuelo actual en ese momento.

10 En las realizaciones de la presente invención descritas anteriormente, la unión de la capa de electrodo superior al polímero 18 piezoeléctrico y la unión del polímero 18 piezoeléctrico a la superficie 20 superior del perno 10 puede conseguirse usando un adhesivo, tal como un adhesivo epoxídico. Alternativa y preferiblemente, esto se consigue con un proceso conocido como injerto químico, tal como el desarrollado por Polymer Research Corporation of America, Brooklyn, Nueva York, y descrito en su boletín de producto titulado "Insuring your Products Future through Chemical Grafting". El injerto químico usa un activador para producir un enlace químico covalente fuerte, en vez de una unión física. El proceso implica la activación, unión y polimerización usando un sistema de iniciador de injerto-  
15 monómero específico de material. El proceso puede considerarse como un desarrollo de "cristales filiformes" sobre el sustrato. Estos cristales filiformes se unen en sitios de activación formando cadenas de polímeros unidas mediante enlaces covalentes. El injerto químico produce una unión tan fuerte que los materiales se rompen antes de que se rompa la unión. El uso del injerto químico elimina por tanto la desventaja de la invención dada a conocer por Kibblewhite en la patente estadounidense n.º 4.889.591, de que el transductor puede aflojarse del elemento  
20 indicador de carga durante la vida del producto en el que se instaló.

25 En aún otra realización alternativa de la presente invención, un elemento indicador de carga con un transductor ultrasónico permanente usa medios de grabación magnéticos como material para su electrodo superior. Un electrodo superior de este tipo se fabrica a partir de uno de varios materiales magnéticos eléctricamente conductores, tales como aleaciones de níquel o cobalto, y los usados para grabadores de vuelo de aviones, por ejemplo. Los datos se graban y se leen mediante cabezales de lectura/escritura inductivos similares a los usados normalmente, por ejemplo, en discos magnéticos informáticos, grabadores de audio y vídeo y lectores de banda magnética. Una ventaja de esta realización de la presente invención es que los datos, tales como los parámetros de medición ultrasónica, el número de identificación único y los datos de apriete pueden reescribirse, agregarse a o  
30 actualizarse mediante los instrumentos de medición.

35 La lámina de metal con la marca de código de barras, usada para realizar el electrodo superior de algunas realizaciones de la presente invención, proporciona una etiqueta o distintivo de código de barras permanente, resistente a la corrosión y la temperatura, extremadamente duradero y, por tanto, este elemento en sí mismo puede usarse para identificar de manera única un componente o almacenar una grabación permanente de datos críticos asociados con un objeto en aplicaciones distintas de elementos indicadores de carga. Tales aplicaciones incluyen la identificación de piezas de aviones y distintivos registros médicos, por ejemplo. Cuando se usa como una etiqueta, la lámina puede unirse a un componente con un adhesivo o usando el injerto químico descrito anteriormente.



**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Elemento (10) indicador de carga que comprende un fijador y un transductor (16) ultrasónico sobre el fijador para realizar mediciones de carga ultrasónicas en el fijador, caracterizado porque el elemento indicador de carga comprende además medios (12; 32) de almacenamiento de información en el transductor ultrasónico, incluyendo los medios de almacenamiento de información marcas correspondientes a datos asociados con el objeto.
- 10 2. Elemento indicador de carga según la reivindicación 1, en el que el transductor ultrasónico está unido permanentemente al fijador.
3. Elemento indicador de carga según la reivindicación 1, en el que el transductor ultrasónico está unido temporalmente al fijador.
- 15 4. Elemento indicador de carga según la reivindicación 1, en el que los medios de almacenamiento de información son medios de almacenamiento ópticos.
- 20 5. Elemento indicador de carga según la reivindicación 4, en el que los medios de almacenamiento ópticos son una marca de contraste de color proporcionada sobre una superficie expuesta del transductor ultrasónico.
- 25 6. Elemento indicador de carga según la reivindicación 4, en el que los medios de almacenamiento ópticos son una marca de contraste de reflectividad proporcionada sobre una superficie expuesta del transductor ultrasónico.
- 30 7. Elemento indicador de carga según la reivindicación 4, en el que los medios de almacenamiento ópticos son un código (12) de barras.
- 35 8. Elemento indicador de carga según la reivindicación 7, en el que el código de barras es un código de barras bidimensional.
- 40 9. Elemento indicador de carga según la reivindicación 4, en el que el transductor ultrasónico tiene una capa eléctricamente conductora, y en el que los medios de almacenamiento ópticos se aplican a la capa eléctricamente conductora.
- 45 10. Elemento indicador de carga según la reivindicación 4, en el que los medios de almacenamiento ópticos son una marca grabada por láser.
- 50 11. Elemento indicador de carga según la reivindicación 4, en el que los medios de almacenamiento ópticos son un recubrimiento de potenciación de contraste.
- 55 12. Elemento indicador de carga según la reivindicación 4, en el que los medios de almacenamiento ópticos son una superficie recubierta de óxido negro de una lámina metálica que incluye partes del recubrimiento de óxido negro que se retiran selectivamente mediante ablación por láser.
- 60 13. Elemento indicador de carga según la reivindicación 4, en el que los medios de almacenamiento ópticos son una lámina que incluye orificios perforados a través de la lámina.
- 65 14. Elemento indicador de carga según la reivindicación 1, en el que los medios de almacenamiento de información son medios de almacenamiento magnéticos, y en el que los medios de almacenamiento magnéticos incluyen una capa de material magnético que puede almacenar datos.
15. Elemento indicador de carga según la reivindicación 1, en el que los medios de almacenamiento de información contienen los datos asociados con el fijador.
16. Elemento indicador de carga según la reivindicación 1, en el que los medios de almacenamiento de información contienen una marca para identificar el fijador.
17. Elemento indicador de carga según la reivindicación 16, en el que la marca para identificar el fijador está relacionada con un índice en una base de datos que contiene datos relacionados con el fijador.
18. Elemento indicador de carga según la reivindicación 17, en el que la base de datos es accesible a través de Internet.
19. Elemento indicador de carga según la reivindicación 1, en el que los medios de almacenamiento de información contienen los datos asociados con el fijador y una marca para identificar el fijador.

20. Elemento indicador de carga según la reivindicación 1, en el que los datos incluyen una longitud acústica de carga cero del fijador.
- 5 21. Elemento indicador de carga según la reivindicación 1, en el que los datos incluyen parámetros para derivar una longitud acústica de carga cero del fijador.
- 10 22. Elemento indicador de carga según la reivindicación 1, en el que los datos incluyen una firma acústica del fijador, y en el que la firma acústica contiene parámetros para derivar un ciclo de medición de forma de onda de eco ultrasónico para el fijador.
23. Elemento indicador de carga según la reivindicación 1, en el que los datos incluyen parámetros relacionados con el fijador para calcular la carga en el fijador a partir de las mediciones ultrasónicas.
- 15 24. Elemento indicador de carga según la reivindicación 1, en el que los datos incluyen parámetros relacionados con una junta en la que se aprieta el fijador, para calcular la carga en el fijador a partir de las mediciones ultrasónicas.
- 20 25. Elemento indicador de carga según la reivindicación 1, en el que los datos incluyen un parámetro relacionado con el fijador que se mide durante el apriete del fijador.
26. Elemento indicador de carga según la reivindicación 1, en el que los datos incluyen un parámetro relacionado con el fijador que se mide durante la carga posterior del fijador.
- 25 27. Elemento indicador de carga según la reivindicación 1, en el que los datos incluyen un parámetro relacionado con el fijador que se mide para determinar cambios en la carga del fijador.
28. Elemento indicador de carga según la reivindicación 27, en el que se mide la longitud acústica para determinar el alargamiento permanente del fijador.
- 30 29. Método para medir el cambio de longitud acústica de un elemento indicador de carga, que comprende las etapas de:
- 35
- leer un código de barras en el elemento indicador de carga con un lector de código de barras;
- 40
- recuperar datos asociados con el código de barras, en el que los datos recuperados incluyen datos para derivar una longitud acústica de carga cero del elemento indicador de carga identificado y datos para derivar un ciclo de medición de forma de onda de eco ultrasónico usado para la medición de la longitud acústica del elemento indicador de carga identificado;
- 45
- medir la longitud acústica del elemento indicador de carga identificado usando un transductor ultrasónico y el ciclo de medición derivado; y
  - calcular una diferencia entre la longitud acústica medida y la longitud acústica de carga cero y calcular el cambio de longitud acústica del elemento indicador de carga identificado a partir de la diferencia calculada entre la longitud acústica medida y la longitud acústica de carga cero.
- 50 30. Método según la reivindicación 29, en el que la etapa de recuperar datos asociados con el código de barras comprende las etapas de:
- 55
- identificar el elemento indicador de carga a partir del código de barras y
  - recuperar a partir de una base de datos datos relacionados con el elemento indicador de carga identificado
- 60 31. Método según la reivindicación 30, que incluye además la etapa de calcular la carga en el elemento indicador de carga identificado a partir del cambio calculado en la longitud acústica.
32. Método según la reivindicación 30, en el que el elemento indicador de carga es un fijador.
- 60 33. Método según la reivindicación 29, en el que la etapa de recuperar datos asociados con el código de barras comprende la etapa de:
- 65
- recuperar a partir del código de barras datos relacionados con el elemento indicador de carga.
34. Método según la reivindicación 33, que incluye además la etapa de calcular la carga en el elemento

indicador de carga a partir del cambio calculado en la longitud acústica.

35. Método según la reivindicación 33, en el que el elemento indicador de carga es un fijador.

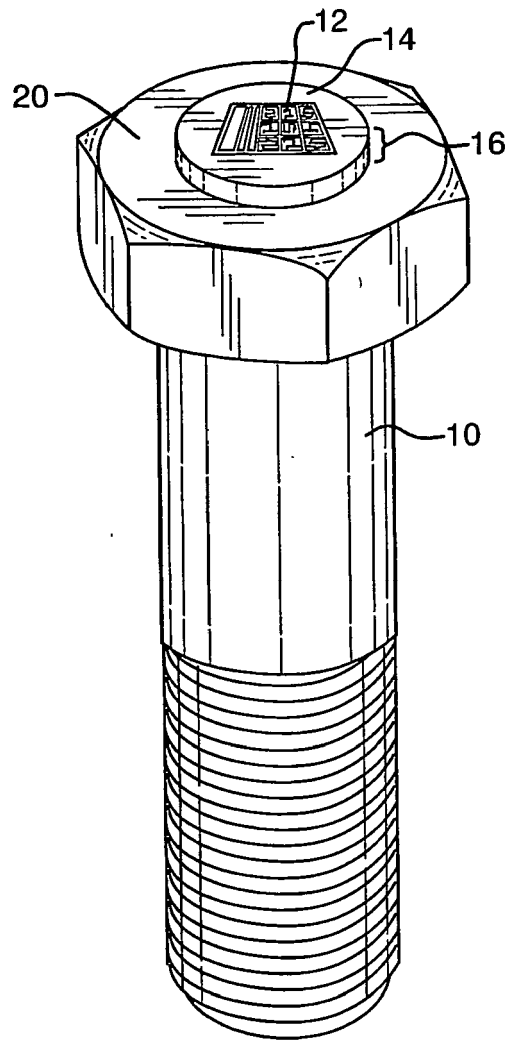


FIG. 1

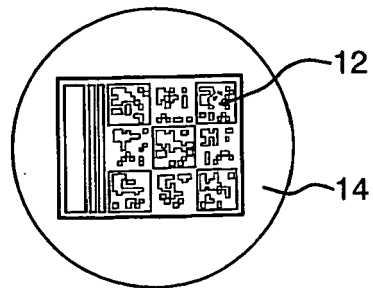


FIG. 3

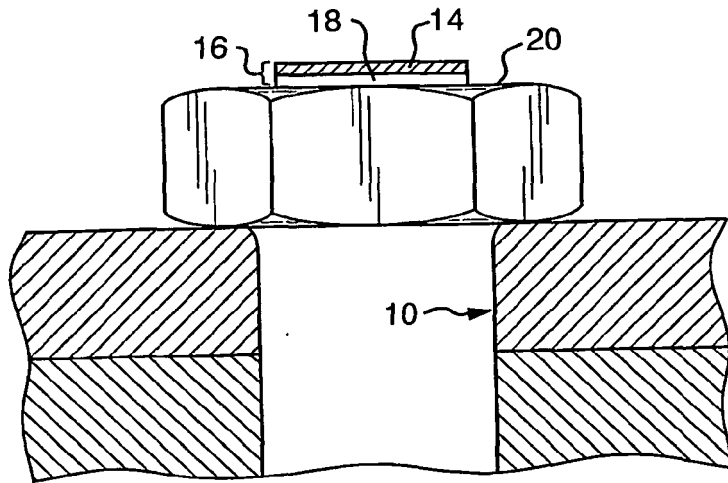


FIG. 2

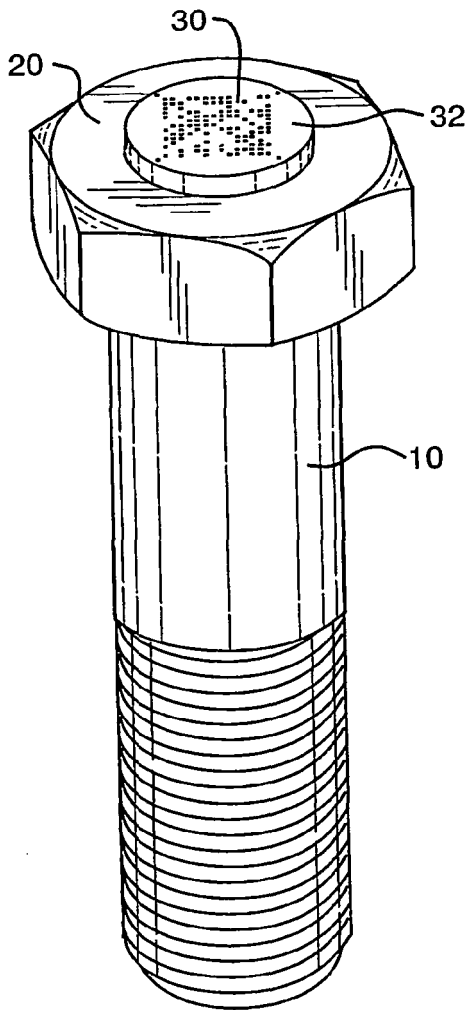


FIG. 4

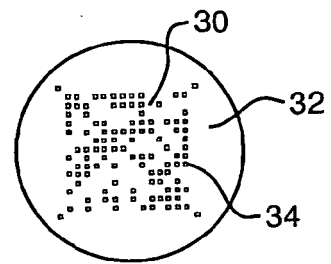


FIG. 5