

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 908 446**

51 Int. Cl.:

G01N 27/72 (2006.01)

G01N 27/90 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.09.2014 PCT/EP2014/002490**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.03.2015 WO15039742**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.09.2014 E 14781058 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.01.2022 EP 3047264**

54 Título: **Método para la determinación sin contacto de una característica mecánica-tecnológica de metales ferromagnéticos**

30 Prioridad:

20.09.2013 DE 102013015566

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

29.04.2022

73 Titular/es:

ROSEN SWISS AG (100.0%)

Obere Spichermatt 14

6370 Stans, CH

72 Inventor/es:

MOLEND, DANIEL;

THALE, WERNER;

REINING, BERNHARD y

RAPP, MICHAEL

74 Agente/Representante:

COBO DE LA TORRE, María Victoria

ES 2 908 446 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

Método para la determinación sin contacto de una característica mecánica-tecnológica de metales ferromagnéticos

5 (0001) La invención hace referencia a un método para la determinación de características mecánicas-tecnológicas de aceros ferromagnéticos y, especialmente, de aceros de granulos finos, que se usan en los conductos, de manera que un dispositivo de magnetización, que presenta, al menos, un imán permanente o un electroimán, magnetiza el material a ser determinado en forma de acero ferromagnético y un dispositivo de sensor, que comprende una bobina emisora, crea un campo magnético, especialmente, variable, que interactúa con el campo magnético creado por el
10 dispositivo de magnetización en el metal y que conduce a la formación de corrientes parásitas. La corriente parásita se crea, así mediante la bobina emisora en el metal magnetizado por el dispositivo de magnetización. Además, se manifiesta un rascatubos de inspección para los tubos de los conductos con, al menos, un dispositivo de magnetización conformado como yugo del imán y un dispositivo de sensor que presenta una bobina emisora, que comprende un sensor de corriente parásita.

15 (0002) En el estado de la técnica (artículo "Caracterización del material en el acero plano mejora el control del proceso", acero y hierro, 2012, edición nº 7, páginas 80-90) es conocido el encontrar métodos electromagnéticos para el reconocimiento de características mecánicas-tecnológicas, que aspiran a encontrar las propiedades de la curva de histéresis del material a ser investigado. En la investigación del material se pasan, por ejemplo,

20 (0003) placas de acero, de forma controlada, junto a un dispositivo de sensor. Para el empleo dentro de un conducto, especialmente, de un oleoducto con una antigüedad de décadas, en el cual se encuentra el dispositivo del sensor sobre un rascatubos de inspección que se mueva pasivamente o activamente, y en el cual, en una inspección, a causa de una multitud de fuentes de distorsión, como una magnetización remanente, lugares defectuosos o similares, pueden aparecer influencias distorsionantes, el uso de semejante método no es adecuado o, al menos, es difícilmente realizable y controlable, desde el punto de vista de la medición técnica.

(0004) En el documento US 2003/0020469 A1 se conoce un método y un dispositivo para la inspección de grietas y lugares de rotura en raíles de trenes, con los cuales con ayuda de una bobina de toroide electromagnética se magnetiza previamente una zona de los raíles de trenes, para entonces, mediante inducción de corrientes parásitas, así como mediante incorporación de los campos magnéticos con inductancia mutua en una bobina, conseguir indizar las grietas o fracturas como anomalías. Para la inspección, están previstas corrientes parásitas de baja frecuencia, por ejemplo, con una frecuencia de 80 HZ. Semejante modo de trabajo es desventajoso, en efecto, para otros casos de aplicación como, por ejemplo, las inspecciones de conductos, porque la inspección profunda, de baja frecuencia incluye influencias en los espesores de pared, y en recorridos de inspección largos con una velocidad de conducción elevada, como se da en rascatubos en conductos, sólo se permite una red de exploración aproximada.

30 (0005) El documento DE 10 2009 009 027 A1 manifiesta la determinación de una propiedad de material de un componente capaz de conducir la electricidad, con el cual en el componente se registra un valor de medición eléctrico, el valor de la medición eléctrica se compara con, al menos, un valor de comparación y, en base a una relación determinada previamente entre, al menos, un valor de comparación y, al menos, una propiedad del material se saca la conclusión de, al menos, una propiedad de material. Este método se usa, especialmente, para el control de calidad automatizado de componentes en la fabricación de automóviles.

45 (0006) A partir de una publicación de Javier García Martín et al. "Técnicas no destructivas basadas en pruebas de la corriente parásita" (en inglés: "Non-destructive techniques based on Eddy current testing") de "Sensors, Molecular Diversity Preservation International (MDPI)", CH, Bd. 11, Nr. 3, 28 de febrero 2011 (2011/02/28), páginas 2525 – 2565, XP002718104 resultan indicaciones generales sobre la aplicación de técnicas exentas de destrucción sobre la base de inspecciones de corrientes parásitas, entre las cuales se han de comprobar también las propiedades variables de materiales ferromagnéticos y no ferromagnéticos, como tensiones y deformaciones, de forma que se suprime una permeabilidad ferromagnética a través de la saturación magnética.

50 (0007) Un método se conoce del documento US 4 855 676 A con una sonda de tubo guiada a través de una unión de cable, gracias a la cual se detectan inductivamente defectos o grietas en un tubo de material ferromagnético a través de corrientes parásitas. De este modo, resultan distintas fotos de señal según la permeabilidad del material, que son eliminadas mediante la saturación magnética con imanes permanentes y, opcionalmente, también con electroimanes. Las propiedades mecánicas-tecnológicas del material no se detallan.

55 (0008) Es el objetivo de la invención presente aumentar la zona de aplicación de un método de medición usado hasta ahora en un conducto de tubo.

60 (0009) El objetivo se cumple mediante un método según la reivindicación 1. Configuraciones ventajosas de la invención se pueden extraer de las reivindicaciones dependientes que hacen referencia a esta reivindicación, así como de la siguiente descripción.

65 (0010) Conforme a la invención, se pone a disposición un método de inspección de conductos para la determinación del material del conducto, con el que la corriente parásita crea un metal magnético, al menos, en general, saturado y la corriente parásita se mide por un sensor de corriente parásita del dispositivo del sensor, y un sensor de la fuerza

del campo magnético mide el campo magnético del metal en forma de acero ferromagnético, al menos, en la cercanía de la superficie, y mediante un dispositivo de valoración, a partir de datos del sensor de la corriente parásita, en base a datos de referencia de una base de datos de referencia que incluye la dureza, el límite del estricción o la resistencia a la tracción, así como la conductividad eléctrica o la resistencia eléctrica de aceros ferromagnéticos, determina la conductividad eléctrica o la resistencia eléctrica específica del metal, así como a partir de la conductividad o de la resistencia se deriva la característica del metal.

(0011) El principio de medición se basa, así, primeramente, en la medición de la conductividad eléctrica o de la resistencia eléctrica específica del material mediante corriente parásita. Un coeficiente de correlación mayor de 0,99 indica que la conductividad eléctrica o la resistencia eléctrica específica de metales ferromagnéticos se pueden determinar mediante la medición de la corriente parásita. A causa del metal saturado, al menos, en general, la influencia de la curva de histéresis puede ignorarse. La influencia de fuentes de distorsión se minimiza. A continuación, se lleva a cabo la determinación de la característica mecánica-tecnológica, especialmente, la resistencia a la tracción, el límite de estricción o la dureza del metal, sobre la base de una correlación que se encuentra fuerte, entre estas propiedades mecánicas-tecnológicas y la conductividad eléctrica o de la resistencia eléctrica específica del metal. La exactitud del principio de medición se aclara mediante una elevada correlación del 0,99 entre la señal de la corriente parásita y la resistencia a la tracción.

(0012) Para excluir la influencia de la permeabilidad relativa, se ha de llevar a cabo, como se describió previamente, la medición en, al menos en general, el metal saturado. Mientras que en densidades de flujo de 2 T se supone como habitual una saturación magnética del metal, ha resultado que, para las finalidades de la valoración presente, ya una densidad de flujo de, al menos, 1,5 T es suficiente, y ello, especialmente, para un acero estructural de gránulos finos, como se usa a menudo en el ámbito de los oleoductos. El metal se describe como en general saturado, cuando el mismo está saturado, al menos, a un 60%. Esto es válido para el ámbito en el cual se conforma la corriente parásita. La corriente parásita que, para casos de aplicación presentes puede presentar profundidades de penetración, especialmente, de hasta 3 mm, se conforma según la invención de tal modo que en frecuencias a ser aplicadas del dispositivo del sensor de, especialmente, 100 kHz hasta 500 kHz, preferiblemente, 200 kHz hasta 400 kHz, la profundidad de penetración es menor a 1 mm. Debido a esto, se evitan las influencias del espesor de pared de paredes que, normalmente, tienen un espesor de entre 4 mm y 40 mm.

(0013) El dispositivo del sensor, que comprende una bobina emisora, presenta normalmente medios electrónicos que pertenecen a esta bobina y puede describirse también como sistema de bobinas. Además, un dispositivo de sensor puede presentar también más de una bobina, de manera que una bobina emisora y una bobina receptora pueden estar conformadas de forma separada, dado el caso, sin embargo, también puede tratarse de la misma bobina.

(0014) Con una densidad de flujo magnética en el metal ferromagnético de 1,5 T, los efectos de remanencia se suprimen ya lo suficientemente. Con una magnetización de aprox. 5 kA/m, la densidad de flujo es ya aprox. del 80% de la densidad de flujo máxima, con 10 kA/m se consigue apenas el 90%. De este modo, la saturación se define como el punto a partir del cual la intensidad de campo ya no conduce a una reducción del ruido. Esto es válido, especialmente, de nuevo, para aceros estructurales de gránulos finos.

(0015) La corriente parásita creada depende de la frecuencia de excitación (ω) y las constantes del material del acero, es decir, la conductividad eléctrica (s) y la permeabilidad relativa magnética ($\mu = \mu_0 \mu_{rel}$). La conductividad eléctrica (s) del material depende, adicionalmente, de la temperatura. Simplificando, la señal de bobinas (S) se puede representar como la función (f) del producto de la conductividad eléctrica, de la permeabilidad relativa y del "Lift-Off" (LO) (arranque o despegue), habida cuenta que la misma se convierte en el campo magnético excitado (H) (LO).

(0016) La señal de la corriente parásita depende, entre otros, de las tres características (s , μ_{rel} y LO). Las variaciones de estas características conducen a una modificación de la señal de medición de las bobinas en la superficie de impedancia en 2D. Habida cuenta que son tres características, queda claro que éstas tienen que ser dependientes linealmente en la superficie de impedancia en 2D, es decir, los tres vectores de las variaciones no pueden mantenerse verticales unos sobre otros y las modificaciones de un vector de la característica no se pueden asignar parcialmente de forma clara al anterior. De este modo, es ventajoso, mantener constante el "Lift-Off" (LO) o bien determinarlo, para poder así corregir las variaciones de un campo magnético variable, a causa de un "Lift-Off" del sensor de la corriente parásita o del dispositivo del sensor.

(0017) Mientras que una multitud de materiales ferromagnéticos se saturan con una densidad de flujo de aprox. 2 T, es suficiente para las finalidades de la medición presente una densidad de flujo de 1,5 T. Conforme a la invención, mediante la medición en un campo magnético, en general, saturado, se suprime la influencia de la curva de histéresis o del μ_{rel} . La temperatura y el "Lift-Off" pueden considerarse características de distorsión. Para la mejora de la medición es, por ello, ventajoso determinar la temperatura y/o el "Lift-Off" y/o mantenerlos constantes. Especialmente, en un conducto de muchos kilómetros de longitud, la temperatura se ha de determinar de un modo adecuado.

(0018) El dispositivo del sensor comprende una bobina emisora que al mismo tiempo está conformada también como una bobina receptora y así es como un sensor de corriente parásita. Según la configuración, el dispositivo del

sensor puede presentar también dos bobinas acopladas en una conexión de puente que conforman, entonces, igualmente, el sensor de corriente parásita. Además, el dispositivo del sensor presenta medios para controlar y medios para medir las corrientes inducidas por las corrientes parásitas y/o las tensiones o sus fases.

5 (0019) Se entiende que los datos detectados por el sensor de la corriente parásita no representan directamente la característica mecánica-tecnológica, sino que mediante el dispositivo de valoración se deduce esta característica. El dispositivo de valoración puede estar unido, según el sistema de medición usado, directamente al dispositivo del sensor, sin embargo, en el uso de un aparato de inspección para conductos (rascatubos de inspección), el dispositivo de valoración puede estar también separado del aparato de inspección y, solamente con la finalidad de la transferencia de datos estar unido al aparato de inspección. También puede ser ventajoso llevar a cabo una primera valoración sencilla de los datos, por ejemplo, una filtración sencilla, ya en el aparato de inspección y la posterior valoración puede llevarse a cabo, entonces, después de bajarse los datos del aparato de inspección en el otro dispositivo de valoración.

10 15 (0020) Normalmente, un dispositivo de valoración comprende medios para comunicar con el aparato de inspección, medios para el almacenamiento y para el tratamiento de los datos del sensor de la corriente parásita, así como otros datos necesarios, especialmente, datos de situación, que se pueden obtener de otros sensores del aparato de inspección y medios de grabación, indicación y/o salida para los resultados de la valoración de datos. Igualmente, una unidad de valoración presenta a menudo un correspondiente programa para valorar los datos, habida cuenta que el análisis de los datos, normalmente, se lleva a cabo por ordenador. Por ejemplo, un sistema de inspección puede comprender un rascatubos de inspección y un ordenador portátil unido al anterior, en el cual se graban los datos de referencia y en el cual se analizan los datos del sensor de la corriente parásita que se han bajado del rascatubos de inspección y los correspondientes datos de situación.

20 25 (0021) La medición de la corriente parásita se lleva a cabo, especialmente, en la cercanía de la superficie, es decir, preferiblemente, dentro de una distancia de < 10 mm de una bobina del dispositivo del sensor de la superficie del metal a ser medido. Con respecto a la medición se trata de una determinación sin contacto, no destructiva, de las corrientes parásitas, es decir, la medición no se ve perjudicada, cuando entre los sensores y la superficie del metal existe una distancia. Por ejemplo, el sensor de la corriente parásita puede estar separada del metal mediante una capa fina de cerámica.

30 (0022) Mientras que normalmente, en el estado de la técnica, el dispositivo del sensor está posicionado de forma fija, en el método conforme a la invención está previsto que el dispositivo del sensor sea, preferiblemente, una parte de un rascatubos de inspección dentro de un conducto y que se mueva a lo largo de su superficie del lado interior. Gracias a esto, especialmente, los conductos, en los cuales se empleó una multitud de tubos de distintos materiales, pueden ser medidos y puede valorarse mejor en lo que respecta a su integridad.

35 (0023) Correspondientemente, es ventajoso cuando varios de los dispositivos del sensor están dispuestos en dirección del perímetro unos junto a otros y son móviles con respecto a un eje intermedio longitudinal en dirección radial, de tal modo que los dispositivos del sensor están dispuestos en el lado interior de un conducto metálico y en dirección del perímetro miden la característica del mismo o recogen los datos de la corriente parásita asociados al mismo. Especialmente, mediante una multitud de dispositivos del sensor se mide la característica en dirección del perímetro, para reconocer de forma redundante si las secciones del tubo del conducto contiguas entre sí presentan distintos lugares de acero.

40 45 (0024) En dirección del perímetro están los dispositivos de sensor unos junto a otros, cuando están dispuestos unos junto a otros en relación con una proyección de una superficie transversal con respecto al eje intermedio longitudinal del rascatubos, que entonces se correspondería con el eje intermedio longitudinal de un conducto que se prolonga linealmente. Una medición redundante puede lograrse de forma natural también con dispositivos de sensor dispuestos unos tras otros con respecto al eje intermedio longitudinal.

50 (0025) Preferiblemente, en relación con la característica se trata de la dureza, del límite de estricción y de la resistencia a la tracción del material. En los datos de referencia están en una lista las correspondientes dimensiones para una multitud de metales con sus conductividades eléctricas o resistencias eléctricas específicas. Especialmente, la base de datos de referencia comprende aceros ferromagnéticos, preferiblemente, aceros ferromagnéticos de gránulos finos, que se usan en conductos.

55 (0026) Mientras que es posible, sin más, montar sobre una única bobina el dispositivo de sensor que comprende una bobina emisora y un sensor de corriente parásita, es decir, que el sistema de bobinas del dispositivo del sensor queda limitado a una única bobina, es ventajoso para un aumento de la exactitud de medición, cuando el campo magnético para la creación de la corriente parásita se crea, al menos, por una primera bobina del dispositivo del sensor, cuando el dispositivo del sensor comprende aún otra bobina y cuando la corriente parásita se mide en base a una diferencia de tensión y de fases en una conexión de puente, que comprende ambas bobinas.

60 65 (0027) Preferiblemente, para la minimización de la influencia de la permeabilidad relativa, el metal está saturado magnéticamente por el dispositivo de magnetización, es decir, la densidad de flujo en el metal es de aprox. 2 T.

(0028) Mediante el dispositivo de magnetización se crea en el metal que se compone, preferiblemente, de acero de

gránulos finos, un campo magnético, cuya intensidad es de más de 4 kA/m, preferiblemente, más de 5 kA/m, y más preferiblemente, más de 6 kA/m. También en este caso, con respecto a una curva de histéresis del metal a ser considerado se está en una zona en la que la influencia de permeabilidades relativas puede prescindir de las dimensiones a ser medidas y de las ecuaciones previamente descritas. Correspondientemente, también la distancia del sensor de la corriente parásita de la superficie del metal se registra y/o se predetermina, para anular la dependencia de la señal de la corriente parásita del "Lift-Off", es decir, la distancia del sensor de la corriente parásita del metal. Para la medición de la temperatura se puede prever un sensor de temperatura, éste está dispuesto, especialmente, en o junto a una carcasa del cuerpo central. La señal de la corriente parásita puede corregirse entonces en relación con la temperatura, es independiente de la temperatura. El sensor de temperatura puede disponerse también con una cercanía directa del dispositivo del sensor, especialmente, sobre un portador correspondiente, para también poder calibrar el dispositivo del sensor en relación con la temperatura que allí domina.

(0029) Preferiblemente, se lleva a cabo una calibración dependiendo de la temperatura del entorno. Es decir, para los datos de referencia se registra la amplitud de la corriente parásita para los distintos sistemas del metal del sensor de corriente parásita en un ámbito de temperatura de, por ejemplo, 10 hasta 70°C. De este modo, se tiene en cuenta entonces también la variación de temperatura del sensor. Para la medición de la conductividad eléctrica, se mide entonces la temperatura con un sensor de temperatura autónomo y la señal de la corriente parásita se desplaza correspondientemente de la curva de la temperatura. En relación con la dependencia de la señal de la corriente parásita en la zona de temperatura de, por ejemplo, 10 hasta 70°C resulta una dependencia lineal entre la señal del sensor de la corriente parásita y la variación de la temperatura. Mediante la corrección de la señal de la corriente parásita con respecto a la temperatura, se determina la conductividad eléctrica o la resistencia eléctrica específica independientemente de la temperatura.

(0030) Especialmente, para la minimización de la influencia del "Lift-Off" sobre la amplitud de la corriente parásita del sensor de corriente parásita en una distancia definida se guía hacia la pared como un resorte, de manera que se dan las menos variaciones posibles en el "Lift-Off".

(0031) Para la compensación de variaciones en la señal a causa de modificaciones de espesores de pared, que tienen efecto en modificaciones de la magnetización, existe, al menos, un sensor de intensidad de campo magnético, que mide cerca de la superficie el campo magnético existente en el metal. Por ejemplo, se trata en este caso de uno o varios sensores de reverberación. Cerca de la superficie significa en el caso presente, especialmente, < 10 mm de distancia con respecto a la superficie.

(0032) Además, se manifiesta un rascatubos de inspección para tubos de conductos. Éste presenta con, al menos, un dispositivo de magnetización conformado como un yugo de imán y un dispositivo de sensor que presenta una bobina emisora, que comprenden un sensor de corriente parásita para la detección de una característica mecánica-tecnológica del tubo del conducto, especialmente, según un método de las reivindicaciones 1 hasta 8, un sensor de corriente parásita dispuesto entre los polos del dispositivo de magnetización, así como además, un sensor de intensidad de campo magnético. Éste último puede estar dispuesto, ventajosamente, entre los polos del mismo yugo de imán o de un yugo de imán contiguo. La intensidad de los imanes del yugo de imán es, en este caso, lo suficientemente grande, como para magnetizar con tanta fuerza la pared a ser investigada del tubo del conducto, al menos, en la zona en la que se ha de crear la corriente parásita, de manera que el metal está saturado, al menos, en general. Las densidades de flujo correspondientes, en este caso, están en el ámbito de > 1,2 T, preferiblemente, > 1,5 T. Correspondientemente, las intensidades de campo en el metal están en el ámbito de, preferiblemente, más de 4 kA/m, más preferiblemente, más de 5 kA/m. El rascatubos de inspección está provisto de un dispositivo de magnetización móvil en dirección transversal con respecto a un eje intermedio longitudinal. Los polos del imán del dispositivo de magnetización pueden estar en contacto directo con la pared del conducto y magnetizarla.

(0033) Mediante esta configuración es posible, tras anular las influencias de una permeabilidad relativa del material del tubo del conducto, y especialmente, también con el conocimiento exacto de las temperaturas dominantes, deducir la característica mecánica-tecnológica a partir de los datos de la corriente parásita. La deducción se lleva a cabo, aquí, normalmente, después de la lectura de los datos del rascatubos de inspección o tras la transferencia de los datos del rascatubos de inspección a un dispositivo de valoración correspondiente. Este comprende, normalmente, medios computarizados y de pantallas o bien medios de escritura y grabación, por ejemplo, un ordenador portátil.

(0034) El dispositivo de magnetización comprende, preferiblemente, al menos, un imán permanente y el sensor de intensidad de campo del imán está dispuesto entre los polos del mismo o en otro dispositivo de magnetización contiguo. Mediante el uso de imanes permanentes también está garantizada, para recorridos de inspección más largos, una magnetización lo suficientemente grande, sin que para los electroimanes se tenga que transportar energía sobre el rascatubos. La medición de la intensidad del campo magnético entre los polos es más exacta, habida cuenta que, después de pasar el dispositivo de magnetización del rascatubos de inspección, la intensidad de campo del imán de la pared del conducto, normalmente, se reduce enormemente.

(0035) El dispositivo del sensor está dispuesto, preferiblemente, sobre un portador del sensor, que es móvil en dirección radial con respecto a un eje intermedio longitudinal del rascatubos de inspección, aplicándosele una fuerza. Especialmente, se trata, en este caso, de un yugo de imán alojado de forma móvil en dirección radial, sobre

el cual el portador del sensor o el dispositivo del sensor o, al menos, el sensor de la corriente parásita, adicionalmente con aplicación de fuerza individualmente, se puede presionar, por ejemplo, sobre un elemento de acumulación de energía en forma de un resorte en dirección radial hacia afuera y en una instalación contra el tubo. De este modo, se evita la elevación del dispositivo del sensor de la pared del conducto a causa de la elevación de los polos del imán del yugo del imán, a causa, por ejemplo, de soldaduras. El portador del sensor o el sensor de la corriente parásita permanece directamente en la pared del tubo. Para la protección del portador del sensor, el mismo, el dispositivo del sensor o, al menos, el sensor de la corriente parásita, puede proveerse con una capa de cerámica, que puede renovarse cuando hay una abrasión lo suficientemente elevada.

(0036) La aproximación del portador del sensor a la pared del conducto, por un lado, a través del yugo del imán, que está cargado por resorte o no atrae ya a causa de las fuerzas de atracción magnética hacia la pared del conducto, así como la guía o el alojamiento individual, con aplicación de fuerza, del sensor de la corriente parásita frente al yugo del imán o al portador del sensor conducen a una guía óptima del sensor de la corriente parásita sobre la superficie del tubo.

(0037) Preferiblemente, el rascatubos de inspección está provisto de una multitud de dispositivos de sensor dispuestos unos junto a otros en dirección del perímetro, que pueden estar dispuestos entre los polos de yugos de imanes correspondientes.

(0038) Preferiblemente, el dispositivo del sensor presenta, respectivamente, tres sensores de corriente parásita que comprenden dos bobinas, de manera que cada sensor de corriente parásita puede estar diseñado en otra frecuencia o se puede hacer funcionar en otra frecuencia. Esto sirve para crear resultados redundantes.

(0039) Otras ventajas y detalles de la invención se pueden extraer de la siguiente descripción de las Figuras. Representados esquemáticamente se muestran:

Fig. 1 un rascatubos de inspección,

Fig. 2 una vista en detalle del objeto según la Fig. 1,

Fig. 3 un esquema de un dispositivo de sensor,

Fig. 4 un esquema eléctrico para un objeto según la Fig. 3,

Fig. 5 un diagrama de flujo para la valoración de una medición con un objeto según la Fig. 3,

Fig. 6 una ilustración de la superficie de impedancia en 2D,

Fig. 7 una curva de histéresis para un metal ferromagnético,

Fig. 8 hasta 11 figuras de resultados de medición y correlaciones calculadas.

(0040) Las características técnicas individuales de los ejemplos de ejecución descritos a continuación pueden combinarse también con ejemplos de ejecución previamente descritos, así como con las características de las reivindicaciones independientes y posibles otras reivindicaciones para formar objetos según la invención.

(0041) Un rascatubos de inspección está montado para tubos de conductos según la Fig. 1, por ejemplo, a partir de tres módulos. Un primer módulo (1) con una serie de copas ("Cups" (2)) está acoplado como unidad de tracción en dirección de conducción (F) de forma articulada a una unidad de medición (3). Esta unidad de medición (3) presenta una multitud de dispositivos de magnetización conformados como yugos de imanes (4) y dispuestos en dirección del perímetro unos junto a otros. En el extremo posterior del rascatubos de inspección existe, a su vez, un módulo (6) dedicado, en general, a la propulsión, que para la determinación del recorrido del trayecto que se deja atrás en el conducto presenta rodillos de rodadura (7). Igualmente, el módulo (6) presenta "Cups" (2).

(0042) La unidad de medición (3) central para la medición de las dimensiones mecánicas-tecnológicas de los materiales del tubo del conducto presenta una estructura con dos discos (8) fabricados, preferiblemente, de poliuretano. Estos no presentan ninguna dirección preferible, de manera que el módulo (8) se podría usar tanto en dirección (F), como también en la dirección contraria. Alrededor de un eje intermedio longitudinal (9) del rascatubos de inspección alrededor de la dirección del perímetro hay dispuesta una multitud de yugos de imanes (4) con correspondientes dispositivos de medición. Por un lado, se trata en el caso presente de dispositivos de sensor (11) para la medición de la corriente parásita. Por otro lado, hay dispuestos sensores de intensidad de campo magnéticos (12) sobre yugos (4) contiguos al dispositivo del sensor (11). Los yugos de imanes (4) pueden estar dispuestos, de este modo, transversalmente con respecto al eje intermedio longitudinal (9) de forma móvil, de manera que pueden compensar en dirección radial las variaciones del diámetro interior del tubo. Además, los portadores del sensor, que portan los dispositivos del sensor (11) o los sensores de la intensidad de campo magnético (12), pueden estar dispuestos igualmente adicionalmente de forma móvil radial y, especialmente, con aplicación de fuerza, sobre el yugo del imán respectivo, para poder adoptar una posición óptima en la pared interior del conducto.

(0043) En una parte hueca de la carcasa (13) de la unidad de medición (3) están disponibles medios para el alojamiento y almacenamiento de los datos recogidos por los sensores de este módulo central, así como para el suministro de energía. En la carcasa (13) puede estar dispuesto, además, un sensor de temperatura (15) para corregir o poder corregir la señal de la corriente parásita en relación con la temperatura.

(0044) Cada yugo de imán (4) presenta según la Fig. 2 dos polos magnéticos (14) que están unidos entre sí a través de una placa de hierro (16). En la misma hay fijados imanes en forma de imanes permanentes (17) que, a su vez, mediante escobillas o similares medios de disposición (18) pueden estar en contacto con la pared interior de un conducto. Los medios de disposición (18) también conforman los polos. El yugo (4) en su totalidad está dispuesto de forma móvil en dirección radial, debido a dos articulaciones (19) de doble eje. Las bridas (21) sirven para la fijación a otro cuerpo de rascatubos.

(0045) Junto al yugo de imán (4) mostrado en la Fig. 2 hay dispuesto entre ambos polos (14) un dispositivo de sensor (11). Un correspondiente portador del sensor (22) está dispuesto de forma que se puede mover, a través de, en total, cuatro elementos de acumulación de fuerza (23) dispuestos en las esquinas del portador del sensor (22) y conformados como resortes, igualmente en dirección radial con respecto al eje intermedio longitudinal (9). Debido a los resortes (23), el portador del sensor (22) se presiona estrechamente, con el dispositivo del sensor (11), contra la pared del conducto. Gracias a esto, adicionalmente, se pueden igualar los desniveles, sobre los que se deslizan los polos magnéticos (14) y no se produce un "Lift-Off" del portador del sensor, lo que podría suponer variaciones en los datos.

(0046) Una representación esquemática de la creación de corriente parásita se muestra en la Fig. 3. Un sensor de corriente parásita está provisto aquí de dos bobinas (25 y 26), que son aproximadas estrechamente a la superficie superior (27) del lado interior de la pared del conducto y por los cuales, al menos, la bobina (24) está conformada como bobina emisora. En relación con la pared del conducto (27), las bobinas (24, 26) está dispuestas, preferiblemente, unas sobre otras o unas bajo otras, es decir, en una dirección vertical con respecto a la superficie, unas detrás de otras. Mediante las bobinas (24, 25) se crea mediante una corriente alterna un campo magnético primario, representado mediante las líneas de flujo (28). A causa de este campo magnético variable en el tiempo, en conexión con el campo magnético creado mediante el dispositivo de magnetización, se crean corrientes parásitas en la pared del conducto, que están representadas en el caso presente con líneas punteadas (29). Éstas, a su vez, crean un campo magnético secundario, indicado mediante líneas de flujo (31). El campo magnético secundario produce una inducción en las bobinas (24 y 26), lo cual puede medirse mediante un conmutador mostrado en la Fig. 4. Las bobinas (24 y 26) están unidas con resistencias (32) a una conexión de puente, y entre los puntos del puente (33) se puede absorber una tensión, que puede ser reforzada por un amplificador (34) y que se entrega para una valoración sensible a las fases.

(0047) La valoración puede llevarse a cabo, preferiblemente, según el diagrama de flujo según la Fig. 5, según el cual un generador de frecuencia (36) acciona la conexión de puente (37). La tensión absorbida allí se entrega mediante un amplificador (34) a un detector (38) sensible a las fases. La señal que se valora ahí puede ser procesada mediante rotación de fases (módulo de valoración (39)) o puede ser reforzado directamente mediante un amplificador (41). A continuación, la señal se puede almacenar en un medio de almacenamiento (42), dado el caso, puede ser emitida y puede ser valorada en una unidad de valoración (43) en relación con posibles variaciones.

(0048) Las bobinas (24, 26) accionadas mediante la corriente parásita se caracterizan mediante dos dimensiones de impedancia eléctrica, la reactancia inductiva ($X = 2 \pi f L = \omega L$) (f: frecuencia de la excitación, L: inductividad) y la resistencia (R) óhmica, a partir de los cuales resulta la impedancia ($Z = \sqrt{R^2 + X^2}$). Para la representación en una superficie de impedancia en 2D se trazan, de forma normalizada, la reactancia sobre la ordenada y la resistencia óhmica sobre la abscisa, respectivamente. En el aire mide el sensor de corriente parásita n determinado punto en la superficie de impedancia, que se desplaza a otro punto en una superficie, cuando el sensor se encuentra sobre el objeto de la prueba. La influencia del objeto de la prueba puede ser descrita como una variación de la característica de la bobina. La dimensión y la dirección de la variación de la impedancia depende, en este caso, como se describió previamente, de las propiedades del material, especialmente, de la conductividad eléctrica y de la permeabilidad magnética del objeto de prueba. Además, es relevante también la distancia de la bobina con respecto al objeto de prueba. Mediante la transferencia de la saturación elevada, dominante, en general, en la pared del conducto cercana a la superficie del lado interior, del material a ser medido, así como de la distancia mantenida constante de la bobina con respecto al objeto de prueba (pared del conducto), resultan variaciones en la superficie de impedancia a causa de la conductividad eléctrica, que entonces, a su vez, está relacionada con las dimensiones mecánicas-tecnológicas, que verdaderamente han de ser medidas.

(0049) En la Fig. 6 se muestra cómo tienen efecto los distintos factores de influencia en una superficie de impedancia normada. ωL es, en este caso, la parte imaginaria de la medición en la prueba, ωL_0 la parte imaginaria de la medición en el aire, R la parte real de la medición en la prueba y R_0 = la parte real de la medición en el aire.

(0050) Una variación en el "Lift-Off", que parte de un punto (P) en la superficie de impedancia produce desplazamientos en dirección de la flecha (44), las variaciones en la conductividad (s) producen una variación a lo largo de la flecha (46), las variaciones de permeabilidad producen variaciones en dirección de la flecha (47) y las variaciones de espesores de pared producen variaciones según la flecha (48). Con ω se hace referencia, en el caso presente, a la frecuencia de excitación del dispositivo del sensor. Las variaciones de los espesores de pared se

perciben o se descartan mediante variaciones de la magnetización de la pared mediante el sensor de reverberación, mediante la magnetización en la casi saturación se excluye una modificación de la señal en dirección (47), igualmente, el "Lift-Off" se excluye en dirección (44), de manera que las variaciones sobre la curva han de resultar sólo a causa de variaciones de la conductividad.

5 (0051) Para neutralizar la influencia de la permeabilidad relativa durante la medición de la conductividad, como se describió previamente, la señal de la corriente parásita se registra, preferiblemente, con una magnetización de saturación de > 5 kA/m. La Figura 7 muestra, a modo de ejemplo, una curva de histéresis para un acero usado a menudo en una zona de un conducto. Pueden ser suficientes ya densidades de flujo magnéticas a partir de aprox. 10 1,5 T, para no falsear significativamente el resultado de la medición. En algunos pocos metales pueden ser suficientes incluso ya densidades de flujo a partir de 1,2 T. En la magnetización de saturación, para ubicaciones de acero a ser tenidas en cuenta, especialmente, para el ámbito de los oleoductos, los valores para la permeabilidad relativa están en el ámbito de 220 hasta 235, preferiblemente, de 225 hasta 233. Según lo previamente descrito, 15 amplios ensayos han dado como resultado que las corrientes parásitas medidas (eje Y "señal de corriente de Eddy [unidades arbitrarias]" (en inglés: "eddy current signal [arbitrary units]")) se pueden representar como una función lineal de la resistencia específica eléctrica. Lo mismo es válido para la conductividad que es recíproca a la resistencia específica eléctrica. Ha resultado, para las ubicaciones de acero a ser tenidas en cuenta del ámbito de los oleoductos, una elevada correlación con un coeficiente de correlación del 0,99.

20 (0052) A través de otros ensayos ha sido correlacionada la dependencia de las características mecánicas-tecnológicas como, por ejemplo, la resistencia a la tracción mostrada en la Fig. 9 con la resistencia específica. Los datos correspondientes sobre una multitud de posibles y usados materiales del ámbito de los oleoductos se graban en un banco de datos, que entonces obtiene los datos de referencia. Correspondientemente, la resistencia a la 25 tracción puede entonces ser adaptada directamente frente a la señal de la corriente parásita (Fig. 10). A partir de estos datos, se puede crear una superficie característica para la determinación directa de la resistencia a la tracción, a partir de ambos valores medidos de la señal de la corriente parásita y de la intensidad de campo magnético (Fig. 11).

30 (0053) Se ha demostrado que el dispositivo del sensor se puede mover como parte de un rascatubos de inspección dentro de un conducto y a lo largo de su superficie metálica del lado interior, allí se recoge la señal de la corriente parásita, a partir del mismo se determina la conductividad eléctrica o la resistencia eléctrica específica del metal y a partir de esta dimensión se deduce entonces la característica del metal. Mediante esto, pueden determinarse los materiales de los conductos, que se instalaron hace décadas.

35 (0054) Gracias a la multitud de los dispositivos de magnetización y de sensor dispuestos alrededor del eje longitudinal del rascatubos de inspección se pueden excluir, de forma fiable, los fallos a causa de lugares defectuosos en el metal. Especialmente, las secciones de tubo que limitan unas con otras con distintos aceros de gránulos finos pueden ser identificados de este modo y pueden ser encontrados a través del recorrido que se deja 40 atrás, determinado por el aparato de inspección.

REIVINDICACIONES

1. El método de inspección de conductos para la determinación de características mecánicas-tecnológicas de aceros ferromagnéticos, en el cual un dispositivo de sensor (11) se mueve como parte de un rascatubos de inspección dentro de un conducto y a lo largo de su superficie del lado interior (27), de manera que un dispositivo de magnetización que presenta, al menos, un imán permanente o un electroimán (17), magnetiza, al menos, en general, de manera saturada, el metal a ser determinado en forma de acero ferromagnético, para la minimización de la influencia de la permeabilidad relativa, y el dispositivo del sensor (11) que comprende una bobina emisora (24) crea un campo magnético variable, que interactúa con el campo magnético creado por el dispositivo de magnetización en el metal y crea una corriente parásita, que se mide por un sensor de corriente parásita del dispositivo de sensor (11), y un sensor de intensidad de campo magnético (12) mide el campo magnético del metal, al menos, cerca de la superficie y el dispositivo del sensor (11) se usa para una profundidad de penetración de la corriente parásita menor a 1 mm con frecuencias de 100 kHz hasta 500 kHz y mediante un dispositivo de valoración (43), a partir de los datos del sensor de corriente parásita, en base a datos de referencia de una base de datos de referencia, que comprende la dureza, el límite de estricción o la resistencia a la tracción, así como la conductividad eléctrica o la resistencia eléctrica de aceros ferromagnéticos, se determina la conductividad eléctrica y/o la resistencia eléctrica específica del metal, así como a partir de la conductividad o la resistencia como características mecánicas-tecnológicas del metal se deduce la dureza, el límite de estricción o la resistencia a la tracción.
2. Método según la reivindicación 1, que se caracteriza por que varios de los dispositivos del sensor (11), en dirección del perímetro, alrededor de un eje intermedio longitudinal (9) del rascatubos de inspección, recogen datos para la detección de la característica de la pared del conducto.
3. Método según una de las reivindicaciones anteriores, que se caracteriza por que el campo magnético para la creación de la corriente parásita se crea por, al menos, la bobina emisora (24) como primera bobina del dispositivo del sensor (11), el dispositivo del sensor comprende aún otra bobina (26) y la corriente parásita, en base a una diferencia de tensión y de fases, se mide en una conexión de puente (37) que comprende ambas bobinas (24, 26).
4. Método según una de las reivindicaciones anteriores, que se caracteriza por que el dispositivo de magnetización crea un campo magnético en el metal, cuya intensidad es de más de 4 kA/m.
5. Método según una de las reivindicaciones anteriores, que se caracteriza por que la distancia del sensor de la corriente parásita se registra y/o se predetermina, para anular la dependencia de la señal de la corriente parásita del "Lift-Off".
6. Método según una de las reivindicaciones anteriores, que se caracteriza por que la temperatura se mide por un sensor de temperatura (15), para corregir la conductividad eléctrica o la resistencia eléctrica específica y/o la señal de la corriente parásita en relación con la temperatura.
7. Método según una de las reivindicaciones anteriores, que se caracteriza por que el dispositivo del sensor (11) presenta, al menos, dos, preferiblemente, tres sensores de corriente parásita dispuestos, especialmente, sobre un portador de sensor (22) común, que miden a distintas frecuencias de la corriente parásita.
8. Método una de las reivindicaciones anteriores, que se caracteriza por que una multitud de dispositivos del sensor (11) está dispuesta en dirección del perímetro unos junto a otros y de forma móvil en dirección radial en relación con un eje intermedio longitudinal (9), de tal modo que los dispositivos del sensor (11) se disponen en el lado interior de un conducto metálico y en dirección del perímetro se mide la característica.

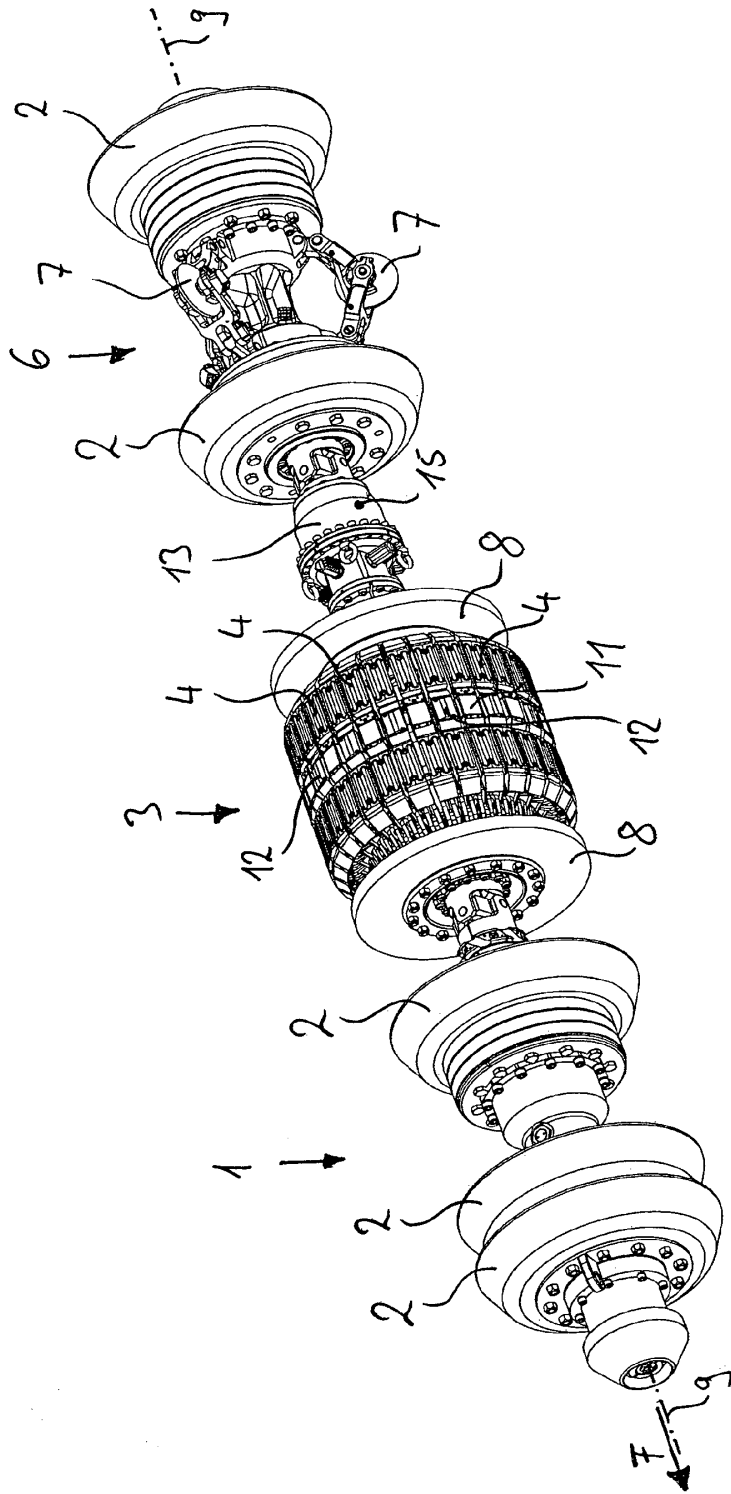


Fig. 1

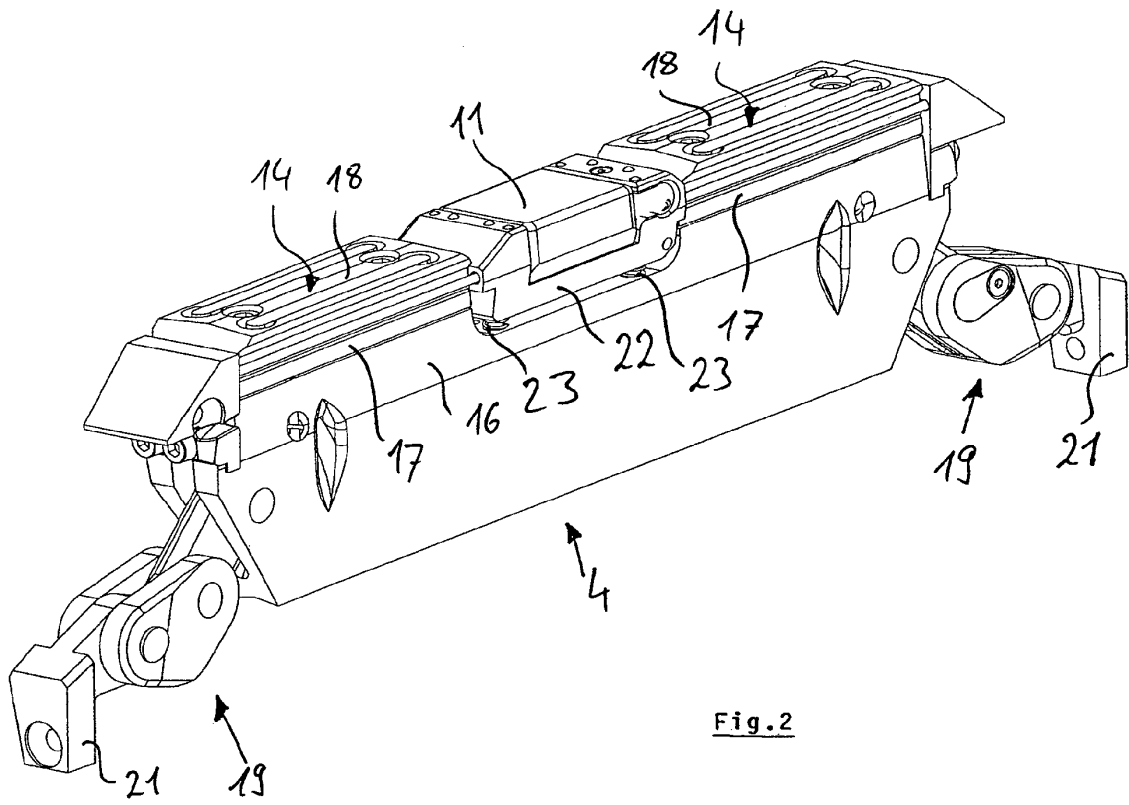


Fig.2

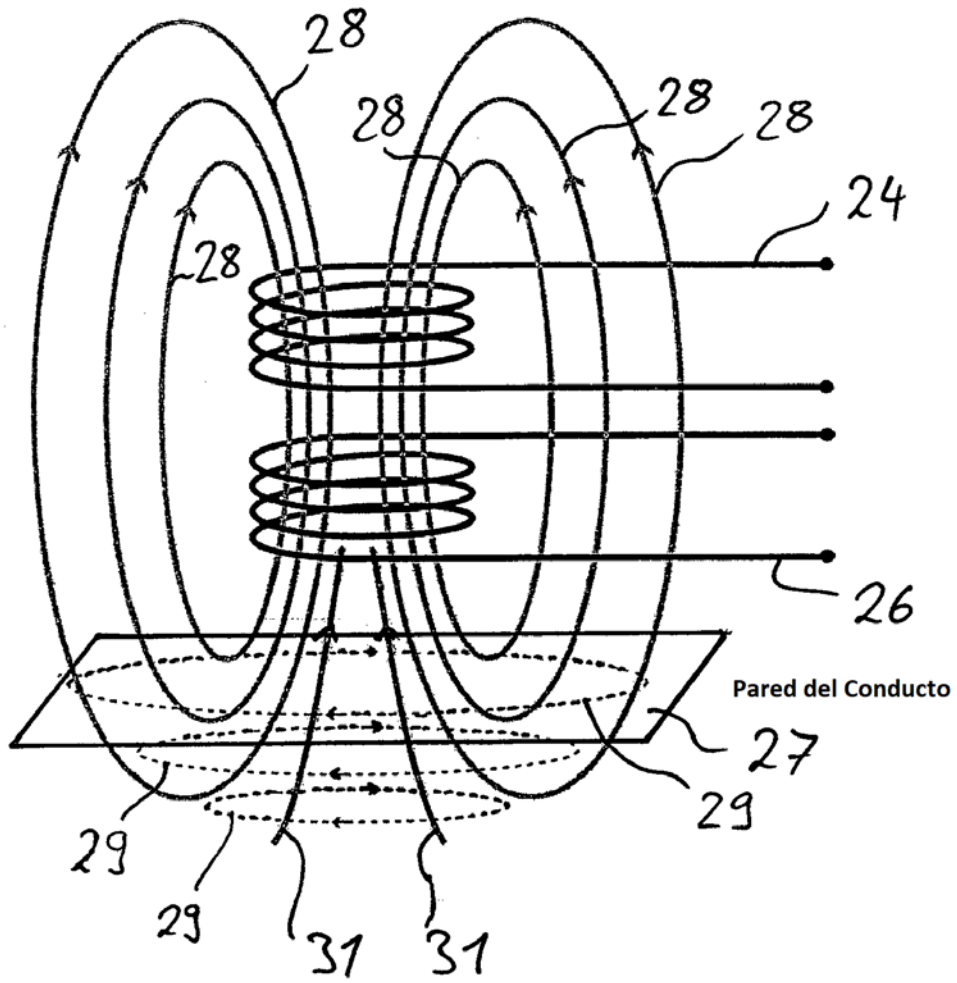


Fig. 3

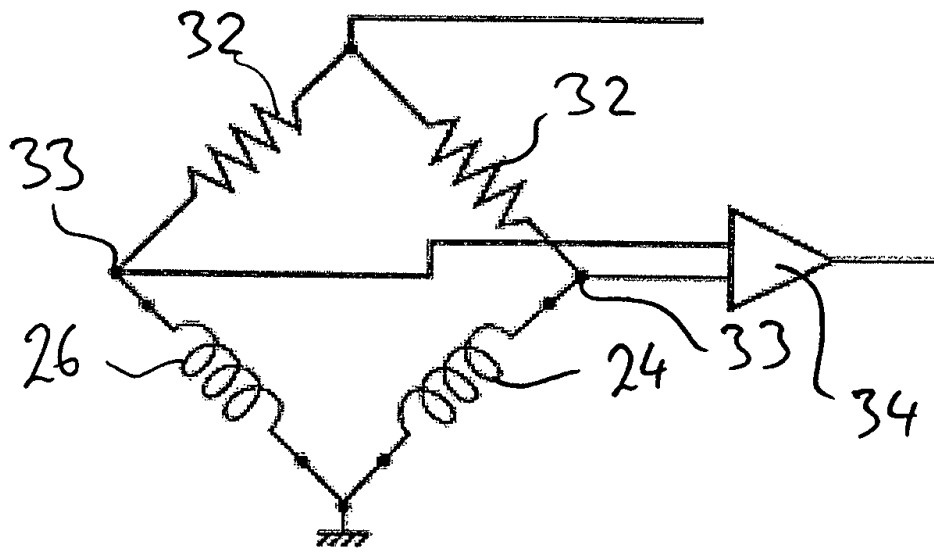


Fig. 4

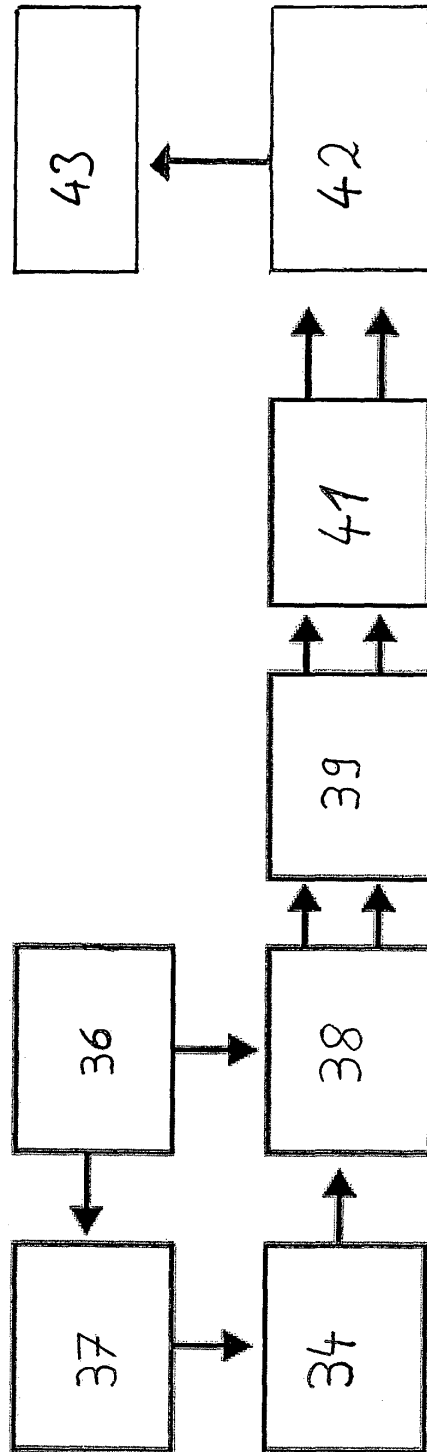


Fig. 5

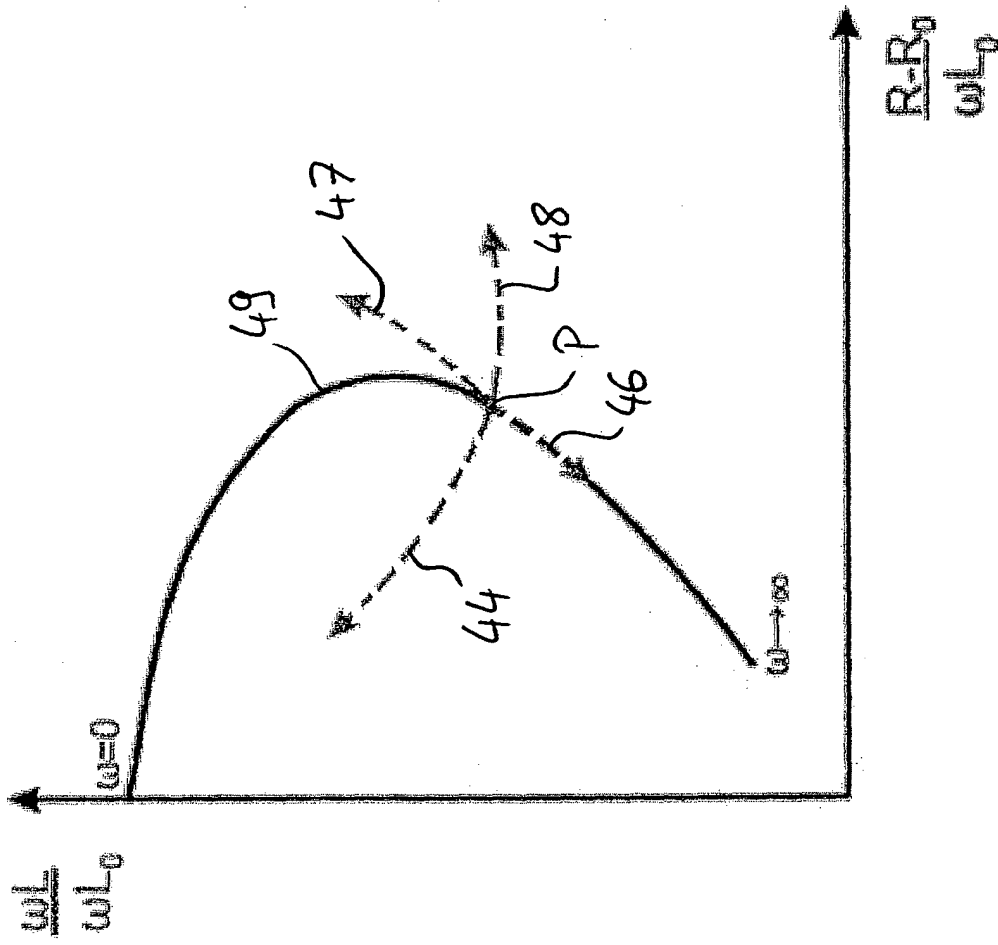


Fig. 6

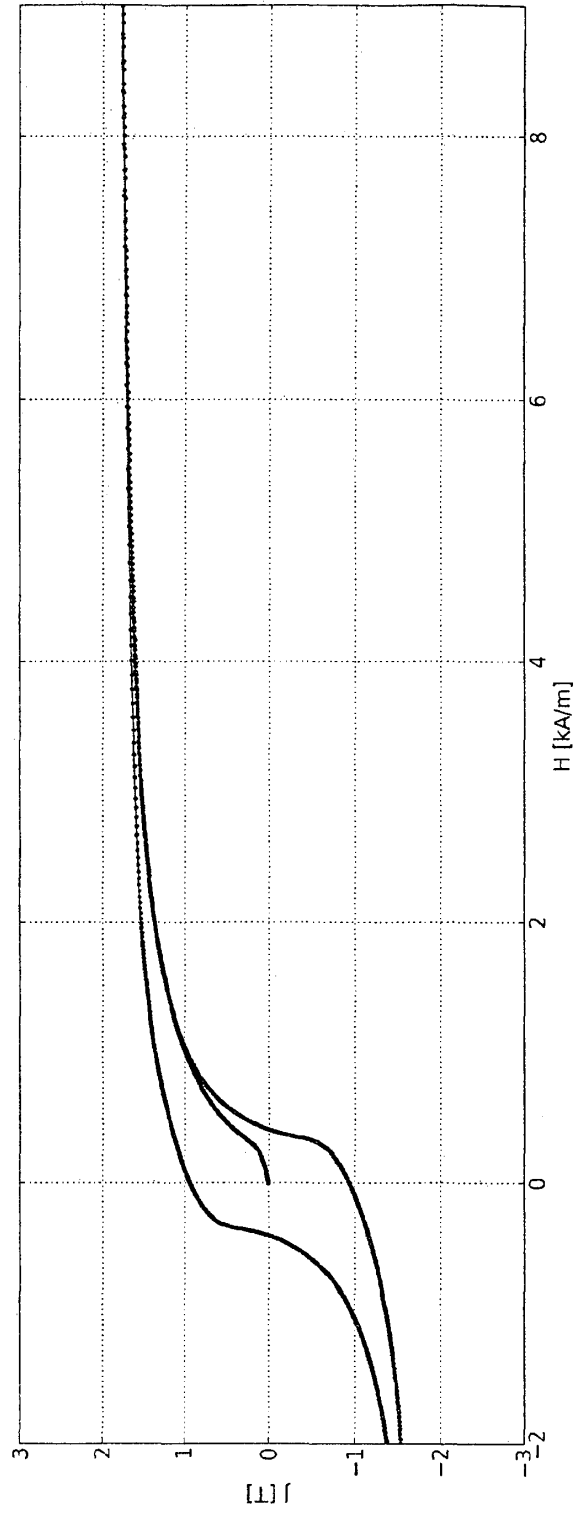


Fig. 7

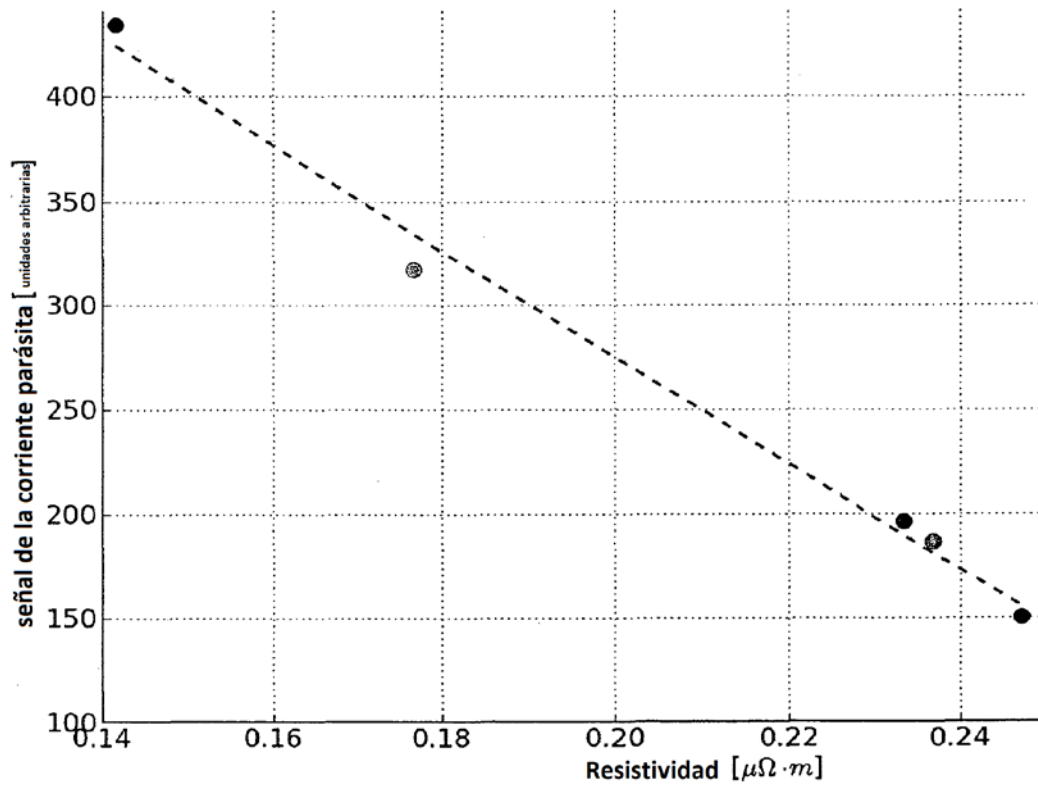


Fig. 8

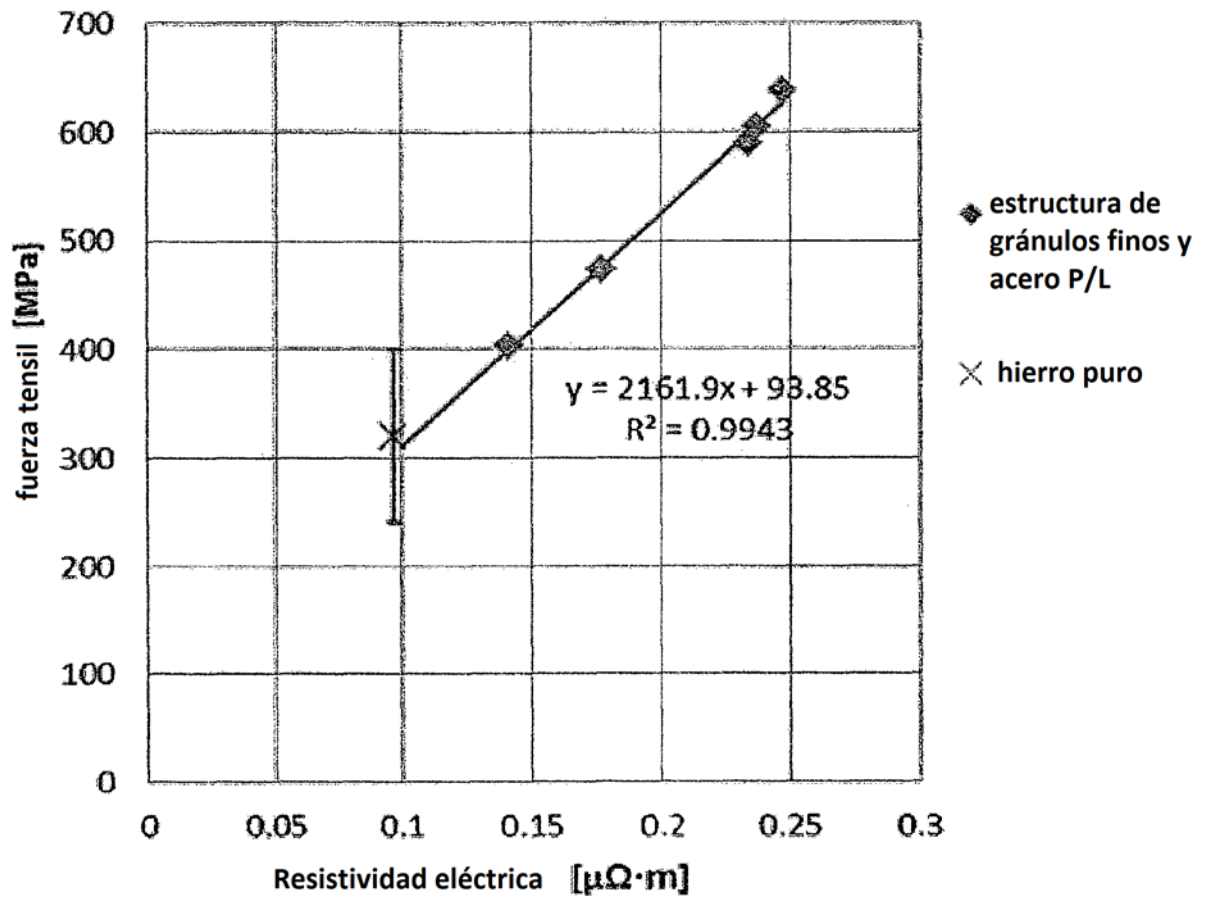


Fig. 9

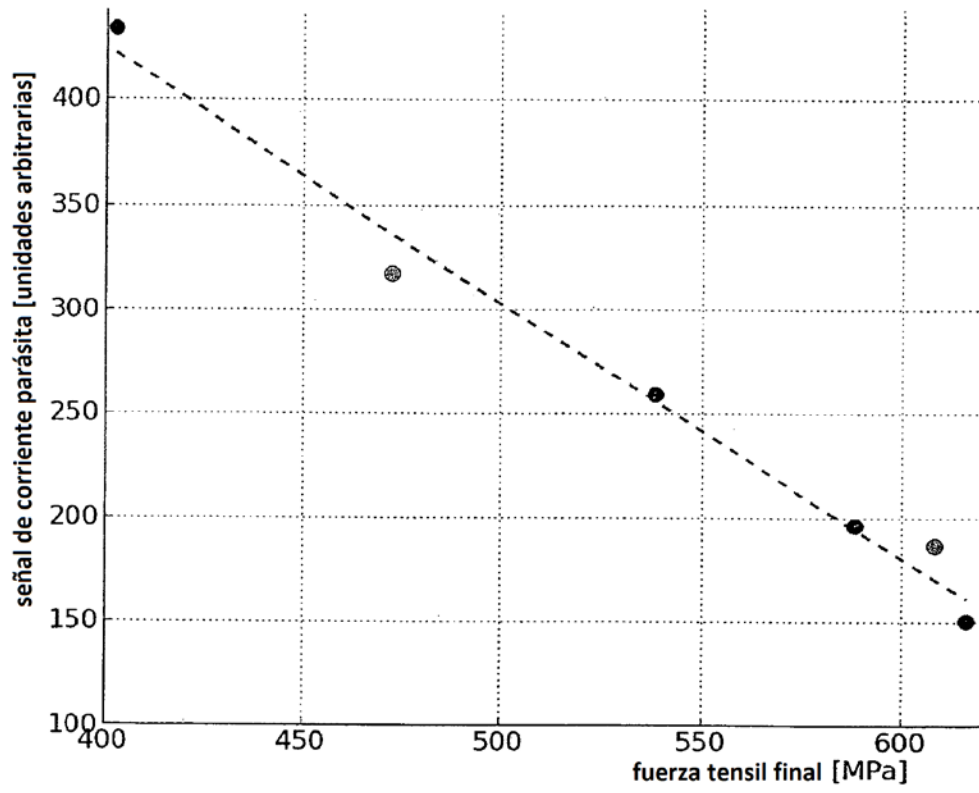


Fig. 10

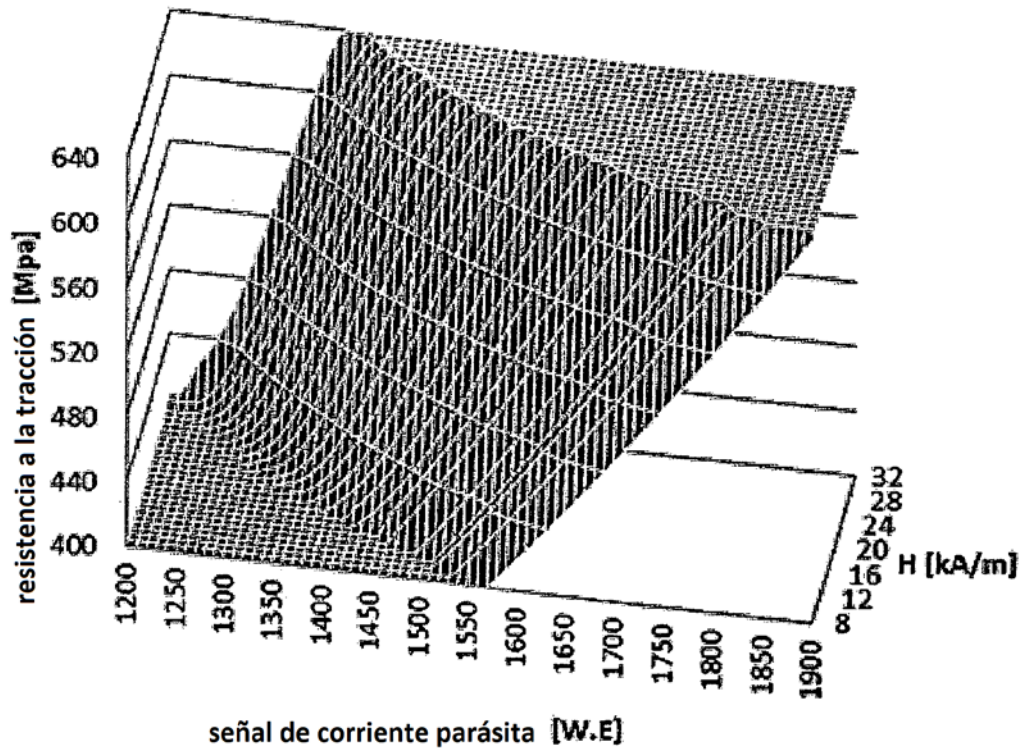


Fig. 11