

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 593 180**

51 Int. Cl.:

**G06K 7/08** (2006.01)

**G01R 33/10** (2006.01)

**G01R 33/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2014** **E 14164467 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.06.2016** **EP 2930651**

54 Título: **Método y dispositivo para medir una distribución de campo magnético de un imán a lo largo de una superficie principal de dicho imán**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**07.12.2016**

73 Titular/es:

**MAGCAM NV (100.0%)**  
**Romeinse Straat 18**  
**3001 Heverlee, BE**

72 Inventor/es:

**VERVAEKE, KOEN y**  
**KLICHÉ, STEPHAN**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 593 180 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 y dispositivo para medir una distribución de campo magnético de un imán a lo largo de una superficie principal de dicho imán

5

**Campo técnico**

La presente divulgación se refiere a dispositivos y métodos para determinar un campo magnético de un imán.

10 **Técnica anterior**

Una inspección de calidad rápida y precisa de imanes permanentes es cada vez más importante en el desarrollo y producción de muchos productos tecnológicos, tales como sensores de posición, motores y actuadores eléctricos, altavoces y micrófonos, dispositivos médicos, electrónica del automóvil, etc. La calidad del producto final está, con frecuencia, influenciada directamente por, y en gran medida depende de, la calidad de los imanes permanentes de esos productos. Además, la volatilidad de precio de los materiales de tierras raras, que son críticos para la fabricación de imanes permanentes, obliga a los diseñadores y fabricantes a usar estos materiales preciosos de una forma eficiente, minimizando la cantidad de material de imán desechado, en otras palabras, a obtener el mayor rendimiento con la menor cantidad de material de imán, lo que significa que cada imán necesita ser conforme con estrictas demandas de calidad. También, desde un punto de vista económico, el control de calidad de los imanes permanentes es de importancia creciente.

15

20

Se conoce un sistema de medición magnética, denominado también cámara de campo magnético, el cual constituye una tecnología avanzada de inspección de imán para todas las clases de imanes permanentes, incluyendo imanes uniaxiales y multipolo para diversas aplicaciones. La tecnología de cámara de campo magnético está basada en el mapeo de la distribución de campo magnético de un imán usando una pluralidad de sensores de campo magnético.

25

En la solicitud de patente europea EP 1720026, se describe un ejemplo de cámara de campo magnético de ese tipo, denominada también módulo de cámara magnética.

30

En la solicitud de patente europea EP 2508906, se describe una disposición para caracterizar sistemas magnéticos basada en un conjunto inicializado de parámetros de entrada del sistema magnético, comprendiendo la disposición:

35

- medios para medir la distribución de campo magnético, típicamente materializados a modo de módulo de cámara magnética, y

- medios para determinar una distribución de campo magnético óptima esperada del sistema magnético.

40

En HWANG J ET AL: "Aplicación de una matriz de sensores Hall de tipo diferencial a ensayos no destructivos de ruedas de tren expreso", NDT & E INTERNATIONAL, BUTTERWORTH-HEINEMANN, OXFORD, GB, vol. 42, núm. 1, 1 de Enero de 2009 (01-01-2009), páginas 34-41, se divulga un nuevo sistema de ensayo no destructivo capacitado para detectar una grieta con alta velocidad y alta resolución espacial, para inspeccionar pequeñas grietas en ruedas de tren expreso, y proponer una cámara magnética de tipo escáner, que usa dos matrices de sensores Hall linealmente integrados sobre una oblea, y un pequeño magnetizador de tipo yugo.

45

En JISEONG HWANG ET AL: "Modelado de una imagen de cámara magnética de tipo escáner usando el modelo de dipolo perfeccionado", JOURNAL OF MECHANICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, vol. 20, núm. 10, 1 de octubre de 2006 (01-10-2006), páginas 1691-1701, se propone una cámara magnética de tipo escáner para mejorar la resolución espacial limitada debida al tamaño de un sensor magnético empaquetado.

50

En el documento US 2012/0209546 A1, se divulga un método para caracterizar imanes, el cual está basado en la obtención de propiedades cuantitativas del sistema magnético combinando datos de mediciones de campo magnético y datos de simulación o modelado teóricos.

55

En el documento US 2007/0046287 A1, se divulga una solución para proporcionar formación de imágenes de campo local con alta resolución espacial, de tiempo y de campo, usando una matriz de sensores de efecto Hall que pueden ser leídos individualmente.

60

En BENITEZ D S ET AL: "Un sistema de matriz basado en sensor de estado sólido 1-0 para formación de imágenes de campo magnético de barras de refuerzo de acero incrustadas en el interior de hormigón reforzado", IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, EE.UU., vol. 58, núm. 9, 1 de septiembre de 2009 (01-09-2009), páginas 3335-3340, se describe una matriz lineal de sensores magneto inductivos basados en estado sólido 1-D para detectar y formar imágenes de barras de refuerzo de acero incrustadas en el interior de hormigón pretensado y reforzado.

65

En CAJAL D ET AL: "Un estudio de las diversas fases de la ruptura en un ruptor de circuito de baja tensión gracias a

la cámara magnética”, JOURNAL OF PHYSICS 0: APPLIED PHYSICS, INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING LTD, GB, vol. 32, núm. 10, 21 de mayo de 1999 (21-05-1999), páginas 1130-1135, se analiza la inducción magnética creada por el movimiento del arco desde el exterior de un sistema de ruptura en numerosos puntos, lo que hace que sea posible determinar la posición de la línea media de corriente que representa magnéticamente el arco.

5 En el documento US 2004/0004475 A1, se describen aparatos y métodos para un rendimiento mejorado y una mayor fiabilidad respecto a la inspección de superficies críticas en discos de motor de aeronave.

10 Hay necesidad en la industria de cámaras de campo magnético que sean capaces de determinar distribuciones de campo magnético sobre áreas, por ejemplo un área superficial de un imán, que sean más grandes que el área de detección o de medición intrínseca de la cámara de campo magnético.

### Sumario de la divulgación

15 Un objetivo de la presente divulgación es proporcionar un método para determinar una distribución de campo magnético de un imán a lo largo de una superficie del imán. Este objetivo se alcanza conforme a la divulgación con un método que comprende las etapas de la primera reivindicación independiente.

20 Otro objetivo de la presente divulgación es proporcionar un dispositivo o aparato para determinar una distribución de campo magnético de un imán a lo largo de una superficie del imán. Este objetivo se alcanza conforme a la divulgación con el dispositivo que muestra las características técnicas de la segunda reivindicación independiente.

En un primer aspecto de la presente invención, se divulga un método para determinar un campo magnético de un imán a lo largo de una superficie del imán, comprendiendo el método:

- 25
- realizar un movimiento relativo entre la superficie del imán y un dispositivo de cámara magnética,
  - medir el campo magnético por medio del dispositivo de cámara magnética, para obtener mediante ello mediciones de campo magnético para la superficie;
- 30

en el que el movimiento relativo es un movimiento continuo que es una combinación de un movimiento de traslación relativo y de un movimiento de rotación relativo.

35 Una vez que se han realizado mediciones de campo magnético para la superficie, los datos correspondientes que comprenden los valores de la medición pueden ser usados para modelar y analizar el campo magnético del imán, por ejemplo por medio de un software o programa informático apropiado. Con preferencia, el método conforme a los aspectos de la presente invención comprende determinar coordenadas de posición para valores de medición de campo magnético respectivo, en base a al menos parámetros que definen el movimiento relativo. El método conforme a aspectos de la presente invención puede comprender también adicionalmente interpolar valores de medición determinados para sus posiciones calculadas, con el fin de deducir valores de medición virtual conforme a posiciones correspondientes a un patrón de parrilla regular.

40

Mediante esto, el campo magnético del imán puede ser escaneado a lo largo de una superficie del mismo, por ejemplo a lo largo de una superficie principal del mismo. De acuerdo con realizaciones preferidas, el escaneo puede ser un proceso continuo; es decir, las mediciones y los movimientos relativos ocurren simultáneamente, por lo que el movimiento relativo no se detiene (no tiene una velocidad igual a cero) cuando se realiza una medición de campo magnético.

45

El movimiento relativo es un movimiento continuo, ininterrumpido. Con preferencia, el patrón definido por el movimiento relativo es continuo en sentido matemático. Con preferencia, el movimiento relativo no comprende ninguna interrupción, y la velocidad relativa del movimiento es siempre mayor que cero. El patrón definido por el movimiento relativo es preferiblemente una curva suave, es decir, puede ser descrito como una función suave (o continuamente diferenciable) en sentido matemático.

50

Una ventaja de realizaciones de la presente invención es que la distribución de campo magnético de un imán, por ejemplo de una superficie principal completa del mismo, puede ser determinada de una manera rápida y/o automatizada.

55

Una ventaja adicional de realizaciones de la presente invención es que la distribución de campo magnético puede ser determinada de forma eficiente para una superficie principal de un imán que sea más grande, o sustancialmente más grande, que la superficie de detección de una única cámara magnética.

60

Un dispositivo de cámara de campo magnético puede ser un dispositivo que comprenda una pluralidad de sensores, por ejemplo dispuestos con una configuración de matriz o de línea, siendo cada sensor capaz de medir propiedades de un campo magnético, y que sea capaz de medir una distribución de campo magnético. Una cámara de campo magnético puede ser, por ejemplo, una cámara según se divulga en los documentos EP 1720026 o EP 2508906.

65

Puede ser, por ejemplo, una matriz de sensores Hall de 2 dimensiones (2D) o de 1 dimensión (1D), o una matriz 2D o 1D de otro tipo de sensores de campo magnético.

5 La medición del campo magnético puede comprender medir una única componente del campo magnético, como reconocerán los expertos en la materia. Esto puede comprender, por ejemplo, medir la (magnitud de la) componente fuera de plano del campo magnético con respecto a una superficie principal de un imán. También puede ser una componente del campo magnético del imán a lo largo de otra dirección. Una componente de campo magnético puede comprender, por ejemplo, la magnitud de la proyección del vector de campo magnético sobre un eje o sobre una superficie, o la magnitud del propio vector de campo magnético.

10 Según realizaciones preferidas, el dispositivo de cámara magnética comprende una matriz unidimensional de al menos dos sensores de campo magnético. Según realizaciones preferidas, cuando la cámara de campo magnético es una matriz de sensores 2D, es suficiente, y se prefiere, usar solamente una única fila/columna de dicho dispositivo de cámara de campo magnético en realizaciones de la presente divulgación.

15 Conforme a realizaciones preferidas, la matriz unidimensional de al menos dos sensores de campo magnético está dispuesta a lo largo de una primera dirección. Por ejemplo, los al menos dos sensores de campo magnético pueden tener áreas sensibles que estén alineadas y estén dispuestas en un solo plano.

20 Esto proporciona la ventaja de que pueda usarse eventualmente un algoritmo de lectura y/o reconstrucción de imagen magnética relativa simple.

Conforme a realizaciones preferidas, el movimiento de traslación relativo es un movimiento paralelo, por ejemplo a lo largo de, la primera dirección.

25 Conforme a realizaciones preferidas, el movimiento de rotación relativo es un movimiento en el que la superficie del imán gira en torno a un eje, definiendo el eje una segunda dirección.

30 Conforme a realizaciones preferidas, la primera dirección y la segunda dirección son paralelas, dando como resultado un movimiento relativo helicoidal. Estas realizaciones son particularmente útiles para medir distribuciones de campo magnético de imanes con forma cilíndrica.

35 Conforme a realizaciones preferidas, la primera dirección y la segunda dirección son perpendiculares, dando como resultado un movimiento relativo en espiral. Estas realizaciones son particularmente útiles para medir distribuciones de campo magnético de imanes que tienen forma de anillo o de disco.

40 El uso de un movimiento relativo helicoidal o en espiral proporciona un proceso de escaneo suave, y proporciona los datos de medición correspondientes a la medición del campo magnético por medio del dispositivo de sensor de campo magnético en un formato adecuado para mapear fácilmente, es decir con cálculos simples, las mediciones en coordenadas de posición con respecto a la superficie del imán.

Conforme a realizaciones preferidas, el movimiento relativo en espiral o helicoidal da como resultado un escaneo completo del campo magnético o de la componente de campo a lo largo de la superficie del imán.

45 Conforme a realizaciones preferidas, el movimiento relativo en espiral o helicoidal da como resultado un escaneo completo del campo magnético o de la componente de campo a lo largo de la superficie del imán, y se extiende más allá de los límites de la superficie del imán, por ejemplo a cierta distancia del imán. Esto proporciona la ventaja de que la extensión espacial del campo magnético generado por el imán puede ser medida y de este modo analizada.

50 Conforme a realizaciones preferidas, realizar un escaneo completo comprende escanear una porción de la superficie más de una vez, por ejemplo en ciclos de rotación subsiguientes del movimiento rotacional relativo. Esta porción puede ser vista como una porción de solapamiento. La presencia de una porción de solapamiento, y de este modo una doble formación de imagen de campo magnético de esta porción durante el proceso de medición de campo magnético, puede permitir realizar un mapeo más preciso de valores de medición en posiciones donde se tomaron las mediciones respectivas.

Conforme a realizaciones preferidas, la medición del campo magnético por medio del dispositivo de cámara magnética se realiza en instantes de tiempo predeterminados. Alternativamente, esos instantes de tiempo se registran, y se asocian con sus valores de medición.

60 Los instantes de tiempo predeterminados están preferiblemente separados por intervalos de tiempo constantes, con el fin de obtener una densidad de punto de medición homogénea.

65 Conforme a realizaciones preferidas, la velocidad del movimiento de traslación relativo y la velocidad (angular) del movimiento de rotación relativo, están predeterminadas. Esto puede simplificar un proceso de mapeo de valores de campo magnético medidos a posiciones.

Conforme a realizaciones preferidas, la velocidad del movimiento de traslación relativo y la velocidad (angular) del movimiento de rotación relativo son constantes.

5 Según un segundo aspecto de la presente invención, se divulga un aparato para determinar un campo magnético de un imán a lo largo de una superficie del imán, comprendiendo el aparato:

- unos medios para realizar un movimiento relativo entre la superficie del imán y un dispositivo de cámara magnética,

10 - un dispositivo de cámara magnética para obtener mediante él mediciones de campo magnético para la superficie;

en el que los medios para realizar un movimiento relativo están adaptados para realizar un movimiento relativo que es un movimiento continuo, el cual es una combinación de un movimiento de traslación relativo y un movimiento de rotación relativo.

15 Conforme a realizaciones preferidas, el dispositivo de cámara magnética comprende una matriz unidimensional de al menos dos sensores de campo magnético. Conforme a realizaciones preferidas, la matriz unidimensional de al menos dos sensores de campo magnético está dispuesta a lo largo de una primera dirección.

20 Conforme a realizaciones preferidas, los medios para realizar un movimiento relativo están adaptados para realizar un movimiento de traslación relativo paralelo a (o a lo largo de) la primera dirección.

Conforme a realizaciones preferidas, los medios para realizar un movimiento relativo están adaptados para rotar el (la superficie del) imán en torno a un eje, definiendo el eje una segunda dirección.

25 Conforme a realizaciones preferidas, la primera dirección y la segunda dirección son paralelas, dando como resultado la realización de un movimiento relativo helicoidal.

30 Conforme a realizaciones preferidas, la primera dirección y la segunda dirección son perpendiculares, dando como resultado un movimiento relativo en espiral.

Conforme a realizaciones preferidas, los medios para realizar un movimiento relativo están adaptados para realizar un movimiento relativo en espiral o helicoidal que da como resultado un escaneo completo del campo magnético a lo largo de la superficie.

35 Conforme a realizaciones preferidas, los medios para realizar un movimiento relativo están adaptados para realizar un movimiento relativo en espiral o helicoidal que da como resultado un escaneo completo del campo magnético a lo largo de la superficie, escaneando por ello una porción de la superficie más de una vez, en ciclos de rotación subsiguientes del movimiento rotacional relativo.

40 Conforme a realizaciones preferidas, el dispositivo de cámara magnética está adaptado para realizar mediciones en instantes de tiempo predeterminados. Estos instantes pueden estar separados por intervalos de tiempo constantes.

45 Conforme a realizaciones preferidas, los instantes de tiempo en los que se realizan mediciones de campo magnético por medios de diferentes sensores de campo magnético del dispositivo de cámara magnética, son diferentes. Conforme a realizaciones preferidas, las mediciones de campo magnético se realizan mediante sensores de campo magnético adyacentes en instantes subsiguientes de tiempo.

50 Conforme a realizaciones preferidas, en las que una velocidad del movimiento de traslación relativo y una velocidad angular del movimiento de rotación relativo están predeterminadas.

Conforme a realizaciones preferidas, una velocidad del movimiento de traslación relativo y una velocidad angular del movimiento de rotación relativo son constantes.

55 Conforme a realizaciones preferidas, los medios para proporcionar el movimiento relativo pueden comprender además un controlador para conducir o controlar el movimiento.

Conforme a realizaciones preferidas, el aparato o los medios de rotación comprenden un rotor de un motor electromagnético.

60 En una realización preferida, el dispositivo de sensor de campo magnético comprende una matriz de al menos 10 sensores de campo magnético. En una realización más preferida, el dispositivo de sensor de campo magnético comprende una matriz de al menos 100 sensores de campo magnético.

65 En una realización preferida, la distancia relativa entre sensores consecutivos en la matriz de sensores es menor de 1 mm. En una realización más preferida, la distancia relativa entre sensores consecutivos en la matriz de sensores

es menor de 0,2 mm.

En una realización preferida, el tiempo para la lectura de un solo sensor es menor de 1 ms.

5 Características y ventajas divulgadas para uno de los aspectos que anteceden de la presente invención también se divulgan implícitamente mediante la presente para los otros aspectos, mutatis mutandis, como podrán entender los expertos en la materia. Por ejemplo, el dispositivo puede comprender cualesquiera medios necesarios que estén adaptado para realizar cualquiera de las realizaciones descritas para el aspecto de método de la presente invención.

10 Conforme a realizaciones preferidas, todo o una parte de lo anterior se aplica para la inspección de imanes permanentes o de conjuntos de imanes en aplicaciones industriales o académicas, tal como para sistemas de sensor, conmutadores y relés, motores eléctricos, actuadores, altavoces, micrófonos, acoplamientos magnéticos, porta imanes, sistemas de guiado de haz, excitadores, onduladores, portadores de imán permanente, instrumentos de medición, equipos de investigación, nuevos materiales magnéticos, ensayos no destructivos de materiales magnéticos tales como acero.

Ejemplos de industrias en las que se pueden usar los aspectos de la presente invención son: automoción, industria, sanitaria, electrónica de consumo, producción de imanes, laboratorios de investigación.

## 20 **Breve descripción de los dibujos**

La divulgación se ilustrará adicionalmente por medio de la siguiente descripción y los dibujos anexos.

La figura 1 muestra una arquitectura que ayuda a entender los aspectos de la presente invención.

25 Las figuras 2, 3 y 4 ilustran realizaciones de la presente invención del tipo de “movimiento relativo helicoidal”.

Las figuras 5 y 6 ilustran realizaciones de la presente invención del tipo de “movimiento relativo en espiral”.

## 30 **Descripción detallada de realizaciones preferidas**

La presente divulgación va a ser descrita con respecto a realizaciones particulares y con referencia a determinados dibujos aunque la divulgación no está limitada por éstos sino únicamente por las reivindicaciones. Los dibujos que se describen son solamente esquemáticos y no limitativos. En los dibujos, el tamaño de algunos de los elementos puede haberse exagerado y no estar dibujado a escala a efectos ilustrativos. Las dimensiones y las dimensiones relativas no corresponden necesariamente con reducciones reales para la puesta en práctica de la divulgación.

40 Además, los términos primero, segundo, tercero y similares, en la descripción y en las reivindicaciones, se usan para distinguir entre elementos similares y no necesariamente para describir un orden secuencial o cronológico. Los términos son intercambiables bajo circunstancias apropiadas, y las realizaciones de la presente divulgación pueden operar en secuencias distintas de las descritas o ilustradas en la presente memoria.

45 Además, los términos superior, inferior, sobre, bajo y similares, en la descripción y en las reivindicaciones, se usan con fines descriptivos y no necesariamente para describir posiciones relativas. Los términos usados de ese modo son intercambiables bajo circunstancias apropiadas y las realizaciones de la divulgación descrita en la presente memoria pueden operar con orientaciones distintas de las descritas o ilustradas en la presente memoria.

50 Además, las diversas realizaciones, aunque mencionadas como “preferidas”, deben ser entendidas como maneras ejemplares en las que puede ser implementada la divulgación en vez de cómo limitación del alcance de la divulgación.

En el documento EP 12188521.4, depositado el 15.10.2012, se describen dispositivos y métodos para determinar una distribución del campo magnético de un imán a lo largo de una superficie principal del imán, comprendiendo el dispositivo:

55 - una disposición de al menos dos módulos independientes de cámara de campo magnético, que están dispuestos en posición relativa fija de uno con respecto al otro, estando cada módulo de cámara de campo magnético adaptado para medir una distribución de un campo magnético al que está expuesto por medio de una superficie de detección respectiva;

60 - unos medios para proporcionar un movimiento relativo predeterminado entre la superficie principal y la disposición, para escanear mediante ello la distribución de campo magnético del imán a lo largo de la superficie principal.

65 La solicitud de patente anterior encuentra aplicación cuando se necesita determinar distribuciones de campo magnético sobre áreas relativamente grandes, especialmente cuando la superficie principal de un imán es mayor que el área de medición intrínseca de la cámara de campo magnético.

En la práctica, sin embargo, se prefiere con frecuencia usar una única cámara de campo magnético para medir áreas relativamente grandes, usando por tanto un movimiento mecánico relativo de la cámara de campo magnético con respecto al imán.

5 Ahora se describen métodos para determinar un campo magnético de un imán 1 a lo largo de una superficie del imán, comprendiendo los métodos:

- realizar un movimiento relativo entre la superficie del imán 1 y un dispositivo 2 de cámara magnética,

10 - medir el campo magnético por medio del dispositivo 2 de cámara magnética, para obtener mediante ello mediciones de campo magnético para la superficie;

15 en los que el movimiento relativo es un movimiento continuo que es una combinación de un movimiento de traslación relativo y un movimiento de rotación relativo.

Conforme a una primera realización preferida, ilustrada en la figura 1, se divulga un método para medir un campo magnético a lo largo de una superficie cilíndrica completa de un sistema magnético 1 en forma de cilindro. Un sistema de ese tipo puede comprender, por ejemplo, un imán permanente en forma cilíndrica o de anillo, un conjunto de múltiples imanes dispuestos sobre una superficie cilíndrica, un rotor de imán permanente para su uso en un motor eléctrico, etc. Los valores de campo magnético, que forman una distribución de campo magnético, se determinan usando una matriz de sensores de campo magnético o una cámara 2 de campo magnético, tal como una matriz de sensores Hall, sensores magnetorresistivos u otro tipo de sensores de campo magnético conocidos por los expertos en la materia. La matriz puede consistir también en una fila de sensores en el interior de una matriz de sensores de campo magnético. La matriz de sensores está orientada preferiblemente a lo largo de una primera dirección de tal modo que la dirección de la matriz es paralela a la dirección axial del sistema magnético en forma de cilindro y la orientación de la superficie sensible de los sensores es tal que se mide la componente de campo magnético deseada, por ejemplo la componente radial, siendo la componente perpendicular a la dirección axial del sistema magnético con forma de cilindro. El sistema magnético en forma de cilindro puede ser rotado en torno a un primer eje de rotación 3, su eje longitudinal, correspondiente a una segunda dirección, realizando con ello un movimiento de rotación. La primera dirección y la segunda dirección son así paralelas. El dispositivo 2 sensor de campo magnético puede estar situado por encima de la superficie del imán a una altura fija. El movimiento relativo de rotación puede ser materializado, por ejemplo, rotando el imán y manteniendo el dispositivo 2 sensor magnético en una posición fija por encima de la superficie del imán 2. Alternativamente, el movimiento relativo de rotación puede materializar mantener el imán 1 en una posición fija, y rotar el dispositivo de sensor de campo magnético alrededor del imán a una altura, por ejemplo fija, por encima de la superficie del imán 2.

En un ejemplo básico, la longitud  $L_s$  de la matriz de sensores es igual o mayor que la longitud  $L_m$  del imán cilíndrico en dirección axial (dirección "z"). Si la matriz de sensores está situada en una posición fija determinada a lo largo de la dirección axial, de tal modo que ambos extremos de la matriz de sensores coinciden con, o se extienden hasta más allá de, los límites del imán cilíndrico en dirección axial, la distribución de campo magnético a lo largo de la superficie principal del cilindro del imán cilíndrico puede ser determinada de la manera que sigue.

Los valores de medición procedentes de la matriz de sensores se registran a intervalos regulares de tiempo, los cuales pueden ser relativamente rápidos. Con ello, todos los sensores de la matriz pueden registrar el campo magnético local simultáneamente, o pueden hacerlo de modo secuencial, pero con intervalos regulares de tiempo entre ellos. Supóngase que  $N$  es el número de sensores de la matriz. Entonces, la distancia entre dos sensores es:  $\Delta x = L_s / (N - 1)$ . La notación  $t_a$  (expresada en "segundos"), se usa para el período de tiempo entre dos mediciones de la matriz de sensores. En la práctica, solamente puede usarse parte de la matriz de sensores para registrar el campo magnético, por ejemplo con el fin de incrementar la velocidad de medición o para reducir la resolución espacial.

Simultáneamente al registro de los valores de campo magnético procedentes de la matriz de sensores a intervalos regulares de tiempo, se hace que gire el imán cilíndrico en torno a su eje, con respecto a la matriz de sensores, a una velocidad  $v_{rot}$  constante predeterminada (expresada, por ejemplo, en "grados por segundo" o "°/s"), de tal modo que tras un período  $t_a$  el cilindro ha girado un ángulo igual a  $\Delta\theta = v_{rot} \cdot t_a$ . Para ello,  $v_{rot}$  y  $t_a$  se eligen de tal modo que  $\Delta\theta$  corresponde a la resolución angular deseada de la distribución de campo magnético determinada. Después de que el cilindro ha realizado una rotación completa a través de  $360^\circ$ , queda determinada la distribución completa de campo magnético a lo largo de la superficie cilíndrica principal del imán cilíndrico.

En una realización preferida similar, ilustrada en la figura 2, la longitud  $L_s$  de la matriz de sensores es más pequeña que la longitud  $L_m$  del imán cilíndrico en dirección axial. Si la matriz de sensores está dispuesta a lo largo de una primera dirección y posicionada en una posición fija determinada a lo largo de la dirección axial, paralela a la dirección axial que corresponde con la segunda dirección, y se ejecuta el mismo procedimiento descrito con anterioridad, se determina solamente la distribución de campo magnético de una porción de la superficie cilíndrica principal, en particular de un cilindro con una longitud axial  $L_s$ . Con el fin de determinar la distribución de campo

magnético a lo largo de una longitud axial más larga de la superficie principal del cilindro, se puede aplicar el método que sigue, según se ha ilustrado en la figura 3. En primer lugar, la matriz de sensores (dispuesta a lo largo de una primera dirección) se coloca paralela a la dirección axial de tal modo que esté completamente más allá de los límites del cilindro. A continuación, se realiza un movimiento de rotación relativo (que comprende una rotación en torno a un eje 3, definiendo el eje 3 una segunda dirección) del imán 1 cilíndrico con respecto a la matriz 2 de sensores, dispuesta a lo largo de una primera dirección 4, mientras se realiza simultáneamente un movimiento de traslación relativo en dirección axial (correspondiente a la primera dirección 4) de la matriz de sensores con respecto al imán cilíndrico. El movimiento de traslación, que se ha indicado como  $v_{ax}$ , se elige de tal modo que la matriz de sensores describa una trayectoria o curva helicoidal alrededor de la superficie completa del cilindro, con lo que se cubre la superficie completa del cilindro, de tal modo que se puede determinar la distribución de campo magnético sobre la superficie completa del cilindro. Con ello, los valores de  $v_{ax}$  y de  $v_{rot}$  pueden ser elegidos de tal modo que, tras una rotación completa de  $360^\circ$ , la matriz de sensores se ha desplazado en dirección axial a través de una distancia igual a su longitud  $L_s$ :

$$v_{ax} \cdot \frac{360^\circ}{v_{rot}} = L_s$$

Con esta condición, la superficie completa del cilindro queda cubierta por la trayectoria helicoidal de la matriz de sensores. Si se elige el valor de  $v_{ax}$  de modo que sea más pequeño que este valor, se crea un solapamiento 5 entre posiciones de la matriz de sensores en subsiguientes rotaciones de  $360^\circ$ , lo que resulta útil en la práctica para evitar pequeños espacios de separación en la distribución de campo magnético determinada. Esto se ha ilustrado en la figura 4.

Los movimientos relativos de rotación y traslación continúan hasta que la matriz de sensores haya cubierto el área total de la superficie del imán cilíndrico. En la práctica, se puede incluir alguna zona ampliada en dirección axial a ambos lados del imán.

Una ventaja del método descrito es que, durante el procedimiento de medición, no se necesita ninguna sincronización entre el movimiento de rotación, el movimiento de traslación y la lectura de la matriz de sensores, dado que todas las velocidades mecánicas son constantes y la lectura de los sensores sigue un patrón regular de temporización.

Otra ventaja del método descrito es que permite una medición rápida de la distribución completa de campo magnético a lo largo de una superficie cilíndrica principal de un imán.

Los datos de distribución de campo magnético resultantes del procedimiento que antecede deberán ser mapeados posteriormente en las coordenadas cilíndricas correctas sobre la superficie del cilindro. Cada posición en la superficie del cilindro se describe mediante la coordenada cilíndrica  $(\theta, z)$ , donde  $\theta$  es la coordenada angular y  $z$  es la coordenada axial. Cada punto de datos en los datos de distribución de campo magnético registrados está ubicado en una coordenada  $(i, j)$ , donde  $i$  es el número de índice de las líneas registradas y  $j$  es el número de índice del sensor en la matriz de sensores ( $j=0, \dots, N-1$ ) siendo  $N$  el número de sensores de la matriz. El mapeo de las coordenadas  $(i, j)$  sobre la  $(\theta, z)$  se puede realizar entonces usando las expresiones siguientes:

Ecuación 1

$$\theta = \text{mod}_{360^\circ}(i \cdot t_a \cdot v_{rot} + (N - 1 - j) \cdot t_s \cdot v_{rot})$$

$$z = i \cdot t_a \cdot v_{ax} + (N - 1) \cdot \Delta x - (N - 1 - j) \cdot \text{scandir} \cdot \Delta x \cdot t_s \cdot v_{ax}$$

donde  $\text{scandir}$  es el signo de la dirección de escaneo (electrónico) de lecturas de sensor consecutivas en el interior de la matriz de sensores, la cual es +1 cuando la matriz se escanea en el sentido del eje  $z$ , y -1 cuando se escanea en sentido opuesto.

La ecuación 1 supone que los sensores de la matriz de sensores se registran de una manera secuencial, con lo que el período entre dos lecturas de sensor consecutivas en la matriz es  $t_s$ . En casos en que todos los sensores se registren en paralelo, el parámetro  $t_s$  puede ser establecido en cero en la ecuación 1, lo que simplifica la expresión.

El experto en la materia será capaz de verificar la exactitud de la ecuación 1. La coordenada de origen de la ecuación 1, es decir, la coordenada  $(\theta=0, z=0)$ , corresponde a la posición del primer sensor que se mide en la matriz de sensores en ese momento (en el caso de lectura secuencial de sensores) o a la posición del primer sensor de la matriz (es decir, en la posición  $z$  más pequeña) en el momento del registro de la primera línea (en el caso de lectura de sensores paralelos).

Es posible determinar la posición absoluta de la distribución de campo magnético registrada con respecto al imán

cilíndrico determinando la posición del imán al comienzo del procedimiento de registro.

La aplicación de la ecuación 1 da como resultado un mapa de distribución de campo magnético con un espaciado relativo correcto en las direcciones  $\theta$  y  $z$  entre los puntos de medición, aparte de una desviación en las direcciones  $\theta$  y  $z$ , las cuales pueden ser eliminadas determinando la posición absoluta del imán al comienzo de la medición (o en cualquier otro momento determinado). La parrilla de coordenadas o de posición resultante de la ecuación 1, no es en general una parrilla regular. Se puede obtener una parrilla regular interpolando los puntos de datos sobre una parrilla regular predeterminada.

- 5
- 10 Conforme a una segunda realización de la presente invención, ilustrada en las figuras 5 y 6, se puede usar un método similar cuando se necesita determinar la distribución de campo magnético a lo largo de la superficie del disco de un imán que tiene una forma de cilindro 1 plano o de anillo 1 plano. En este caso, la matriz 2 de sensores 1D está dispuesta por encima de la superficie superior (que es la superficie principal de la forma de cilindro o de anillo plano), preferiblemente a una distancia fija de la misma. La matriz 2 de sensores está orientada a lo largo de la dirección radial (primera dirección 4) del anillo o cilindro. El escaneo de la superficie principal del imán ocurre mientras se realiza un movimiento de traslación relativo a lo largo de la dirección radial 4, en combinación con un movimiento de rotación relativo alrededor de un eje que define una segunda dirección 3, por ejemplo materializado como una rotación del cilindro o anillo plano alrededor de su eje longitudinal. La primera dirección 4 y la tercera dirección son por lo tanto perpendiculares. El movimiento relativo resultante es un movimiento relativo en espiral. El movimiento relativo en espiral ocurre con preferencia en un plano paralelo a la superficie principal del imán.

- 25 El experto en la materia apreciará que se puede materializar un movimiento de rotación relativo, por ejemplo haciendo girar el imán en torno a su eje de simetría longitudinal y manteniendo el dispositivo 2 de sensor magnético a una altura fija por encima de la superficie principal del imán 2, mientras se realiza el movimiento de traslación con el dispositivo de sensor de campo magnético. Alternativamente, el movimiento de rotación relativo se puede materializar según se mantiene el imán 1 en una posición fija, y se realiza el movimiento en espiral con el dispositivo 2 sensor de campo magnético por encima de la superficie principal del imán en un plano paralelo a la superficie principal. De ese modo, el dispositivo de sensor de campo magnético realiza un movimiento de rotación en torno a un eje correspondiente al eje de simetría longitudinal del imán, y al mismo tiempo un movimiento de traslación a lo largo de una dirección radial del imán.

- 30 El experto en la materia será capaz de deducir expresiones matemáticas similares a las de la primera realización de la presente divulgación, con el fin de mapear posiciones o coordenadas asociadas para las mediciones respectivas de campo magnético.

- 35 Se apreciará que en todas las realizaciones anteriores de la presente invención, las superficies de medición de los sensores de campo magnético de la matriz unidimensional están preferiblemente dispuestas en paralelo, más preferiblemente en un mismo plano. Las superficies de medición pueden estar dispuestas, por ejemplo, paralelas al plano definido por la superficie que se escanea (a lo largo de la cual se realizan mediciones de campo magnético), pero también pueden estar orientadas con un ángulo diferente de cero o  $180^\circ$  con respecto a este plano. Introduciendo tal inclinación entre las superficies de medición de los sensores de campo magnético con respecto a la superficie que se va a escanear, se puede medir una componente de campo magnético diferente.
- 40

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Un método para determinar un campo magnético de un imán (1) a lo largo de una superficie de dicho imán, comprendiendo el método:
- 5 - realizar un movimiento relativo entre dicha superficie de dicho imán (1) y un dispositivo (2) de cámara magnética;
- medir dicho campo magnético por medio de dicho dispositivo (2) de cámara magnética, para obtener mediante ello mediciones de campo magnético para dicha superficie;
- 10 caracterizado porque dicho movimiento relativo es un movimiento continuo que es una combinación de un movimiento de traslación relativo y un movimiento de rotación relativo, siendo el movimiento relativo un movimiento relativo helicoidal o en espiral.
- 15 2.- Un método según la reivindicación 1, en el que dicho dispositivo de cámara magnética comprende una matriz unidimensional de al menos dos sensores de campo magnético.
- 3.- Un método según la reivindicación 2, en el que dicha matriz unidimensional de al menos dos sensores de campo magnético está dispuesta a lo largo de una primera dirección.
- 20 4.- Un método según la reivindicación 3, en el que dicho movimiento de traslación relativo es un movimiento paralelo a dicha primera dirección (4).
- 5.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho movimiento de rotación relativo es un movimiento en el que dicha superficie de dicho imán gira alrededor de un eje (3), definiendo dicho eje una segunda dirección.
- 25 6.- Un método según las reivindicaciones 4 y 5, en el que dicha primera dirección (4) y dicha segunda dirección (3) son paralelas.
- 30 7.- Un método según las reivindicaciones 4 y 5, en el que dicha primera dirección (4) y dicha segunda dirección (3) son perpendiculares.
- 8.- Un método según la reivindicación 1, en el que dicho movimiento relativo en espiral o helicoidal da como resultado un escaneo completo del campo magnético a lo largo de dicha superficie.
- 35 9.- Un método según la reivindicación 8, en el que dicho escaneo completo comprende escanear una porción de dicha superficie más de una vez, en ciclos de rotación subsiguientes de dicho movimiento de rotación relativo.
- 40 10.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la medición de dicho campo magnético por medio de dicho dispositivo (2) de cámara magnética se realiza en instantes predeterminados de tiempo.
- 11.- Un método según la reivindicación 10, en el que dichos instantes predeterminados de tiempo están separados por intervalos de tiempo constantes.
- 45 12.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que una velocidad de dicho movimiento de traslación relativo y una velocidad angular de dicho movimiento de rotación relativo, están predeterminadas.
- 50 13.- Un método según la reivindicación 12, en el que una velocidad de dicho movimiento de traslación relativo y una velocidad angular de dicho movimiento de rotación relativo, son constantes.
- 14.- Un aparato para determinar un campo magnético de un imán (1) a lo largo de una superficie de dicho imán (1), comprendiendo el aparato:
- 55 - unos medios para realizar un movimiento relativo entre dicha superficie de dicho imán (1) y un dispositivo (2) de cámara magnética;
- unos medios para medir dicho campo magnético por medio de dicho dispositivo (2) de cámara magnética, para obtener mediante ello mediciones de campo magnético para dicha superficie;
- 60 caracterizado porque dichos medios para realizar un movimiento relativo están adaptos para realizar un movimiento relativo que es un movimiento continuo que es una combinación de un movimiento de traslación relativo y un movimiento de rotación relativo, siendo el movimiento relativo un movimiento relativo helicoidal o en espiral.

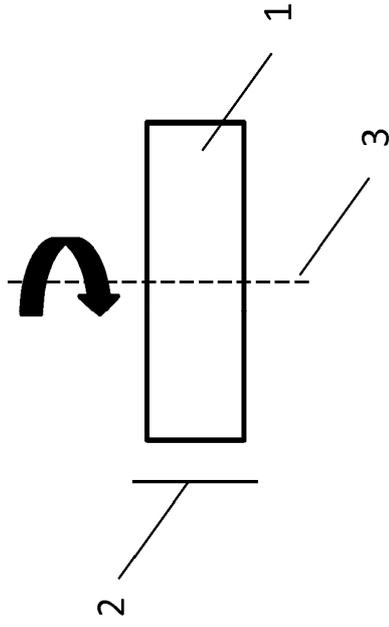


Fig. 1

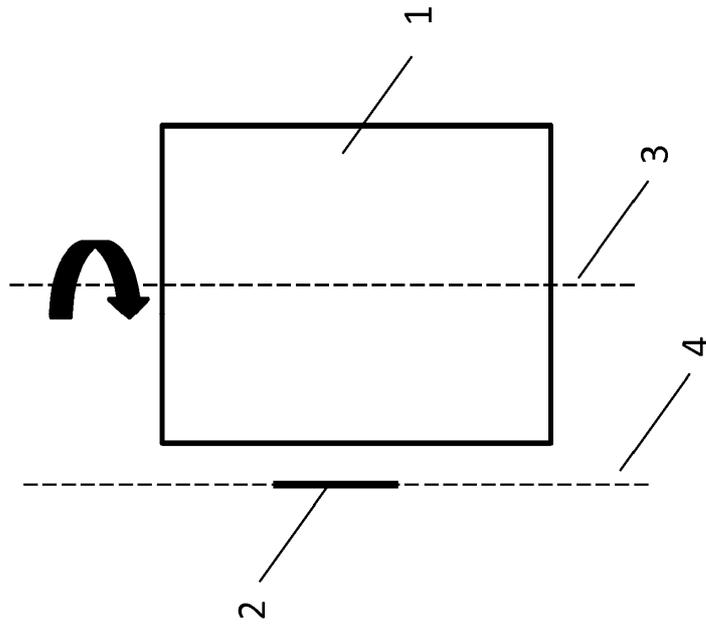


Fig. 2

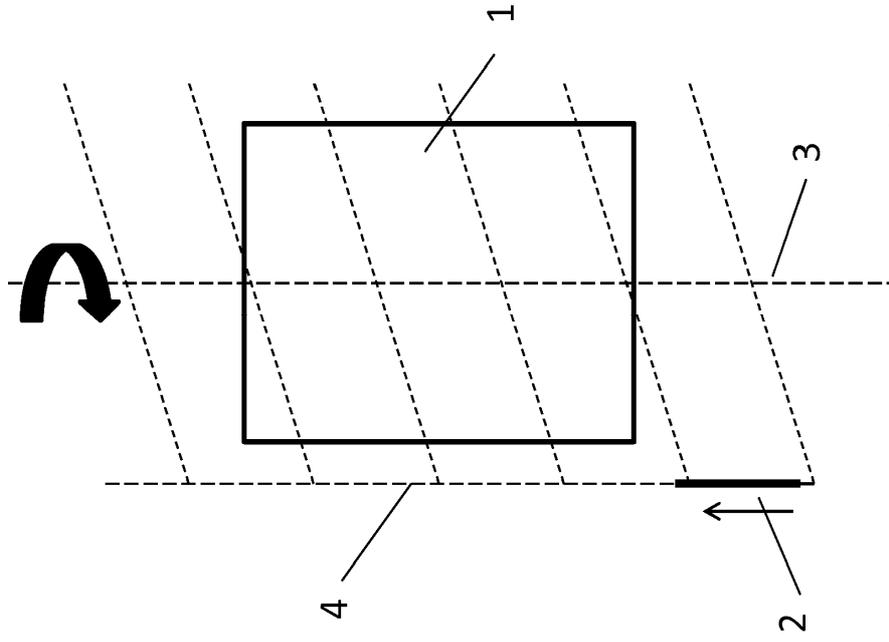


Fig. 3

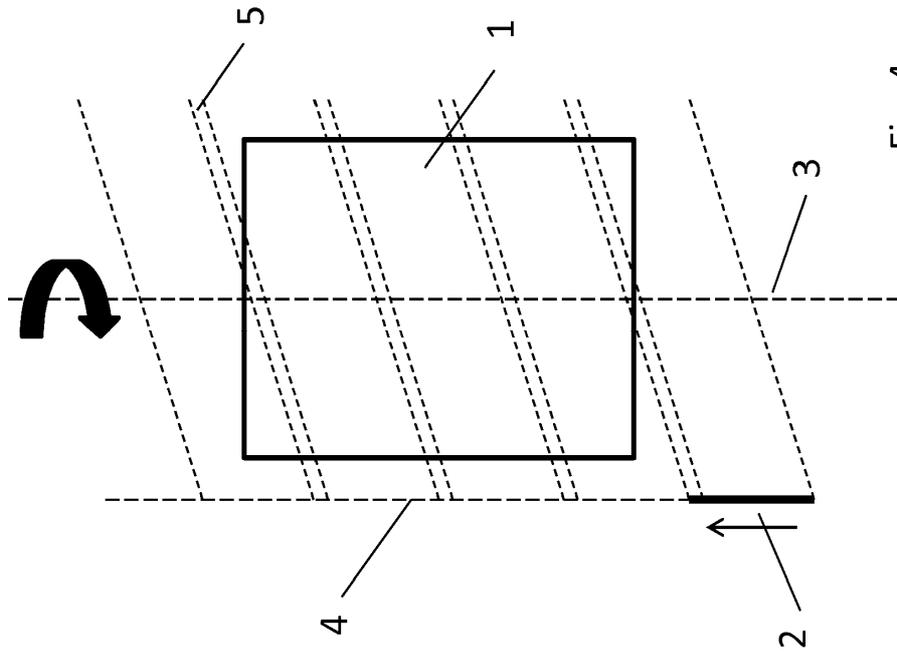


Fig. 4

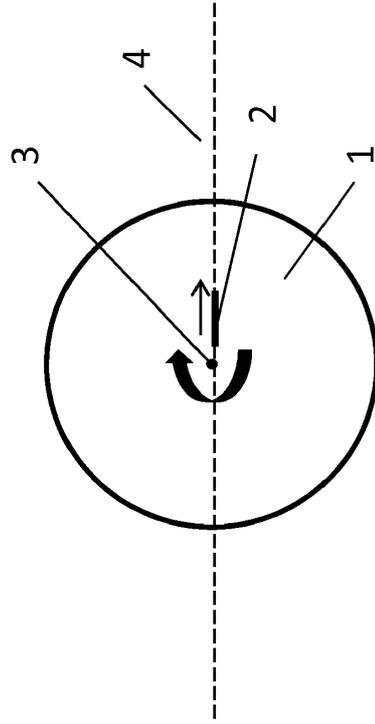


Fig. 5

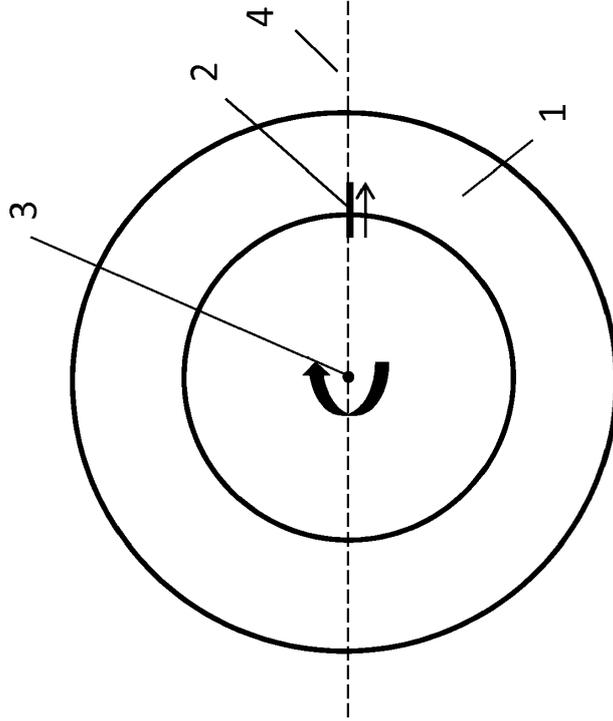


Fig. 6