



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 284 347**

② Número de solicitud: 200502282

⑤ Int. Cl.:

G01N 27/76 (2006.01)

G01N 15/04 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

⑫ Fecha de presentación: **13.09.2005**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **01.11.2007**

Fecha de la concesión: **28.08.2008**

⑮ Fecha de anuncio de la concesión: **16.09.2008**

⑯ Fecha de publicación del folleto de la patente:
16.09.2008

⑰ Titular/es: **Universidad de Granada
Hospital Real, Cuesta del Hospicio, s/n
18071 Granada, ES**

⑱ Inventor/es: **García Durán, Juan de Dios;
Iglesias, Guillermo Ramón;
Delgado Mora, Ángel y
González Caballero, Fernando**

⑳ Agente: **No consta**

⑳ Título: **Método y aparato para la determinación de la velocidad de sedimentación y el perfil de concentración de partículas en fluidos magnéticos y magnetorreológicos.**

㉑ Resumen:

Método y aparato para la determinación de la velocidad de sedimentación y el perfil de concentración de partículas en fluidos magnéticos y magnetorreológicos donde los métodos ópticos son incapaces de medir estos parámetros, debido a la opacidad de las muestras. La invención propuesta también permite la determinación de otras características de sedimentación, estado de floculación, estado de compactación, redispersabilidad, y perfil de concentración de partículas en suspensiones de partículas ferromagnética, ferrimagnéticas o metálicas.

ES 2 284 347 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para la determinación de la velocidad de sedimentación y el perfil de concentración de partículas en fluidos magnéticos y magnetorreológicos.

Método, equipo y dispositivo electrónico para la determinación experimental en laboratorio y de campo, de características de sedimentación, perfil de sedimentación, velocidad de sedimentación, estado de floculación, estado de compactación, redispersabilidad, y perfil de concentración de partículas en suspensiones de partículas ferromagnética, ferrimagnéticas o metálicas, donde los métodos ópticos son incapaces de medir estos parámetros, debido a la opacidad de las muestras.

La invención está basada en la determinación del valor "intrínseco" de la inductancia L de una bobina, mediante medidas de frecuencias de oscilación y de voltajes, que no involucran corrientes parásitas o de Foucault, pues la determinación sólo depende de la permeabilidad del material interno en la bobina sensora dispuesta a tal fin.

Estado de la técnica

Se conoce como fluidos magnéticos aquellos sistemas formados por partículas de carácter ferromagnético o ferromagnético en un fluido portador. Cuando el tamaño de partícula es suficiente, a estos fluidos se les llama *magnetorreológicos* y presentan la importante propiedad de variar sus propiedades de flujo (reológicas) de manera rápida y significativa al ser sometidos a un campo magnético moderado. Es decir, se puede hacer que el sistema cambie desde un fluido normal (newtoniano) de baja viscosidad hasta un fluido con elevado esfuerzo umbral (pseudoplástico o plástico) con una elevada viscosidad efectiva controlado por el campo magnético aplicado.

Esta propiedad confiere a los fluidos magnetorreológicos la posibilidad de controlar sus propiedades mecánicas y por tanto emplearlos en multitud de aplicaciones técnicas en las que se desea que un fluido (frecuentemente un aceite) varíe sus viscosidad o presente esfuerzo umbral de fluencia a nuestra voluntad. Ejemplos de tales aplicaciones son: amortiguación de vibraciones periódicas y no periódicas, frenado, embragues, protección antisísmica de estructuras, protección del operador o conductor de maquinaria productora de vibraciones, etc. En estos campos de la ingeniería civil y mecánica, así como en la medicina ortopédica, empiezan a aparecer las primeras aplicaciones de estos fluidos con propiedades muy especiales.

El diseño de un fluido magnetorreológico requiere la selección previa de: aceite base, naturaleza del material en suspensión, aditivos necesarios, con el objetivo último de conseguir que el fluido presente respuesta suficiente al campo magnético y, muy importante, que presente estabilidad frente a la agregación y sedimentación de las partículas.

Este último aspecto es clave: ha de tenerse en cuenta que las propiedades magnetorreológicas dependen de la concentración de partículas en el medio, y que una respuesta adecuada a las aplicaciones tecnológicas mencionadas supone elevadas concentraciones de partículas (entre el 20 y el 30% en volumen), que favorecen las interacciones entre ellas y por tanto la formación de agregados voluminosos que sedimentan con facilidad, inutilizando el fluido. Ello se agrava por la elevada densidad de las partículas utilizadas (típicamente por encima de 5000 kg/m^3) con estos objetivos.

Por ello, en el proceso de diseño de los fluidos magnetorreológicos y en fluidos que contienen partículas metálicas, se suelen incorporar surfactantes, dispersantes y diversos aditivos para mejorar dicha estabilidad. Aun así, el problema de la sedimentación no puede resolverse completamente.

Debido a este hecho, es necesario diseñar fluidos magnetorreológicos muy estables con el tiempo y que no pierdan sus propiedades reológicas. Es deseable que los fluidos magnetorreológicos se comporten como un fluido normal en ausencia de campo y aumenten su viscosidad a medida que se aumenta el campo magnético aplicado.

Para poder caracterizar y medir la sedimentación, el perfil de concentración de partículas, su velocidad de sedimentación y el estado de floculación del fluido es de vital importancia, tanto en la fase de diseño como en la de aplicación de campo, donde trabaja continuamente este fluido, tener una clara idea cuantificada de cómo se manifiesta el fenómeno gravitatorio con el fin de evitar o minimizar la caída de las partículas y por consiguiente la separación de fases entre el líquido base más sus aditivos y el conjunto de partículas metálicas, con objeto de impedir cambios en su respuesta reológica.

Esto es especialmente importante en el caso de fluidos magnetorreológicos aplicados a equipos de amortiguación, en los que la inactividad por tiempo prolongado les hace especialmente susceptibles a la sedimentación.

Se conoce un método para determinar el contenido de partículas metálicas en una grasa, sin uso de tests de naturaleza química o de observación microscópica, que se menciona en la patente WO0050883. En esta se discute un método y dispositivo para determinar el contenido de partículas metálicas en una grasa lubricante, usando el efecto denominado corriente parásitas o de Foucault o "eddy currents".

En este método, una muestra muy fina de grasa lubricante se deposita sobre una superficie y sobre la misma se hace incidir un campo magnético alterno. Mediante el fenómeno mencionado de corrientes parásitas, se recoge en otra bobina sensora la corriente inducida por la bobina generadora. La corriente inducida en la bobina sensora

está relacionada con la concentración de partículas metálicas en la muestra, aunque no se demuestra, cuál es la relación entre la concentración de partículas y la comente inducida, ya que sólo se trata de un método de comparación relativo.

5 En otra patente posterior, WO03104845, se utiliza el mismo método de medición de corrientes, para medir la sedimentación, pero aplicado directamente a la medición de fluidos magnetoreológicos en equipos que usan estos fluidos.

10 Sin embargo, el método de medida basado en corrientes circulares o parásitas tiene varias desventajas según el autor. La muestra insertada en la superficie del equipo medidor sedimenta rápidamente y sólo es posible medir durante un tiempo limitado o muy corto, siendo necesario limpiar la superficie donde se coloca la muestra después de cada medida. Además, se debe tener cuidado de colocar la misma cantidad de ella para cada medida, lo cual reduce la reproducibilidad. Ello hace que este método sea tedioso para su aplicación sistemática, ya que requiere un trabajo manual importante en la recolección de muestras y limpieza de la superficie de medida, siendo imposible la automatización
15 de las medidas.

Objeto de la invención

20 El método, equipo y dispositivo electrónico que se describen a continuación consiguen la determinación experimental en laboratorio y de campo, de características de sedimentación, perfil de sedimentación, velocidad de sedimentación, estado de floculación, estado de compactación, redispersabilidad y perfil de concentración de partículas en suspensiones de partículas metálicas, donde los métodos ópticos son incapaces de medir estos parámetros, debido a la opacidad de las muestras. Se basa en la dependencia entre la inductancia de una bobina cilíndrica y la permeabilidad magnética del material que contiene.

25 Permite evaluar de manera reproducible y sencilla variaciones en la concentración de partículas existentes en puntos dados de la suspensión o a lo largo de todo su volumen. Con ello, se puede conocer en cualquier momento la velocidad a la que las partículas están sedimentando y, por tanto, la facilidad de agregación que presentan. El diseñador o usuario del fluido puede entonces decidir sobre una base bien fundamentada si el sistema que se ha diseñado es
30 adecuado para el objetivo que se pretende o, por el contrario, sí requiere cambios significativos en su composición.

35 La invención a que se hace referencia no requiere de ninguna calibración previa, se puede aplicar a cualquier suspensión (sin límite de concentración de partículas), y sólo requiere que los sólidos dispersos presenten permeabilidad magnética significativamente diferente de la del medio de suspensión. Además, está basada en principios físicos bien establecidos, por lo que el usuario no necesita especial formación para su uso y para el análisis de los resultados que arroje.

40 El método de este invento es aplicable a la determinación del perfil de concentración dinámico y estático de una suspensión que contenga partículas tanto ferromagnéticas como ferrimagnéticas, así como partículas metálicas que, aunque no magnéticas, posean permeabilidad magnética medible.

Este método permite determinar, por comparación con una suspensión de concentración conocida, la concentración de partículas ferromagnéticas, ferrimagnéticas o metálicas en otras suspensiones.

45 El método permite obtener una medida cuantitativa de la facilidad o velocidad de redispersión por comparación entre diferentes fluidos que contengan las partículas citadas. Para ello, se deja sedimentar la suspensión un tiempo previo definido. En ese momento, y mientras el equipo sigue tomando datos, se agita la suspensión con un vástago terminado en forma de hélice desde el fondo de la misma. Se mide el tiempo necesario para que la suspensión esté completamente redispersada. Este valor final dará idea la velocidad de redispersión o facilidad con que la suspensión
50 recupera su estado inicial después de haber sedimentado, y por ende su facilidad para lograr ser homogeneizada o mezclados sus componentes.

55 Al tratarse de un método en tiempo real, y basado en determinaciones directas de frecuencia o voltaje, permite con facilidad transmitir los datos obtenidos a una computadora, o a cualquier tipo de soporte magnético.

El método y equipo de esta invención pueden constituirse en un equipo portátil de pequeñas dimensiones, y programable.

Descripción detallada de la invención

60 El método y dispositivo se basa en la medida, en función del tiempo y de la posición de interés, del valor puntual de la inductancia de una o más bobinas sensoras y la variación de ésta debido al aumento o disminución de la permeabilidad en el interior de las bobinas. Este hecho se produce por el movimiento de partículas metálicas de la suspensión en el núcleo de la misma.

65 Se describe a continuación los métodos y dispositivos utilizados para la determinación del valor de la inductancia en las bobinas sensoras.

ES 2 284 347 B1

El primer método consiste en determinar el valor de la inductancia a partir de la frecuencia de resonancia de un circuito LC compuesto por la bobina exploradora y un condensador, elegido en función de la muestra a medir y de la frecuencia de exploración elegida.

5 En este método se hace oscilar libremente el circuito paralelo LC, y la señal de salida de este circuito oscilador es llevada a un medidor de frecuencias.

10 Puesto que la capacidad, C , del condensador en paralelo es constante, los cambios de frecuencia observados en su caso han de deberse a cambios de la inductancia, L , y, por tanto, a cambios en la permeabilidad magnética, μ_r , de la suspensión que es rodeada por la bobina sensora. Dicha permeabilidad crecerá mientras mayor sea la concentración de partículas magnéticas en el punto de medida, de modo que la frecuencia de oscilación disminuirá al aumentar la concentración y viceversa.

15 La expresión que determina la frecuencia f de resonancia de un circuito paralelo formado por un condensador de capacidad C y una bobina de inductancia L es:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (\text{III.1})$$

20 Por su parte, de acuerdo con la ley de Faraday, la inductancia de la bobina viene determinada por la permeabilidad relativa μ_m del medio que hay en su interior, así como por sus propiedades geométricas, según la expresión:

$$L = \mu_0 \mu_m \frac{N^2 A}{l} \quad (\text{III.2})$$

25 Donde la inductancia L depende de la permeabilidad del medio en su interior μ_m , siendo μ_0 la permeabilidad magnética del vacío, N el número de espiras de la bobina, A su sección y l su longitud.

30 Para poder determinar cuantitativamente la relación entre la frecuencia y la concentración de partículas magnéticas, se usa la expresión de Maxwell-Garnett, que relaciona la susceptibilidad relativa de la suspensión, μ_r , con la de las partículas, μ_p y la del medio. Si, como ocurre en el caso de las partículas magnetizables, $\mu_p \gg \mu_m$ la expresión será:

$$\mu_r = \mu_m \frac{1 + 2\phi}{1 - \phi} \quad (\text{III.3})$$

35 siendo ϕ la concentración de partículas, expresada como fracción de volumen de sólidos respecto del volumen total.

40 Teniendo en cuenta las expresiones de la inductancia L y de la frecuencia de resonancia, f , se puede definir una frecuencia normalizada f_r para cualquier instante t como cociente de la frecuencia inicial y la frecuencia en ese instante. Esta frecuencia nos informará de la fracción de volumen de sólidos existente en la posición de la bobina sensora:

$$f_r(t) = \frac{f(t=0)}{f(t)} \propto \sqrt{\frac{1 + 2\phi(t)}{1 - \phi(t)}} \quad (\text{III.4})$$

45 El hecho de que esta invención esté diseñada para obtener datos de frecuencia en función del tiempo la hace óptima para obtener las características dinámicas de la sedimentación y estabilidad de las suspensiones de partículas metálicas, dado que en el punto en el que se sitúa la bobina sensora será posible evaluar los cambios en el grado de compactación y de floculación de la muestra.

50 Así mismo, el otro método utilizado para medir el valor de la inductancia de la bobina sensora, consiste en excitar la bobina sensora con un generador de corriente y un circuito oscilador que realiza la tarea de interrumpir periódicamente la corriente que alimenta la bobina. De esta manera se mide en los bornes de la bobina el voltaje de autoinducción generada por la misma.

55 Este valor de voltaje de autoinducción es directamente proporcional al valor de la bobina sensora. Por consiguiente la variación del voltaje de salida del equipo indicará la variación directa del valor de la inductancia, midiendo en forma dinámica la concentración de partículas en el punto de medida de la bobina sensora.

60 La expresión que determina este método para diferentes valores de bobinas que cambian debido al aumento o disminución en la permeabilidad del núcleo L_0, L_1, \dots, L_n es:

$$\nu_0 = L_0, \nu_1 = L_1, \dots, \nu_n = L_n \quad (\text{III.5})$$

ES 2 284 347 B1

Relacionando esto con la expresión de Maxwell-Garnett (III.3), el voltaje de medida nos informará de la fracción de volumen de sólidos existente en la posición de la bobina sensora de la siguiente manera:

$$v_r(t) = \frac{v(t=0)}{v(t)} \propto \frac{1 - \phi(t)}{1 + 2\phi(t)} \quad (\text{III.6})$$

En la Figura 1 se representa las expresiones (III.4) y (III.6) para ambos métodos, donde se observa las diferencias entre ambos. En el método por frecuencia, la función es ligeramente más susceptible a cambios en la concentración de partículas que el método de voltajes. Además se observa muy buena linealidad en ambos casos, con respecto a la concentración de partículas (Figura 2).

Así mismo, en el método por frecuencia, la sintonía o frecuencia de oscilación del circuito paralelo es ajustada mediante el condensador C , para diferentes cantidades de vueltas de la bobina sensora, determinando el valor de la frecuencia de salida del sistema y posibilitando variar la sensibilidad de la medida, según puede observarse en la Figura 3.

Para el caso en que se utilicen diversas bobinas sensoras, el equipo incluye un microcontrolador programable y/o una entrada para el control por ordenador (Figura 4) que conecta cada vez, una bobina al circuito oscilante y desconecta las demás para asegurar la ausencia de inducción mutua entre las diferentes bobinas que perturbaría las medidas. Así mismo, a través de este circuito se envían las ordenes de inicio y fin de lectura al equipo de medida.

Para disponer de un perfil completo de concentración y distribución de partículas, tanto en forma estática como dinámica, hemos utilizado una sola bobina sensora en modo de escáner o de barrido, en la que la bobina sensora recorre la muestra en forma vertical, una determinada cantidad de ciclos y de tiempo, midiendo el valor de la inductancia a cada paso de la misma y en cada instante deseado.

El sistema mecánico es controlado por un microcontrolador o un ordenador que envía las órdenes relativas a la posición sobre la muestra para la captura en cada instante de la señal de la bobina sensora. La señal capturada es enviada hacia los circuitos de medida para su análisis posterior.

La medición periódica del valor de la inductancia junto con el valor de la distancia recorrida y el tiempo de cada captura, nos informa de el perfil completo de la muestra, como así también de la concentración de partículas en forma dinámica, estado de floculación y la velocidad de sedimentación. (Ver Figura 5).

Asociando los datos obtenidos para cada intervalo de lectura y mediante la programación de un software específico, se obtiene una simulación gráfica para una determinada cantidad de partículas ingresadas a voluntad al inicio del mismo. El software relaciona el valor de la inductancia con el valor n de partículas ingresadas.

Si la muestra esta homogéneamente mezclada, el valor de la inductancia, será el mismo en todos los puntos de la muestra y la cantidad n de partículas ingresadas, estarán distribuidas homogéneamente en el bote de la muestra simulada.

A medida que transcurra el tiempo y actúe el fenómeno de la gravedad, las partículas sedimentarán, provocando un cambio en el valor de la inductancia (por cambio en la permeabilidad del núcleo) en cada punto de la muestra recorrida por la bobina sensora y por consiguiente el software podrá graficar el cambio de distribución de las partículas en cada instante de tiempo, hasta terminar el experimento (Figura 6).

Esta invención permite evaluar la facilidad o velocidad de redispersión o reestabilización de una suspensión de partículas ferromagnéticas, ferrimagnéticas o metálicas tras el fenómeno de sedimentación. Para ello, se determina la frecuencia a medida que la muestra se trata en un baño ultrasónico o se bate con un agitador rotatorio. Se determina el tiempo necesario para recuperar la frecuencia inicial y este es un parámetro de redispersabilidad que es original en esta invención.

La invención permite realizar las determinaciones mencionadas de estabilidad, sedimentación, compactación y redispersabilidad de suspensiones de partículas magnéticas o metálicas de varios modos, que puede seleccionar el usuario, y que incluyen:

- a. Medida mediante una sola bobina sensora fija en un punto de la suspensión.
- b. Determinaciones simultáneas en varios puntos usando diferentes bobinas sensoras.
- c. Barrido con una bobina móvil a lo largo del recipiente de la suspensión, que permite la determinación continua de fracción de volumen en función del tiempo y de la altura en la suspensión.

La Figura 6 muestra un esquema típico de montaje, correspondiente al caso de varias bobinas sensoras, colocadas en distintas posiciones de la célula de medida. Esta consiste en un tubo cilíndrico que soporta la muestra que es de plástico o vidrio, normalmente, o cualquier material no magnético.

ES 2 284 347 B1

El volumen de muestra necesario podrá ser pequeño, del orden de cm^3 . Este valor no es crítico en el diseño: el tubo con la muestra, sólo ha de llenarse lo suficiente como para que el nivel máximo, supere la posición de la bobina más alta. Los datos de frecuencia o voltaje se recogen en un frecuencímetro o un voltímetro comercial que, a través de su puerto de comunicaciones, los envía a un ordenador para su posterior análisis o distribución.

La invención permite realizar determinaciones simultáneas en varias muestras, cuyo número dependerá de los canales de adquisición de datos del sistema utilizado y del número de bobinas sensoras que se usen con cada una de las muestras.

En la Figura 9 se muestra, a título de ejemplo, la evolución de la frecuencia con el tiempo para tres fluidos magnetorreológicos basados en hierro con diferentes aditivos y una bobina sensora superior, situada a 10 mm de la superficie. Obsérvese que la invención permite distinguir con perfecta claridad las muy diferentes características de sedimentación de los tres fluidos, indicando las diferencias de estado de floculación de los distintos casos.

15 Modos de realización

Supuesto 1

Determinación puntual de la sedimentación, perfil de sedimentación, velocidad de sedimentación o estado de floculación

Se usa en este caso una sola bobina sensora, como indica la Figura 7. Se determina en primer lugar la frecuencia en vacío, es decir, sin muestra, se procede a continuación a colocar la muestra de suspensión en su soporte y se inicia la secuencia de captura. La frecuencia de oscilación correspondiente a la bobina exploradora iniciará su variación con el tiempo, y lo hará aumentando o disminuyendo dependiendo de la situación de la bobina exploradora: si ésta se encuentra cerca del fondo del recipiente, la frecuencia de oscilación disminuirá con el tiempo y la función f_r aumentará, dado que las partículas sedimentadas, acabarán llegando a la parte inferior del tubo, donde se incrementará la fracción de volumen de sólidos y por tanto la permeabilidad magnética. Si, por el contrario, la bobina exploradora se coloca en la parte superior del recipiente que contiene la suspensión de muestra, la fracción de volumen decrecerá con el tiempo con lo que la frecuencia de oscilación aumentará y la función f_r disminuirá. En la Figura 9 puede verse el resultado para tres fluidos diferentes y con una bobina sensora situada a 10 mm de la superficie de cada muestra.

Supuesto 2

Necesidad de medir en diferentes puntos de la muestra la velocidad de sedimentación, estado de floculación, estado de compactación, o perfil de concentración de partículas

Se ilustra en la Figura 8 el caso de tres bobinas. Las tres son de idénticas características y están conectadas al microcontrolador u ordenador que seleccionará cada una en forma secuencial y enviará al frecuencímetro y al ordenador la señal de que la medida es correcta y que bobina es la sensora en ese instante. El ordenador capturará los datos provenientes de la lectura de la frecuencia y los representará y almacenará para su posterior análisis. Esta configuración hace posible la determinación precisa del perfil de sedimentación dinámico. La Figura 10 ilustra cómo evoluciona la concentración de partículas para una muestra en los tres niveles de medida, e indica claramente cómo transcurre la sedimentación.

Supuesto 3

Necesidad de obtener un perfil de sedimentación, de estado de floculación, de estado de compactación, o de concentración relativa, a lo largo de toda la célula de medida, y no en uno o varios puntos discretos de la misma

Se implementa con una sola bobina exploradora, sujeta en este caso (Figura 11) a un cabezal móvil que puede desplazarse verticalmente a largo del soporte de la muestra recorriendo el total del tubo. Mediante un ordenador o un microcontrolador se envía las ordenes de subir o bajar y de detener la bobina sensora y la de tomar una medida puntual de frecuencia. Es posible también, realizar el recorrido sin pausa a lo largo del tubo que contiene la muestra, enviando en este caso la información sobre el cambio de permeabilidad magnética en función de la distancia (Figura 5).

Supuesto 4

Determinación de la redispersabilidad de suspensiones de partículas ferromagnéticas, ferrimagnéticas o metálicas

Para realizar este supuesto, basta con determinar, usando cualquiera de los métodos descritos en los Supuestos 1, 2 y 3, la variación temporal de la frecuencia de oscilación de la(o) bobina(s) sensora(s) mientras se agita la muestra de modo reproducible, por ejemplo, usando una varilla de agitación (de vidrio o plástico, para evitar perturbaciones magnéticas) que gira a determinada velocidad en el interior de la muestra. La velocidad de variación de la frecuencia o el tiempo necesario para alcanzar la frecuencia inicial (determinada antes de la sedimentación) es el parámetro cuantitativo de redispersabilidad.

Descripción de las ilustraciones

Figura 1. Gráfica de la relación entre las funciones (III.4) y (III.6) del método y la expresión de Maxwell-Garnett, de la fracción de volumen de sólidos existente en la posición de la bobina sensora, f_r indica la frecuencia normalizada en relación a la concentración, v_r indica el voltaje normalizado en función de la concentración y ϕ , es la concentración en un instante determinado.

Figura 2. Aproximación lineal de las funciones (III.4) y (III.6) del método y la expresión de Maxwell-Garnett, de la fracción de volumen de sólidos existente en la posición de la bobina sensora, f_r indica la frecuencia normalizada en relación a la concentración, v_r indica el voltaje normalizado en función de la concentración y ϕ es la concentración en un instante determinado.

Figura 3. Gráfica de selección de sensibilidades y elección de la capacidad, C , y frecuencia de oscilación, f , del equipo, L indica el valor de la inductancia de la bobina sensora.

Figura 4. Esquema del circuito electrónico de control de la conexión de las diferentes bobinas al oscilador. Los osciladores están representado por **Osc1**, **Osc2** y **Osc3**, el medidor de frecuencias por **Frec**, **L1**, **L2** y **L3** representan las inductancias de las bobinas sensora y **C1**, **C2** y **C3** los condensadores del circuito paralelo. **IN** indica el dispositivo de selección de bobina sensora.

Figura 5. Evolución temporal y espacial del perfil de frecuencia, f_r , a lo largo de la célula de medida en un experimento típico del modo de funcionamiento en barrido; d distancia recorrida en la muestra, t tiempo de ensayo.

Figura 6. Simulación por software para $n=33$ partículas (puntos) para una muestra determinada en diferentes instantes de tiempo, t_0 , t_1 , t_2 , ... y t_n .

Figura 7. Esquema del soporte de la muestra con una bobina sensora central, **Tb** indica el tubo de soporte de la muestra a ensayar, **w** base plana del soporte de muestras, **m** tubo de muestra a ensayar.

Figura 8 Esquema del soporte de la muestra con varias bobinas sensoras. **bs** bobina superior, **bc** bobina central, **bi** bobina inferior, **Tb** tubo de soporte de la muestra a ensayar, **w** base plana del soporte de muestras.

Figura 9. Evolución temporal de la frecuencia de oscilación normalizada, f_r , en tres fluidos magnetorreológicos denotados **1**, **2**, y **3** con una sola bobina sensora situada a 10 mm de la superficie de cada muestra, t indica el tiempo del experimento.

Figura 10. Evolución temporal de la frecuencia de oscilación normalizada, f_r , en cada una de las tres bobinas sensoras de una misma muestra, t indica el tiempo. **bs** indica los valores obtenidos por la bobina superior, **bc** los obtenidos por la bobina centra y **bi** los obtenidos por la bobina inferior.

Figura 11. Modelo de equipo de barrido con escáner que recorre la muestra verticalmente. **Bm** denota la bobina móvil, **cm** es el control del motor que permite cambiar la posición vertical de la bobina y **Frec** indica el medidor de frecuencias. **PC** indica el ordenador o microcontrolador que controla el movimiento y recoge los datos.

REIVINDICACIONES

5 1. Método para la determinación local de características de sedimentación en suspensiones de partículas ferromagnéticas, ferrimagnéticas o metálicas, aplicable especialmente a suspensiones altamente concentradas, que comprende los siguientes pasos:

- 10 a. Depósito de la suspensión en un recipiente provisto de una o más bobinas sensoras circundantes al depósito.
- b. Medición sistemática del valor de la inductancia en el tiempo de cada una de las bobinas.
- 15 c. Determinación del cambio del valor de la inductancia a partir de la variación en la permeabilidad magnética en el interior de la bobina exploradora.
- d. Transferencia de los datos obtenidos a un ordenador para su posterior análisis.

20 2. Método, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la medición del valor de la inductancia se realiza a través de la determinación de la frecuencia de resonancia de un circuito paralelo LC, cuyo principio se basa en hacer oscilar los dos elementos en paralelo LC y medir la señal obtenida en un medidor de frecuencias.

30 3. Método, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la medición del valor de la inductancia se realiza a través de la determinación de su voltaje de autoinducción, cuyo principio se basa en un conjunto de dos bobinas que rodean la muestra, una bobina es excitada con un voltaje determinado, de forma que induce un valor de voltaje en la segunda bobina (autoinducción) y este voltaje inducido se mide en un voltímetro.

35 4. Aparato para determinar las características de sedimentación en suspensiones de partículas ferromagnéticas, ferrimagnéticas o metálicas, que comprende:

- 40 a. Una célula de medida cilíndrica que contiene la muestra.
- b. Una o más bobinas sensoras circundando a la célula de medida cilíndrica.
- c. Circuito electrónico constituido por dos elementos en paralelo L (inductancia de la bobina) y C (condensador de ajuste), utilizado para determinar de la variación de la frecuencia de resonancia del circuito paralelo LC en función del tiempo, en el que la inductancia de la bobina (L) varía según el cambio en la permeabilidad de la bobina y en el que el condensador (C) en paralelo tiene una capacidad variable por el operador sirviendo de ajuste inicial de la frecuencia de resonancia.
- 45 d. Circuito electrónico constituido por dos elementos L1 (inductancia de la bobina excitadora) y L2 (inductancia de la bobina excitada o inducida), utilizado para determinar la variación del voltaje inducido (autoinducción) de la bobina L2 en función del tiempo, en el que la inductancia de la bobina inducida (L2) varía según el cambio en la permeabilidad de la bobina (L2).
- e. Un circuito electrónico que incluye un microcontrolador programable y/o una entrada para ordenador, que conecta cada vez una bobina al circuito oscilante y desconecta las demás.
- 50 f. Un circuito de salida de datos hacia un ordenador.

55 5. Aparato para determinar las características de sedimentación, en suspensiones de partículas ferromagnéticas, ferrimagnéticas o metálicas, según reivindicación 24 **caracterizado** porque la bobina sensora es móvil y comprende un circuito electrónico que comprende un dispositivo de entrada y salida hacia un ordenador que permite recibir órdenes de subida o bajada, permitiendo enviar las mediciones realizadas en función de la distancia recorrida por la bobina y del tiempo.

60 6. Aparato, según reivindicaciones 4 ó 5 **caracterizado** porque las bobinas sensoras son de alambre esmaltado, de diámetro comprendido entre 0.1 mm hasta los 2 mm. su cantidad de vueltas varía entre 1 y 200 y su longitud puede estar comprendida entre 1 mm y 30 mm.

65 7. Utilización del método según reivindicaciones 1, 2 ó 3 para determinar el perfil y la velocidad de sedimentación, el estado de floculación y de compactación, la redispersabilidad, y los perfiles de concentración de partículas en suspensiones de partículas ferromagnéticas, ferrimagnéticas o metálicas.

8. Utilización del aparato según reivindicaciones 4, 5 ó 6 para determinar el perfil y la velocidad de sedimentación, el estado de floculación y de compactación, la redispersabilidad, y los perfiles de concentración de partículas en suspensiones de partículas ferromagnéticas, ferrimagnéticas o metálicas.

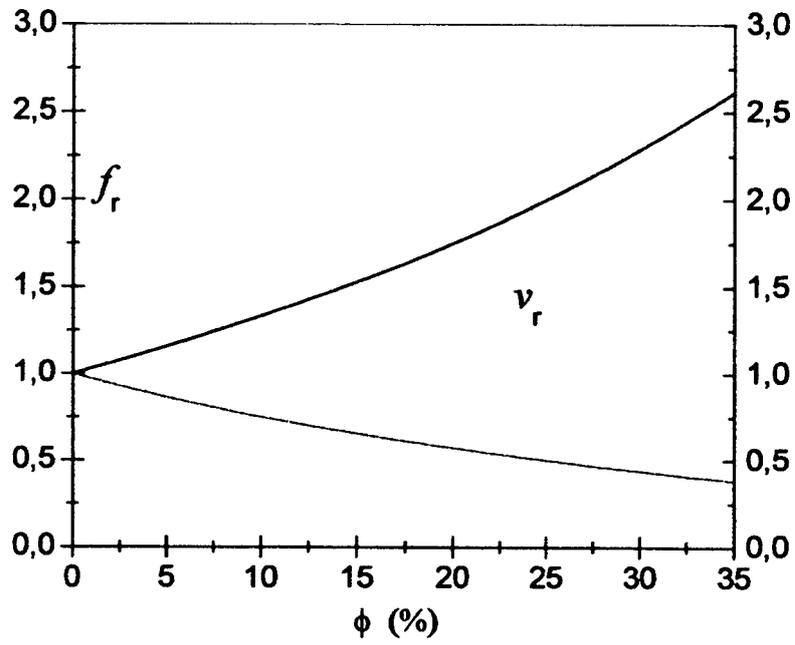


Figura 1

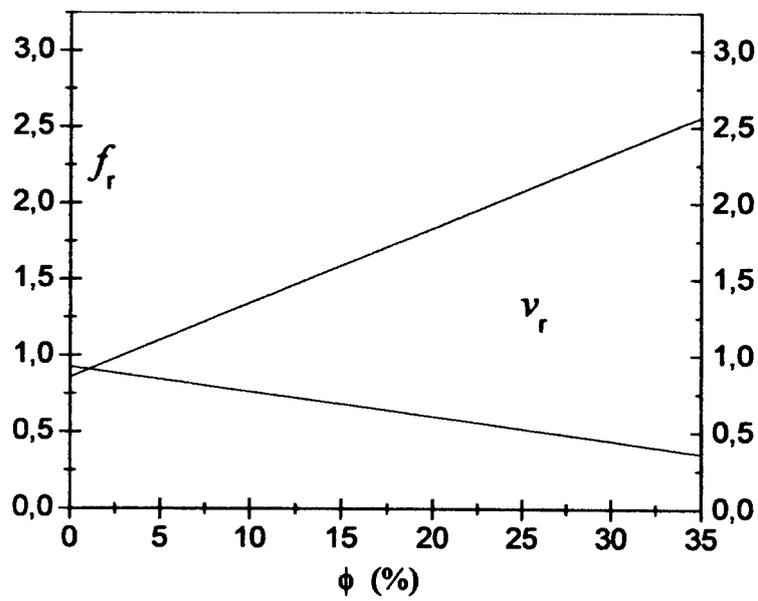


Figura 2

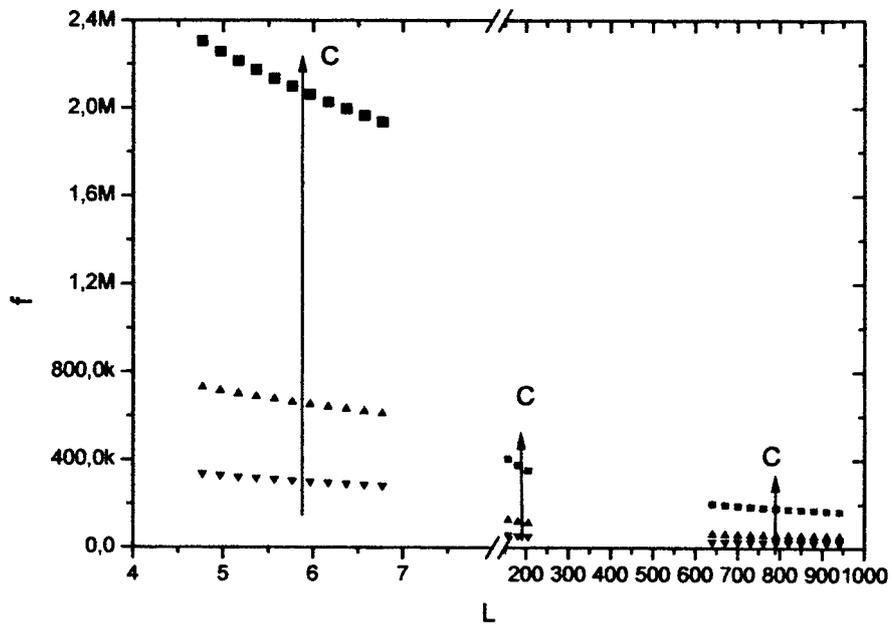


Figura 3

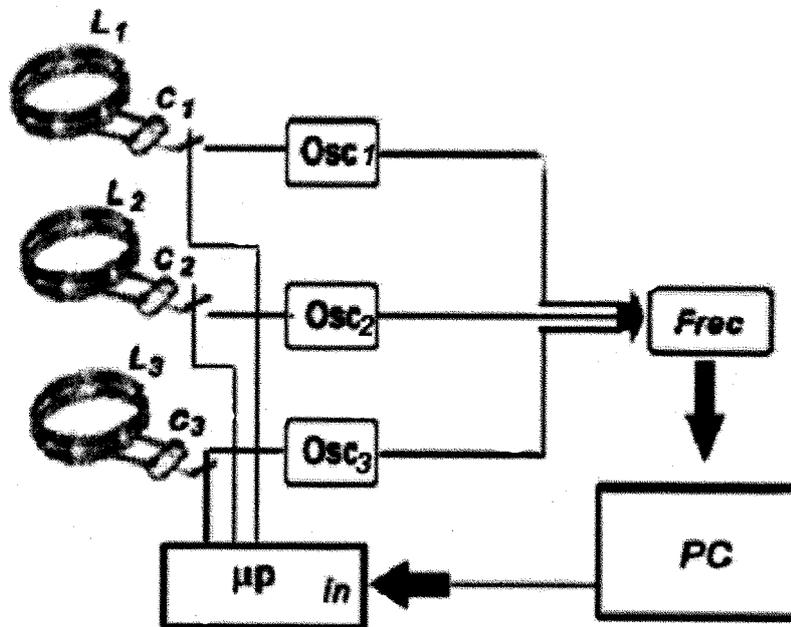


Figura 4

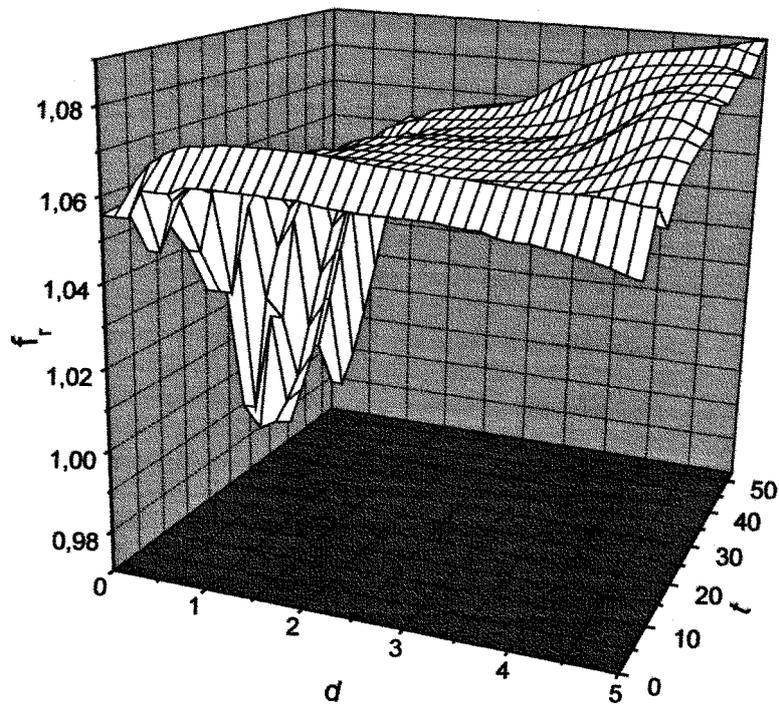


Figura 5

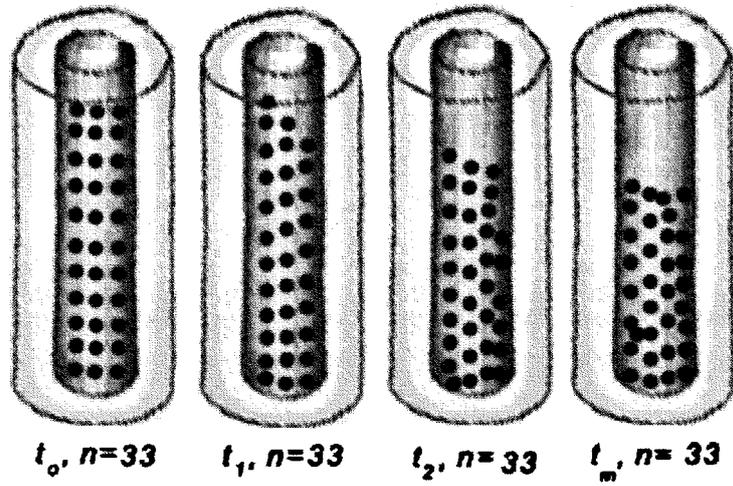


Figura 6

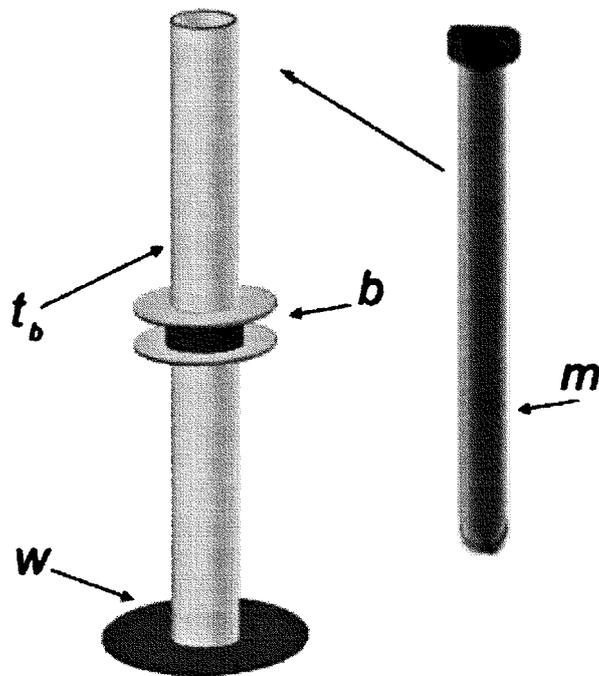


Figura 7

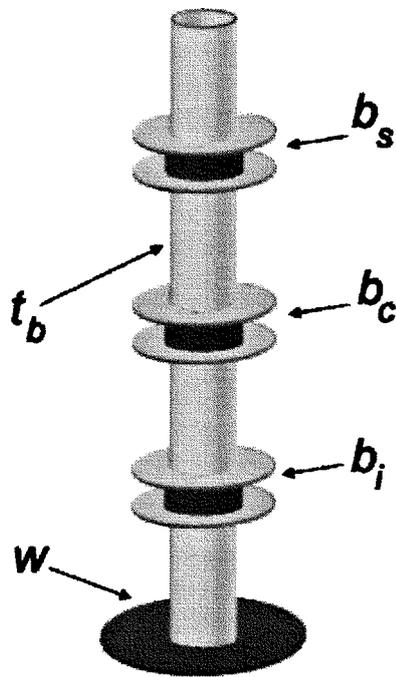


Figura 8

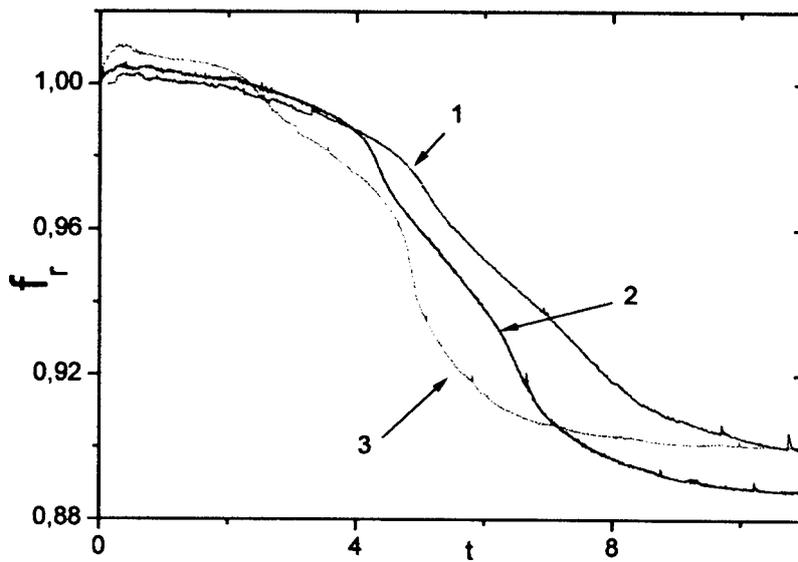


Figura 9

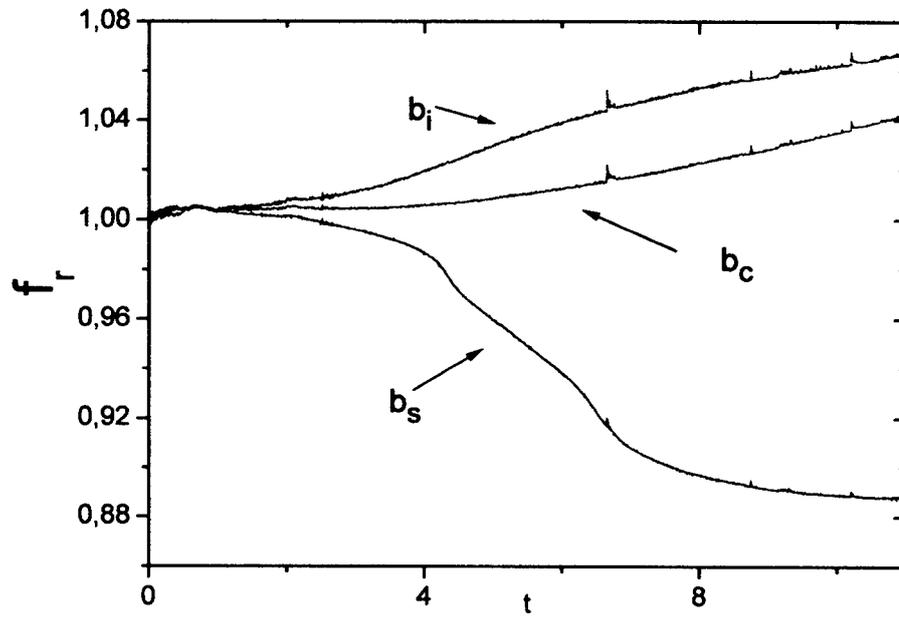


Figura 10

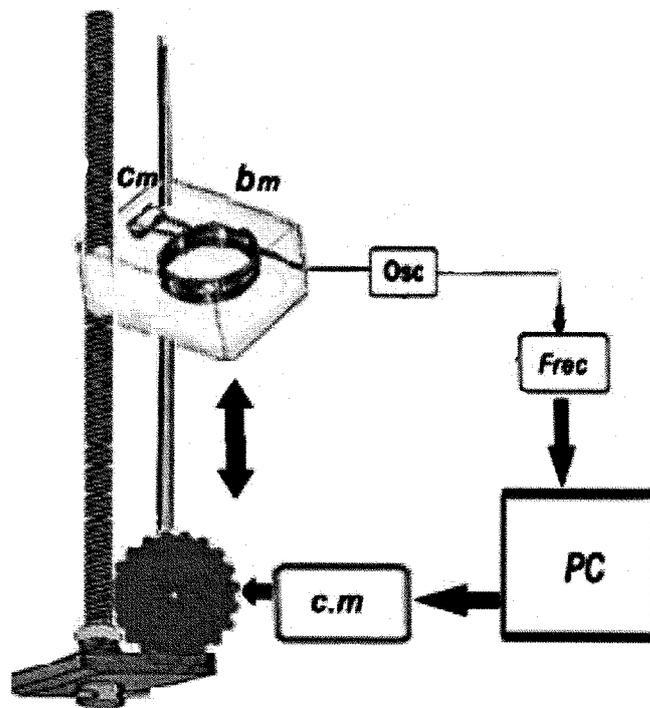


Figura 11



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 284 347

② Nº de solicitud: 200502282

③ Fecha de presentación de la solicitud: **13.09.2005**

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **G01N 27/76** (2006.01)
G01N 15/04 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	EP 0773440 A1 (NEW COSMOS ELECTRIC CO) 14.05.1997, columna 2, línea 10 - columna 3, línea 22; columna 4, líneas 30-35; columna 5, líneas 31-38; columna 9, línea 3 - columna 10, línea 9; columna 13, líneas 5-12; figuras 4,7.	1,3
Y		2,4-8
Y	US 4651091 A (CHAMBERS et al.) 17.03.1987, columna 3, líneas 1-18; columna 5, líneas 6-30; reivindicaciones 1-5,14; figura 1.	2,4-8
A	US 5528138 A (RUMBERGER et al.) 18.06.1996, todo el documento.	1-8

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
10.10.2007

Examinador
E. Pina Martínez

Página
1/1