



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 297 966**

② Número de solicitud: 200500842

⑤ Int. Cl.:
G01N 11/14 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

⑫ Fecha de presentación: **11.04.2005**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **01.05.2008**

Fecha de la concesión: **20.01.2009**

⑭ Fecha de anuncio de la concesión: **16.02.2009**

⑮ Fecha de publicación del folleto de la patente:
16.02.2009

⑰ Titular/es: **MILLVISION B.V.**
Molenstraat, 2-B
4944 AC Raamdsdonk, NL

⑱ Inventor/es: **Blanco Suárez, Ángeles;**
Negro Álvarez, Carlos;
Tijero Miquel, Julio y
Rocha Echevarría, Félix de la

⑲ Agente: **Arias Sanz, Juan**

⑳ Título: **Viscosímetro rotacional.**

㉑ Resumen:

Viscosímetro rotacional.

Equipo para la medida de la viscosidad en todo tipo de fluidos, tanto en régimen turbulento como laminar, y especialmente en suspensiones heterogéneas que cuentan con la presencia de partículas grandes o fibras, formado principalmente por un rotor constituido por un eje (1) con platos o deflectores (2) de dimensiones adecuadas, montado sobre rodamientos (3) y accionado mediante un motor (6) de velocidad variable, al que está asociado un sistema de medida de par (7) en el eje (1), mediante un brazo (8) solidario al elemento en rotación, eje (1) que gira dentro de un recipiente o vaso (4) que dispone de platos (5) uniformemente distribuidos, montado sobre otro rodamiento (11) para permitir su giro libre en función de las fuerzas de par transmitidas por el fluido, con un sistema de medida de par (9) en el vaso (4), relacionados mediante un brazo (10) solidario a éste.

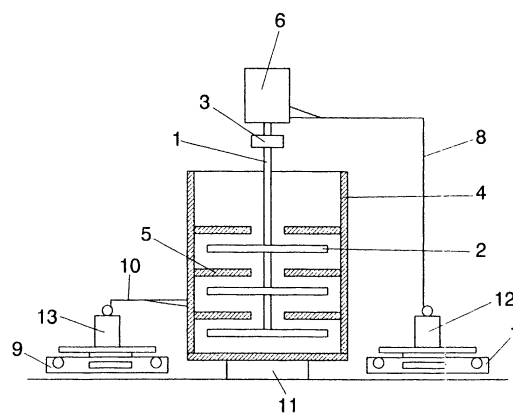


FIG. 1

ES 2 297 966 B1

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

DESCRIPCIÓN

Viscosímetro rotacional.

Objeto de la invención

La presente invención se refiere a un viscosímetro de tipo rotacional, especialmente concebido para la medida de la viscosidad en fluidos o bien en suspensiones, sean Newtonianos o no, presentando importantes ventajas cuando dicha medida de la viscosidad se pretenda hacer en aquellas suspensiones que presentan tendencia a la segregación de partículas y a la anisotropía por orientación bajo flujo, como sucede, por ejemplo, en el caso de pastas de fibras de celulosa, lo que dificulta este proceso de medida.

El objeto de la invención es proporcionar un nuevo equipo para la medida de la viscosidad de fluidos o suspensiones, tanto en régimen laminar como turbulento, basado en la innovación tecnológica que supone que la medida de la tensión de cizalla, se realiza tanto en el eje móvil como en el eje estacionario, permitiendo el cálculo de la viscosidad de una forma totalmente fiable, a partir de los valores que simulan transporte de momento sin necesidad de recurrir a la calibración con un fluido patrón.

Antecedentes de la invención

En la actualidad existen muchas técnicas dedicadas a la medida de la viscosidad pero que, fundamentalmente, se pueden dividir en dos grandes grupos: aquellas en las que el fluido circula a través de un tubo, canal u orificio, y aquellas en las que el fluido se somete a una acción de cizalla entre dos superficies móviles.

Los viscosímetros rotacionales se encuentran encuadrados en este segundo grupo, éstos son los que habitualmente se utilizan para el estudio de los fluidos denominados no Newtonianos. Estos equipos permiten el estudio del comportamiento de las muestras bajo la acción de fuerzas de cizalla a partir de las curvas de la tensión de cizalla frente a la velocidad de rotación de un elemento móvil, que puede ser un cilindro, discos, barras, un cono, etc.

Su funcionamiento y modo de actuación puede estar basado en el principio de Coutte o bien en el principio de Searle, dependiendo de si el elemento fijo del aparato físico es el interior o el exterior. Están constituidos principalmente por un recipiente y un rotor, con cilindros concéntricos, platos, barras, etc., o de cono - placa. En ellos la viscosidad se mide a partir del par necesario para producir una determinada velocidad angular, o a partir de la velocidad angular resultante para un determinado par.

Pero cuando se trata de determinar la viscosidad en suspensiones, estos viscosímetros son poco adecuados, esto se debe fundamentalmente a la presencia en dichas suspensiones de partículas grandes o fibras, que pueden generar un efecto de éstas con el rotor, con lo que el resultado obtenido será la medida de la viscosidad para el líquido portante, y no la de la dispersión que es lo que realmente se pretendía.

Un ejemplo típico y concreto de este tipo de dispersiones es el de las fibras de celulosa en agua. Lo que implica que, a pesar de que la industria del papel se basa principalmente en el transporte de fibras en agua, se conozca muy poco sobre la viscosidad de las suspensiones de pasta, así como de la relación de dicha viscosidad con el resto de características y condiciones que presentan las pastas durante la fabricación del papel.

Debido a la heterogeneidad de las suspensiones y a la tendencia de las fibras a flocular y sedimentar se forman redes tridimensionales estables, de modo que para una consistencia superior al 0.2%, (Duffy, G. G. and Titcener A.L. 1975), no es posible el uso de los viscosímetros comerciales existentes en la actualidad para su estudio dado que la geometría y las dimensiones del equipo afectan a la medida, de tal forma que la viscosidad de la suspensión se aproxima a la del agua (McKennell, R., 1960; Gullishsen, J. and Harnöken, E., 1981).

De este modo, cuando se pretende medir la viscosidad de las suspensiones de pasta con un viscosímetro rotacional convencional, hay un periodo en el que se obtienen valores inestables, tras el cual éstos llegan a ser similares a las medidas realizadas para el agua pura. Esto se debe a que la rotación del elemento de medida crea una orientación de las fibras, que se disponen en una zona cilíndrica coaxial a los elementos móvil y fijo del viscosímetro. Entre esta zona de acumulación de pasta y los elementos del viscosímetro se crean dos películas laminares de agua que prácticamente está exenta de fibras. De esta manera la fricción no es entre la suspensión y las superficies del viscosímetro, sino entre éstas y las películas laminares de agua que se forman.

En otro sentido, los viscosímetros convencionales actualmente disponibles presentan otro inconveniente, ya que es necesario realizar previamente la calibración del equipo. Para ello se emplean distintas disoluciones patrón con valores de viscosidad conocidos, de tal forma que el par medido en el rotor se relaciona con la viscosidad. Posteriormente para cualquier par obtenido con suspensiones complejas, se puede determinar la viscosidad a partir de dichas curvas de calibración.

Descripción de la invención

El viscosímetro rotacional que la invención propone, resuelve de forma plenamente satisfactoria la problemática anteriormente expuesta, en los diferentes aspectos comentados. Se trata de un equipo novedoso que permite la medida de la viscosidad en todo tipo de fluidos, y especialmente en suspensiones heterogéneas que cuentan con la presencia de partículas grandes o fibras, resultando el dispositivo altamente ventajoso para determinar la viscosidad en cualquier régimen, evitando con ello la segregación de las suspensiones. Si bien, en el caso de que dicha disgregación no exista, también podría medir la viscosidad tradicional en régimen laminar.

De forma más concreta, el viscosímetro rotacional propuesto por la invención se materializa en un equipo formado principalmente por un eje con platos o deflectores de dimensiones adecuadas, montado sobre rodamientos y accionado mediante un motor de velocidad variable, un sistema de medida de par en el eje, mediante un brazo solidario al elemento en rotación, un recipiente o vaso que dispone de platos uniformemente distribuidos, montado sobre otro rodamiento para permitir su giro libre en función de las fuerzas de par transmitidas por el fluido, y un sistema de medida de par en el vaso, mediante un brazo solidario a éste.

Los sistemas de medida de par, tanto para el eje como para el vaso, pueden estar constituidos, a modo de ejemplo, por un potenciómetro, una célula de carga, una balanza de precisión, o cualquier otro sistema de características apropiadas que permita valorar de

algún modo la medida del par del eje rotor que actúa como agitador, y la del par del recipiente o par transmitido.

El funcionamiento del viscosímetro rotacional descrito es sencillo, como se ha comentado anteriormente, el equipo cuenta con un motor de velocidad variable, que permite la medida de la tensión de cizalla a diferentes velocidades de agitación. Este motor es el encargado de transmitir la adecuada velocidad de giro al rotor constituido por una serie de platos o deflectores unidos a un eje.

El eje rota dentro de un recipiente o vaso, destinado a alojar en su interior a la muestra objeto de análisis, y el mismo está equipado con platos estáticos, de características similares a los del citado eje, dispuestos de forma apropiada con el fin de aumentar la superficie de contacto entre la muestra y los elementos de medida, e impedir la formación de una capa de fibras orientada con el sentido del eje del rotor, lo que daría lugar a la aparición de una capa de agua entre los platos y la suspensión.

La velocidad de agitación impartida por el motor, y necesaria para mantener la homogeneidad en la suspensión con tendencia a la segregación o a la formación de agregados o flocúlos, como por ejemplo puede ser el caso de las suspensiones constituidas por fibras de celulosa, depende de las características del rotor, del número y posición de los platos o deflectores, de las dimensiones del vaso, de la distribución del tamaño de partícula de la muestra, de la densidad de las fibras, de la consistencia de la pasta y de la densidad y viscosidad del agua.

De acuerdo con la ley de Newton, la viscosidad a su vez está relacionada con la tensión de cizalla y con la velocidad de deformación angular. En este sentido, la innovación tecnológica introducida en el viscosímetro rotacional objeto de la invención, es que la medida de la tensión de cizalla se realiza tanto en el eje móvil como en el eje estacionario, es decir en el vaso, que está montado sobre un rodamiento que permite su rotación libre y la medida de ésta como en el eje agitador. Por lo tanto se mide el par aplicado por el rotor y el par transmitido por el fluido al elemento fijo, de tal manera que se simula la medición del transporte de momento.

Esto permite, tras el desarrollo del modelo matemático pertinente, que describe la variación del perfil de velocidad en función del esfuerzo cortante aplicado al fluido, la medida de la viscosidad directamente, sin necesidad de recurrir a la calibración del equipo con fluidos patrón de los que se conozcan los valores, previamente determinados con un viscosímetro comercial. Aunque, si se desea, el equipo también puede ser calibrado para su validación.

Una vez registradas las medidas del par, y dado que el motor que mueve el eje agitador es de velocidad variable y puede regularse de forma automática en función de cómo se programe el equipo, pueden obtenerse las curvas de viscosidad en función de las fuerzas de cizalla, llamadas comúnmente reogramas, a la vez que se pueden realizar estudios de floculación en función de dicha fuerza de cizalla, así como estudiar el efecto de la fuerza de cizalla en fenómenos de defloculación, refloculación, etc.

El viscosímetro rotacional anteriormente descrito, puede estar conectado opcionalmente a un ordenador, de modo que la regulación de la velocidad del motor y la toma de datos se realice de forma automática,

permitiendo con ello, por ejemplo, programar la elaboración de reogramas, los estudios de la variación de suspensiones complejas en función de la fuerza de cizalla, etc.

En resumen, el poder medir la viscosidad en régimen laminar y régimen turbulento, cuando prácticamente todos los equipos lo hacen en régimen laminar, añade una serie de posibilidades novedosas y ventajosas al equipo, así se puede determinar la viscosidad en régimen turbulento de suspensiones con tendencia a la sedimentación de las partículas en suspensión, evitando ésta con la agitación; otra ventaja es que se puede ajustar la velocidad de giro que el motor imparte al rotor, así se evita la aparición de agregados de partículas que falseen la medida; o puede realizarse también un estudio de la fuerza de cizalla necesaria para romper flocúlos, etc.

Es decir, que el viscosímetro rotacional propuesto por la invención, además de permitir que se obtengan lecturas fiables de viscosidad en dispersiones complejas, permite realizar estudios de las propiedades de dichas suspensiones complejas en condiciones de régimen laminar o turbulento, y determinar como varían dichas propiedades en función de la fuerza de cizalla aplicada.

Descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1.- Muestra una vista de una sección en alzado de un ejemplo de realización práctica del viscosímetro rotacional objeto de la presente invención, donde aparecen los distintos elementos que constituyen el equipo.

La figura 2.- Muestra una vista en planta del viscosímetro rotacional representado en la figura anterior.

Realización preferente de la invención

A la vista de la figura reseñada puede observarse como el viscosímetro rotacional que la invención propone, para la medida de la viscosidad en todo tipo de fluidos y especialmente en aquellos que tienden a segregarse, agregarse o flocular, está constituido esencialmente por un rotor, formado por un eje (1) al que se encuentran unidos una serie de platos o deflectores (2), y montado dicho conjunto eje - platos sobre un soporte con rodamientos (3). Dicho eje (1) rota en el interior de un recipiente o vaso (4), al que aparecen unidos solidariamente otra serie de platos (5) estáticos y de características similares a los anteriores.

El sistema es accionado mediante un motor (6) de velocidad variable, que presenta las características necesarias para la función que tiene que desempeñar, es decir para aplicar la velocidad de giro apropiada al rotor, así, por ejemplo, en la realización preferente representada en las figuras se trata de un motor eléctrico con regulación electrónica, analógica o digital.

El viscosímetro rotacional se complementa con un sistema de medida de par (7) en el eje (1), estando relacionado dicho sistema de medida de par (7) con el eje (1) mediante un brazo (8), solidario al elemento de rotación. Del mismo modo el vaso (4) cuenta con otro sistema de medida de par (9), par que es transmitido por medio de un brazo (10) solidario a dicho vaso (4).

El vaso o recipiente (4) está montado sobre un sistema de discos giratorios de rodamiento (11), lo que va a permitir que pueda girar libremente en función de las fuerzas de par transmitidas por el fluido.

Tanto los platos móviles (2) acoplados al eje (1), como los platos estáticos (5) solidarios al vaso (4), pueden variar en número dependiendo de las características requeridas, en el ejemplo de realización preferente dicho número de platos (2) y (5) son tres, aunque como ya se ha comentado esto es opcional, y no tiene por que ser limitativo.

Concretamente, dichos platos (2) y (5) reflejados en la realización preferente, son planos y finos, de aproximadamente 2 mm de espesor, con ello lo que se pretende es evitar la generación de impulsión dentro de la dispersión, presentan además los bordes redondeados para evitar el corte de las fibras o partículas que se encuentran suspendidas en el fluido. Están constituidos cada uno por tres sectores circulares de 60°, dispuestos alternativamente con otros tres

sectores similares vacíos.

El fluido o suspensión objeto de análisis es introducido en el interior del recipiente o vaso (4), y el sistema es puesto en funcionamiento por medio de la acción del motor (6), que es el encargado de transmitir un movimiento de giro al rotor (1), y consecuentemente a los platos (2) solidarios a éste, provocando con ello la agitación necesaria para mantener la homogeneidad en las suspensiones con tendencia a la segregación o a la formación de agregados o flóculos.

El rotor (1) y los platos (2) y (5) estarán fabricados a partir de materiales apropiados, preferentemente en acero inoxidable, aunque esto no debe considerarse limitante, y el material puede ser cualquier otro que presente características similares. Lo mismo sucede con el vaso (4), que preferentemente será de polimetacrilato, pero puede ser de cualquier otro material que aporte las características requeridas.

Una vez puesto en marcha el equipo, y perfectamente homogeneizada la suspensión, se procede a tomar las medidas pertinentes para poder determinar la viscosidad de la muestra, sin necesidad de realizar el calibrado del sistema por medio de fluidos patrón de valores de viscosidad conocidos. En el caso que se está describiendo, se trata de tomar la medida de tensión de cizalla tanto en el eje móvil (1), como en el vaso (4) o eje estacionario; esto es posible, como se ha comentado con anterioridad, porque dicho vaso (4) está montado sobre un sistema de discos giratorios de rodamiento (11), lo que permite su rotación libre.

Para ello el viscosímetro rotacional objeto de la invención dispone, como se ha expuesto anteriormente, de dos sistemas de medida correspondientes a un sistema de medida de par (7) en el eje (1) y un sistema de medida de par (9) en el vaso (4); ambos están relacionados respectivamente con el eje (1) y con el vaso (4) mediante brazos transmisores (8) y (10) solidarios a ellos. El sistema de medida en cuestión puede ser por ejemplo un potenciómetro, una célula de carga,

etc.

En el ejemplo de realización preferente de la invención, tanto el sistema de medida en el eje (1) como en el vaso (4), se materializan en una balanza de precisión. De este modo la medición del par en el eje (1) se realiza registrando en la balanza de precisión (7), asociada al motor (6), que arrastra al eje (1), la variación de peso de una masa (12) conectada a un brazo (8) o transmisor del par solidario al motor (6), para compensar con ello su par rotacional en sentido inverso al rotor. En el caso de la medida del par en el vaso (4), ésta se realiza también registrando en una balanza (9) la variación de peso de una masa (13) conectada al brazo (10), solidario al vaso (4) para compensar su par rotacional.

De este modo el equipo mide el par aplicado por el rotor (1) y el par transmitido por el fluido al elemento fijo (4), de tal manera que se simula la medición del transporte de momento, cuyos valores obtenidos permiten el cálculo de la viscosidad sin necesidad de recurrir a la calibración con un fluido patrón.

Tanto la regulación de la velocidad del motor (6) como la toma de datos, pueden realizarse de forma automática con la colaboración de un ordenador al que se conecte el equipo. Esto va a permitir programar la realización de reogramas, estudiar el efecto de la fuerza de cizalla en fenómenos de floculación, o realizar estudios de la variación de suspensiones complejas en función de la fuerza de cizalla, entre otras aplicaciones.

Por medio de una relación matemática que permita describir la variación del perfil de velocidad en función del esfuerzo cortante aplicado al fluido, se puede construir la curva de esfuerzo cortante o tensión de cizalla frente a la variación del gradiente de velocidad. Los valores de los esfuerzos cortantes vienen dados por la medición del par aplicado por el rotor (1) y el par recibido por el vaso (4), mediante las diferencias de pesos sobre las dos balanzas de precisión (7) y (9). Las medidas se registran de forma continua en el ordenador utilizando para ello un programa adecuado. Posteriormente se realiza el tratamiento matemático de los datos y la interpretación de los resultados obtenidos en las mediciones.

El viscosímetro rotacional propuesto por la invención, sin que tenga carácter limitante, está especialmente indicado para trabajar con suspensiones por ejemplo de celulosa, para la medición de la viscosidad en pastas de papel de cualquier consistencia, y más concretamente en aquellas cuya consistencia sea superior al 0.2%.

Para romper la red tridimensional que forman las fibras de celulosa de una suspensión típica de 2% de consistencia, es necesaria una velocidad angular de 260 s^{-1} , asimismo la tensión de cizalla es de $8 \text{ N}\cdot\text{m}^{-2}$ y el par de $0.015 \text{ N}\cdot\text{m}$, para lo que habrá que adaptar el diseño del viscosímetro rotacional, el radio de los platos (2) y (5), el diámetro y la altura del recipiente (4) o la altura del rotor (1).

REIVINDICACIONES

1. Viscosímetro rotacional, especialmente concebido para la medida de la viscosidad en todo tipo de fluidos y suspensiones, concretamente en los no Newtonianos, y más concretamente en aquellos que tienden a segregarse, agregarse, flocular o de orientarse bajo flujo, como pueden ser suspensiones de celulosa, **caracterizado** porque está constituido por un rotor, formado por un eje (1), al que se encuentran unidos una serie de platos o deflectores (2), accionado dicho eje (1) mediante un motor (6), que permite su rotación en el interior de un recipiente o vaso (4), al que aparecen unidos solidariamente otra serie de platos (5) estáticos y de características similares a los anteriores, complementándose el equipo con, un sistema de medida de par (7) en el eje (1), y otro sistema de medida de par (9) del vaso (4).

2. Viscosímetro rotacional, según reivindicación 1ª, **caracterizado** porque dicho conjunto eje (1) - platos (2) esta acoplado a un soporte con rodamientos (3), mientras que el vaso o recipiente (4) está montado sobre otro sistema de rodamiento (11), lo que va a permitir que pueda girar libremente en función de las fuerzas de par transmitidas por el fluido.

3. Viscosímetro rotacional, según reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el motor (6) empleado para el accionamiento del eje (1) es de velocidad variable, siendo preferentemente un motor eléctrico con regulación electrónica, analógica o digital.

4. Viscosímetro rotacional, según reivindicaciones

anteriores, **caracterizado** porque los sistemas de medida de par (7) y (9), tanto para el eje (1) como para el vaso (4), se materializan en un potenciómetro, una célula de carga, una balanza de precisión, o cualquier otro sistema de características apropiadas que permita valorar la medida del par del eje rotor (1) que actúa como agitador, y la del par del recipiente (4) o par transmitido, de tal manera que se simule la medición del transporte de momento, obteniendo valores que permiten el cálculo de la viscosidad sin necesidad de recurrir a la calibración con un fluido patrón.

5. Viscosímetro rotacional, según reivindicación 4ª, **caracterizado** porque el sistema de medida del par, tanto en el eje (1) como en el vaso (4), es preferentemente una balanza de precisión (7) y (9) respectivamente, conectada al eje (1), en un caso, y al vaso (4) en otro, por medio de sendos brazos o transmisores de par (8) y (10), que registran en dichas balanzas (7) y (9) la variación de masa de respectivas pesas (12) y (13) conectadas a los brazos (8) y (10), de manera que compensan su par rotacional.

6. Viscosímetro rotacional, según reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque con el equipo colabora un ordenador que permite que la regulación de la velocidad del motor y la toma de datos se realicen de forma automática, permitiendo entre otras aplicaciones, programar la elaboración de reogramas, realizar estudios de la variación de suspensiones complejas en función de la fuerza de cizalla, o estudiar el efecto de la fuerza de cizalla en fenómenos de floculación.

35

40

45

50

55

60

65

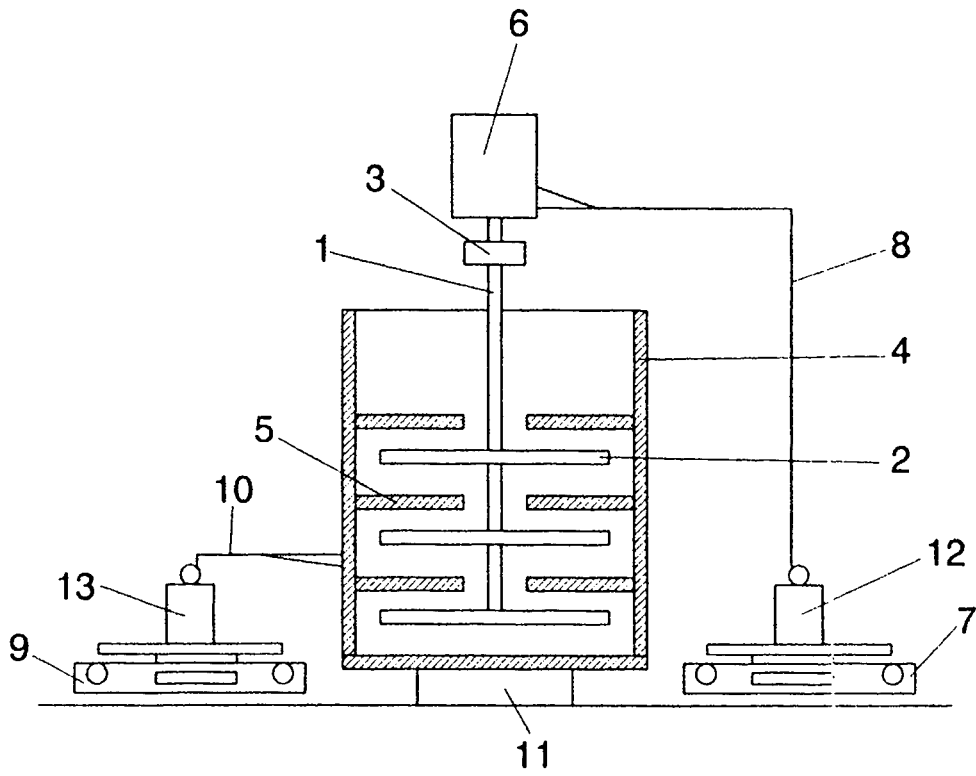


FIG. 1

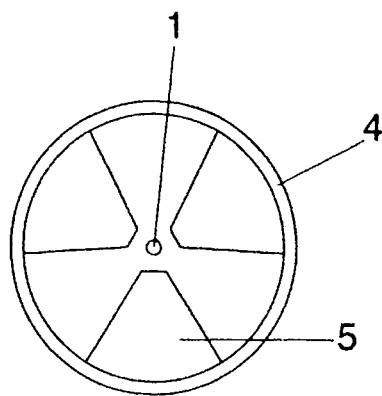


FIG. 2



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 297 966

② Nº de solicitud: 200500842

③ Fecha de presentación de la solicitud: 11.04.2005

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **G01N 11/14** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	US 2003136184 A1 (WALTERS et al.) 24.07.2003, párrafos 34,36-41; figuras 2,3-9.	1-4,6
Y	US 5321974 A (HEMMINGS et al.) 21.06.1994, columna 4, líneas 9-59; figuras.	1-4,6
A	JP 2003035616 A (ALPS ELECTRIC CO LTD) 07.02.2003, resumen.	5

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

31.03.2008

Examinador

J. Olalde Sánchez

Página

1/1