



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 333 075**

② Número de solicitud: 200700620

⑤ Int. Cl.:

G01N 11/08 (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

② Fecha de presentación: **08.03.2007**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **16.02.2010**

④ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
16.02.2010

⑦ Solicitante/s:
**Consejo Superior de Investigaciones Científicas
c/ Serrano, 117
28006 Madrid, ES**

⑦ Inventor/es: **Río Suárez, Olga;
Fernández Luco, Luis y
Rodríguez López, Ángel**

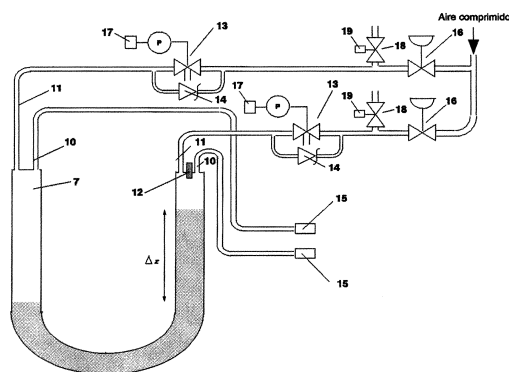
⑦ Agente: **Pons Ariño, Ángel**

⑤ Título: **Procedimiento y dispositivo para la determinación de la aptitud para el bombeo de suspensiones concentradas de sólidos de geometría variable tales como el hormigón fresco.**

⑤ Resumen:

Procedimiento y dispositivo para la determinación de la aptitud para el bombeo de suspensiones concentradas de sólidos tales como el hormigón fresco.

El dispositivo comprende un codo, dos brazos (7), fijados a los extremos del codo y cargados con una suspensión, un sensor de posición (12) de la suspensión, un sensor de presión (15) en cada brazo (7), sendas tapas herméticas (8, 9) en los extremos libres de los brazos (7), un circuito de aire comprimido adaptado para producir el movimiento de la suspensión en el interior de los brazos (7), un dispositivo de registro de los datos de los sensores (12, 15), y unos medios de almacenamiento y procesamiento de datos. El procedimiento comprende la introducción del radio de los brazos (7) y la densidad de la solución y la captación por los sensores (12, 15) de los datos de presión y desplazamiento de la solución para la determinación de la viscosidad dinámica y la tensión tangencial de inicio de movimiento.



ES 2 333 075 A1

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para la determinación de la aptitud para el bombeo de suspensiones concentradas de sólidos de geometría variable tales como el hormigón fresco.

5

Sector de la técnica

10

- Suspensiones concentradas de sólidos tipo Bingham, tales como el hormigón y mortero en estado fresco.
- Valoración de la aptitud para el bombeo de este tipo de suspensiones.
- Caracterización de parámetros reológicos asociados con el bombeo de suspensiones tipo Bingham y en particular, de hormigón y mortero en estado fresco.

15

Introducción

20

Una de las características relevantes de hormigones y morteros es que presentan las características de un fluido viscoso, cuando se preparan, propiedad que se aprovecha para rellenar moldes y encofrados de forma variada. Una vez colocada, la mezcla debe presentar la máxima compacidad, condición que se alcanza con la provisión de energía de compactación. En el caso de los hormigones conocidos como “autocompactables”, el propio peso del hormigón proporciona esa energía. La docilidad con que hormigones y morteros responden a los esfuerzos necesarios para su preparación, transporte, colocación, compactación y terminación se denomina trabajabilidad. Esta propiedad, que no depende solamente del hormigón sino también de las herramientas disponibles y del tipo de molde a llenar, es clave en el proceso productivo.

25

30

Aunque el hormigón de cemento Pórtland se emplea desde mediados del siglo XIX, no es hasta comienzos del siglo XX que aparece la primera normativa relativa a un método para medir la consistencia o fluidez del hormigón [ASTM D 138-22T, actualmente ASTM C 143 (1994c), Este ensayo, que se conoce en España como el Método del Cono de Abrams [UNE 83313:1990 - Ensayos de Hormigón. Medida de la consistencia del hormigón fresco. Método del Cono de Abrams], permanece en uso hasta nuestros días por su simplicidad pero por tratarse de un método estático, tiene algunas limitaciones, las que fueron reconocidas por Powers, quien desarrolló un nuevo ensayo, denominado: ensayo de remoldeo. Este método, a diferencia del cono de Abrams, es capaz de medir la componente dinámica que influye en la trabajabilidad, y los ensayos comparativos entre ambos métodos indican que el ensayo de remoldeo representa mejor el comportamiento en el estado fresco de algunos hormigones [Cordon, W. A. “Entrained air - a factor in the design of concrete mixes”, *Journal of ACI, Proceedings* 51, 81, May, 1955].

35

40

A partir de mediados del siglo XX, es creciente la variedad de métodos de ensayo orientados a caracterizar al hormigón en su estado fresco. Algunos fueron derivaciones del ensayo de remoldeo de Powers [Consistómetro Vebe (Bahrner, V. “Report on consistency tests made by means of the Vebe consistometer”, Report N° 1, Joint research group concrete, Svenska cementforeningen, March, 1940), el consistómetro de Wigmore [Wigmore, V.S. “The consistometer - An apparatus for testing concrete workability on site”, *Civil Engineering*, London, 1948] y el aparato de Thaulow [Thaulow, S. “Field testing of Concrete”, *Norsk Cementforening*, Oslo, 1952].

45

Sólo algunos de estos métodos pasaron su etapa experimental, alcanzando el reconocimiento como método normalizado. Entre ellos, se destacan el consistómetro Vebe [ASTM C 1170; U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (CRD C-53)] y el método del Factor de compactación [British Standard 1881 (BSA 1984, 1993)].

50

Objeto de la invención

55

La invención se refiere a la medida de los parámetros reológicos de un fluido tipo Bingham y más concretamente de suspensiones concentradas, tales como morteros y hormigones, con un tamaño máximo del sólido suspendido de hasta 20 mm. Se cubre así todo el rango de hormigones estructurales cuyo destino es ser transportados por bombeo.

60

La invención describe un dispositivo y un procedimiento para caracterizar la trabajabilidad de este tipo de fluidos y en especial de hormigones y morteros asociada con su transporte por bomba, ya que el movimiento de estos (y de un fluido Bingham, en general) se limita a la zona perimetral, prácticamente en contacto con la tubería, mientras que toda la porción de hormigón o mortero ubicada en el centro de la misma se mueve como un tapón, es decir, no hay cambio en la posición relativa entre partículas, como se ilustra en la Fig. 1.

65

Del diagrama de velocidades que se muestra en la Fig. 1, es sencillo deducir que el movimiento se produce por el deslizamiento del hormigón dentro de la tubería; buena parte del volumen del hormigón se mueve en forma solidaria y sólo la porción anular, en contacto con las paredes del tubo manifiesta deslizamientos relativos.

Si tenemos en cuenta que los reómetros para hormigón están provistos de paletas o aletas capaces de impedir el deslizamiento, está claro por qué la información que proveen sólo puede ser empleada en forma limitada para caracterizar la trabajabilidad del hormigón en situaciones de bombeo.

ES 2 333 075 A1

En la actualidad, como se verá al describir el *estado de la técnica*, no existe ningún equipo específicamente desarrollado para valorar la trabajabilidad de este tipo de fluidos y en particular de hormigones y morteros asociada con procesos de transporte por bomba, de allí la necesidad de la invención que se presenta. En el siguiente epígrafe (Estado de la técnica) se da un listado de documentos relacionadas con métodos y dispositivos para evaluar la trabajabilidad del hormigón.

Estado de la técnica

La conveniencia de medir la componente dinámica de la trabajabilidad resultó en el desarrollo de nuevos métodos. Algunos intentos se orientaron hacia el empleo de vibración como recurso para impartir a la mezcla la componente dinámica [Método del plano inclinado vibrante (Saucier, K. L. "Investigation of a vibrating slope method for measuring concrete workability", Miscellaneous Paper 6-849, U.S. Army Corp of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS. 1966); Caja de escurrimiento de Angles (Angles, J. "Measuring Workability", Concrete 8(12), 26, 1974): Dispositivos de escurrimiento bajo vibración (Kurokawa *et al.*, "Study on the slump test and slumpflow test of fresh concrete", Trans. Of the Japan Concrete Institute, 16, 25-32, 1994 y Kurokawa *et al.* "Evaluation method of passability of high-fluidity concrete". *Transactions of the Japan Concrete Institute* 17, 9-16. 1995); Mesa de escurrimiento (DIN - EN 12350-5)]. Otros, por el contrario, recurrieron a equipos capaces, al menos desde la teoría de su concepción, de caracterizar las componentes dinámicas y estáticas por movimientos rotacionales.

En esta línea, Powers and Wiler [Powers, T. C. and Wiler, E. M. "A device for studying the workability of concrete". *Proceedings of the ASTM* 41, American Society of Testing and Materials, Philadelphia, PA., 1941] publicaron una descripción de un viscosímetro rotacional de cilindros coaxiales y aunque este equipo nunca llegó a constituirse en un método estándar, corresponde asignarle el mérito de ser el primer intento de medición de parámetros fundamentales del fluido, considerando tanto la componentes estática como la dinámica.

Existen un elevado número de patentes describiendo diferentes dispositivos para la medición de los parámetros relacionados con la trabajabilidad de hormigones, aunque ninguna de ellas se aplica al bombeo específicamente. Entre las patentes americanas cabe destacar:

- US4510958 (16/4/1985) Apparatus and method for transferring a Bingham solid through a long conduit.
- US5437181 (1/8/1995) Concrete slump testing.
- US5357785 (25/10/1994) Method and device for determining properties rheological.
- US5240225 (31/8/1993) Plastic slump cone.
- US5203203 (20/4/1993) Viscometer for *in situ* monitoring.
- US4879897 (14/11/1989) Method and apparatus for the determination of viscosity.
- US4578989 (1/4/1986) Concrete slump measuring device.
- US4535621 (20/8/85) Process and apparatus for measuring rheological properties of semi-solid bodies by harmonic shear in rotation.
- US4388823 (21/6/83) Apparatus for automatically measuring the viscosity of liquids.
- US4356723 (2/11/1982) Process and apparatus for continuously measuring slump.
- US4332158 (1/6/1982) Slump testing device.
- US4299119 (10/11/1981) Incremental rotary viscometer.
- US4148215 (10/4/1979) Apparatus for making rheological measurements.
- US4062225 (13/15/1977) Rotational viscometer and plastometer.
- US3967934 (6/7/1975) Prothrombin timer.
- US3935726 (3/2/1975) Apparatus for measuring viscosity of liquids.

A las que se podrían añadir las patentes japonesas y chinas:

- JP10197436 (31/7/1998) Método para medir la fluidez de un hormigón muy fluido y aparato para ello.
- JP2001228143 (2001-08-24) Método y dispositivo para el control de calidad del hormigón fresco.

ES 2 333 075 A1

- JP2004144703 (20/5/2004) Sistema para medir la viscosidad de una lechada de hormigón.
- JP2004069363 (4/3/2004) Método para el ensayo de hormigón y aparato para ello.
- CN1566950 (19/01/2005) Instrumento para medir la fluidez de un hormigón.
- CN1558233 (29/12/2004) Aparato para la medida del comportamiento de un cemento fresco.
- CN2569143Y (27/8/2003) Reómetro para hormigón.

Así como las patentes:

- GB2133559 (25/7/1984) Concrete workability meter.
- DE19503028 (31/1/1995) Vorfahren und Vorrichtung zum Messen des Fließverhaltens grobkörniger Stoffmenge.

Existen al menos tres patentes de dispositivos con válvulas, cuyos resultados se correlacionan con el método del asiento del cono, y que se aplican o bien al camión mezclador durante la mezcla o durante la descarga. En la patente US4356723 se aplica a un sensor que registra el esfuerzo necesario para hacer girar el tambor del camión mezclador, en tanto que en las patentes US4332158 y US4578989 describen dispositivos que se instalan directamente en la canaleta de descarga de la mezcla. Debido a que estos dispositivos se orientan a medir el asiento de cono en forma indirecta, no son capaces de diferenciar la componente dinámica de la trabajabilidad.

En conjunto de técnicas y dispositivos empleados para caracterizar la trabajabilidad del hormigón en el estado fresco puede agruparse en tres grupos, según Tattersall [G. H. Tattersall, "The workability of concrete, A viewpoint Publication", *PCA* 1976]:

- Clase I, de tipo cualitativo,
- Clase II, cualitativos empíricos y
- Clase III, cuantitativos fundamentales.

El primer grupo se emplea de una manera descriptiva, sin intento alguno de cuantificar la magnitud medida, en tanto que en el segundo, se agrupan los métodos capaces de cuantificar numéricamente lo que se mide, aun cuando esta medida sólo tenga sentido para las condiciones particulares de medición, es decir, al método. Los cuantitativos fundamentales, por el contrario, deben ser capaces de aportar información fundamental sobre la caracterización del fluido.

Esta subdivisión en tres grupos fue posteriormente modificada por Tattersall y Banfill [Tattersall, G. H. and Banfill, P.F.G. "The rheology of fresh concrete", Pitman Ed., Boston, MA, 1983] quienes, tras analizar el estado de la técnica de los métodos de ensayo para definir la trabajabilidad, propusieron sólo dos grandes grupos: empíricos y rigurosamente definidos. El primer grupo se corresponde con las Clases I y II anteriormente descritas, en tanto el segundo es análogo a la Clase III.

Los métodos empíricos se caracterizan porque sus resultados no son comparables con los obtenidos por otros métodos, aun cuando haya numerosos intentos de correlación. Además, basan la medida en una condición específica de operación (single-point), lo que impide una correcta caracterización del fluido (hormigón o mortero), pues son necesarias al menos dos determinaciones, en condiciones distintas, como se indica a continuación: Si se recurre a la reología de fluidos, los morteros y hormigones se pueden considerar fluidos que siguen el modelo teórico de Bingham, aun cuando distintos autores hayan sugerido leves variantes [C. Atzeni, L. Massida, and U. Sanna, "Comparison between Rheological Models for Portland Cement Pastes", *Cem. Concr. Res.* **15**, 511-519 (1985); W. von Berg, "Influence of specific surface and concentration of solids upon the flow behavior of cement pastes", *Mag. Concr. Res.* **31**, 211-216 (1979); C. Atzeni, L. Massida, and U. Sanna, "New Rheological Model for Portland Cement Pastes", *II Cemento* **80** (1983); F. de Larrard, C. F. Ferraris, and T. Sedran, "Fresh Concrete: A Herschel-Bulkley Material", *Mater. Struct.* **31**, 494-498 (1998)].

Tattersall y Banfill [Tattersall, G. H. and Banfill, P.F.G. "The rheology of fresh concrete", Pitman Ed., Boston, MA, 1983] sostienen que la trabajabilidad debe medirse mediante métodos rigurosamente definidos a partir de principios reológicos estándar.

Surge así el desarrollo de equipos que siguen esta tendencia, conocidos como "reómetros de hormigón", de los cuales existen distintos tipos de equipo. Aunque hay algunos equipos diferentes, (viscosímetro de bola, Powers [Powers, T.C. "The properties of fresh concrete", Wiley, N.York, 1968], viscosímetro de orificio libre, Bartos, [Bartos, P. "Workability of flowing concrete. Assessment by a free orifice rheometer", *Concrete* 12(10), 28-30, 1978], el mayor número de prototipos corresponde al tipo rotacional.

El objetivo clave es caracterizar la trabajabilidad mediante la deformación de la mezcla en más de una condición y que las velocidades de deformación permitan definir las componentes estática y dinámica del comportamiento.

5 Como se ha indicado previamente, todos ellos se asemejan al método original propuesto por Tattersall [Tattersall, G. H. "Measurement of workability of concrete", "East Midlands Region of the Concrete Society of Nottingham, (1971)", en el que un volumen de hormigón o mortero es obligado a moverse en un recipiente cilíndrico por la acción de paletas, que evitan el deslizamiento del hormigón. Se registra la velocidad de giro y el esfuerzo torsor necesario para mantener esa velocidad.

10 El viscosímetro desarrollado por Wallevik (1996) (BML Viscometer) [O. H. Wallevik and O. E. Gjørsvik, "Rheology of Fresh Concrete Advances in Cement Manufacture and Use", *Eng. Found. Conf. Potosi*, MI (1988) p. 133; BML "Viscometer", *Con Tec Group, C. T. International Ltd.*, Suite 31 Victoria House, 22-26 Main Street, P.O. Box 569, Gibraltar] se basa en cilindros coaxiales provistos de aletas, mientras que en el reómetro BTRHEOM [http://www.lcpc.fr/en/produits/materiels_mlpc] (de Larrard *et al.* 1993; Hu *et al.* 1995, 1996; y Hu and de Larrard 1996), las aletas van unidas a discos rotativos.

Los reómetros, equipos y métodos clasificados como "rigurosamente definidos", tienen el inconveniente de la complejidad inherente al mecanismo y al método de ensayo, sumado al costo del equipamiento, condiciones que limitan su aplicación en condiciones de obra o en operaciones de rutina.

20

Descripción de los dibujos

Figura 1. Diagrama de velocidades, (3), de transporte de fluido Bingham en una tubería (1). El fluido presenta dos zonas: la *zona de deslizamiento relativo* (2), donde el fluido se mueve en régimen viscoso, variando la velocidad desde cero junto a la pared del tubo hasta un valor constante en la *zona central* (4) como se muestra en la línea de puntos (3), correspondiente al diagrama de velocidades. En esta zona central el fluido se mueve como un tapón, con un frente de velocidad constante.

Figura 2. Representación gráfica de la ecuación de Bingham para el movimiento de un fluido.

30

Figura 3. Esquema del tubo para el ensayo. Se trata de un codo en U cuya parte curva (5) se une a dos brazos rectilíneos (7), mediante sendas parejas de bridas (6). En la parte final de estos brazos (7) hay otra pareja de bridas (6), para el cierre mediante dos tapas (8) y (9), atravesadas por los conductos (10) y (11), que comunican con los circuitos de presión y medida según se explicará al describir la figura 4. La tapa (8) está también atravesada por el sensor de posición (12), conectado eléctricamente con la unidad de control.

35

Figura 4. Diagrama hidráulico del dispositivo. El brazo (7) se carga con la muestra a ensayar, tras lo cual se colocan las tapas (8) y (9) (ver Fig. 3) que se ajustan a las correspondientes bridas (6) (ver Fig. 3). El conducto (11) de cada brida (6) llega a una (T), donde la canalización se bifurca y cada una de las ramas se conectan a su vez con las segundas válvulas (13) y la válvula antirretorno (14). Las segundas válvulas (13) disponen de sendos manómetros que permiten fijar, girando el mando (17), la presión máxima que va a tener el gas en brazo (7) correspondiente del codo en (U) mientras que las válvulas antirretorno (14) sólo permiten pasar el gas en la dirección marcada. Las dos terceras válvulas (18) se conectan nuevamente a una (T) para, mediante un solo conducto, llegar a la primera válvula (16), accionada por un pulsador eléctrico que permite mandar el aire a presión al brazo (7) correspondiente. Antes de la primera válvula (16) hay una desviación hacia las terceras válvulas (18) que, mediante el mando (19) permite descargar el gas a la atmósfera. Estas terceras válvulas (18) podrían realizar la misma misión colocadas en los conductos (10), delante de los sensores de presión (15), pero, la pérdida de carga podría afectar a la medida de presión.

Cada uno de los brazos (7) se conecta, mediante los conductos (10), directamente a sendos sensores de presión (15) que permiten enviar, mediante una señal eléctrica, el correspondiente valor de la presión a un registrador comercial. En la tapa (8), hay un sensor de posición (12), conectado eléctricamente con el mismo registrador comercial.

50

Descripción detallada de la invención

55 Como queda dicho, cuando la trabajabilidad del hormigón o en general un fluido Bingham, se asocia con la operación de bombeo del fluido, es decir, su transporte por tuberías, empleando bombas adecuadas, ninguno de los métodos descritos es capaz de aportar información relevante para determinar si la trabajabilidad se adapta al bombeo. El movimiento del fluido dentro de una tubería se produce por deslizamiento, situación que la presencia de paletas o aletas evitan en los reómetros comerciales.

60

El dispositivo objeto de la presente invención, cuya descripción se da a continuación, permite resolver la problemática expuesta extensamente en los apartados anteriores:

El equipo está constituido por un conjunto de tubos y una unidad de control. El conjunto de tubos está compuesto por tres partes principales: un codo en "U" de tubería y dos brazos cilíndricos rectos (7), del mismo diámetro, que continúan y prolongan los extremos del codo en "U", como se esquematiza en la figura 3. Los brazos (7) rectos pueden estar constituidos, en parte, por material transparente. Las partes se ensamblan con acoples tipo estándar con juntas de goma para dar hermeticidad (bridas 6)

65

ES 2 333 075 A1

En los extremos de los brazos (7) cilíndricos, se colocan tapas herméticas (8) y (9), con conductos (10) y (11), que se comunican con los sensores de presión (15) y la unidad de control, respectivamente. Una de esas tapas herméticas (la 8) está provista de un sensor de posición (12), para determinar la posición del hormigón dentro del brazo recto correspondiente.

5 El brazo (7) se carga con la muestra a ensayar, tras lo cual se colocan los brazos rectos (7), unidos mediante las bridas (6). En los extremos libres de cada brazo recto (7) se colocan las tapas (8) y (9), que se acoplan herméticamente mediante las correspondientes bridas (6). Se inyecta aire en cada una de las ramas del codo en U al pulsar los interruptores que accionan las primeras válvulas (16). La presión máxima del gas en cada rama viene limitada mediante las
10 segundas válvulas (13) de tres vías con sendos manómetros que permiten fijar dicha presión (actuando manualmente sobre el mando 17) de forma que, cuando se sobrepasa, deriva el gas por la tercera vía que se abre a la atmósfera.

En paralelo con las segundas válvulas (13), unidas mediante una (T) a los conductos (11), están las válvulas antirretorno (14) que sólo permiten el paso del gas en un sentido (el marcado) y por tanto permanecen *cerradas*
15 mientras que se inyecta aire en el correspondiente brazo (7). Las dos válvulas se conectan nuevamente a una (T) para, mediante un solo conducto, llegar a la primera válvula (16), accionada por un pulsador eléctrico que permite mandar aire a la presión preestablecida a cada uno de los brazos (7).

En los tramos de conductos que hay entre las segundas válvulas (13) y las primeras válvulas (16) hay sendas derivaciones hacia las terceras válvulas (18) que permiten la descarga del gas del brazo correspondiente (7) cuando se abre, una u otra válvula, manualmente mediante el mando de precisión (19).

El conjunto se completa con un circuito de aire comprimido, que bien puede ser fijo o portátil, ya que se necesita una presión de aire de hasta 0,6 MPa (6 bares), un registrador y un ordenador.

25 Se obtienen registros continuos de la presión en cada brazo recto (7) y la posición relativa del hormigón en el brazo (7) donde se ubica el sensor de posición. Este conjunto de datos, convenientemente tratado, permite obtener parámetros reológicos fundamentales, la viscosidad dinámica y la tensión tangencial de inicio de movimiento, que caracterizan la trabajabilidad de la muestra en situación de bombeo.

30 *Fundamento matemático*

Admitiendo que las suspensiones concentradas de sólidos, a las que se aplica esta invención, se comportan prácticamente según el modelo de Bingham, entonces, a partir de la ecuación general de este modelo (1):

$$\tau = \tau_0 + \eta \cdot \left(\frac{du}{dr} \right) \quad (1)$$

40 y empleando la relación:

$$\tau = \frac{dP}{dx} \cdot \frac{r}{2} \quad (2)$$

que surge de considerar condiciones de movimiento estacionario, en un conducto circular, en posición horizontal, es posible obtener la ecuación que representa el campo de velocidades (3)

$$u = \frac{1}{4\eta} \left(\frac{-dP}{dx} \right) (R^2 - r^2) + \frac{\tau_0}{\eta} (R - r) \quad (3)$$

55 De esta ecuación, y utilizando el oportuno aparato matemático, ajeno a la presente invención, se obtiene finalmente la ecuación (4)

$$\left(\frac{-dP}{dx} \right) = \frac{8 \cdot \eta \cdot Q}{\pi \cdot R^4} - \frac{8 \cdot \tau_0}{3R} \quad (4)$$

65 Siendo:

τ = tensión tangencial

ES 2 333 075 A1

τ_0 = tensión tangencial de inicio de movimiento

η = viscosidad dinámica

5 u = velocidad del fluido en un punto a una distancia r del eje

$\left(\frac{du}{dr}\right)$ = gradiente de velocidades en sentido radial

10 r = distancia del punto al eje de la tubería

R = radio de la tubería

15 x = posición según el eje de la tubería

Q = caudal

20 Si tenemos en cuenta que existe además variación en altura, se debe considerar en la ecuación (4) un término adicional:

25
$$\left(\frac{-\partial P}{\partial x}\right) = \frac{8 \cdot \eta \cdot Q}{\pi \cdot R^4} - \frac{8 \cdot \tau_0}{3R} + \left(\frac{\partial P}{\partial z}\right) \quad (5)$$

De un modo general, la variación de la presión con la altura $\partial P/\partial z$ se asocia con la densidad del fluido y la diferencia entre las alturas que alcanza en los tubos (7) (Δz en la figura 4).

30 Esta ecuación (4), muestra que la pérdida de presión en una tubería es proporcional al caudal Q , que se puede calcular conociendo la sección de la tubería y la velocidad media. La velocidad media del flujo puede derivarse a partir del conocimiento de la posición de la vena fluida y del tiempo. Por tanto, registrando las diferencias de presión y la posición del flujo para intervalos conocidos de tiempo, es posible obtener, mediante la ecuación (5), los parámetros reológicos fundamentales del fluido, tensión tangencial de inicio de movimiento y viscosidad dinámica. El término adicional de la ecuación (5) con respecto a la (4) representa la contribución, a la pérdida de carga, de las fuerzas de masa (gravedad), que será función de la posición del fluido en el brazo (7) correspondiente.

Determinación de los parámetros τ_0 y η

40 Como se acaba de describir, el dispositivo objeto de la presente invención dispone de tres sensores: el sensor de posición (12) que mide el desplazamiento del frente del material cargado en brazo (7) derecho y los dos sensores de presión (15) que miden las presiones instantáneas p_1 y p_2 en los brazos (7) izquierdo y derecho.

45 Estas señales, tras un procesamiento adecuado, permiten calcular los parámetros τ_0 y η . Este procesamiento, por supuesto, puede realizarse de distintas maneras utilizando técnicas convencionales. Al objeto de completar la descripción de la invención, se describe a continuación una de las maneras de realizar dicho procesamiento:

50 *Adaptación de las señales.* Dado que el procesamiento se va a realizar en un ordenador convencional, las señales de los sensores, registradas con la frecuencia adecuada, se almacena en el ordenador. El registrador debe contar con al menos tres canales y una frecuencia de muestreo superior a 10 Hz. Un ejemplo de registrador apto lo constituye el ECON DT 9816 [<http://www.Datx/econ/proa dt9816.htm>].

55 Los datos proporcionados por los sensores se almacenan en el ordenador como un conjunto de cuatro números, donde el primero representa el instante de tiempo, el segundo y tercero se corresponden con las presiones en cada rama de la U y el último, con la posición de la superficie libre del fluido para el instante correspondiente; para cada instante de tiempo existe un conjunto de datos, los que junto con el radio R del tubo y de la densidad del fluido, son suficientes para obtener, mediante la aplicación de cálculos convencionales, los valores de tensión tangencial de inicio de movimiento y viscosidad dinámica del fluido.

60 *Programa de cálculo.* Este programa empezará por pedir:

- el radio de los brazos (7),
- tiempo inicial y final en el que se realizará el cálculo,
- incrementos de tiempo, Δt , en los que se dividirá el intervalo elegido.

ES 2 333 075 A1

Y debe comprender los siguientes algoritmos:

- *Algoritmo de filtrado.* Es necesario, para poder realizar los cálculos eliminar el “ruido” debido a las fluctuaciones de la señal recibida.
- *Algoritmo de cálculo.* Se realiza con herramientas de cálculo convencionales y comprende a su vez las siguientes etapas:
 1. Cálculo del valor medio de $\Delta p = p_1 - p_2$ en cada tiempo t .
 2. Cálculo del valor medio $\Delta z/2$ del desplazamiento del frente de hormigón en la rama derecha del brazo (7) en este intervalo, como diferencia de valores sucesivos en el registro de posición.
 3. Representación gráfica de valores obtenidos.
 4. Selección de períodos a evaluar, los que excluyen el registro del cambio de sentido en el movimiento del fluido (picos y valles). Estos períodos se subdividen en intervalos de tiempo indicados como Δt .
 5. Cálculo de $p_m = 2\Delta p/\Delta z$ en intervalos de tiempo convenientes.
 6. Cálculo de la velocidad media correspondiente a esos mismos intervalos $V_m = \Delta z/2\Delta t$
 7. Cálculo de $Q_m = V_m \cdot \pi \cdot R^2$.
 8. Ajuste de las parejas de valores p_m y Q_m calculados para cada intervalo a una ecuación lineal del tipo $p_m = mQ + k$, que nos permite conocer m y k . La componente de masa de la presión es posible conocerla instante a instante y se incorpora automáticamente a la constante k .
 9. Finalmente, comparando esta ecuación con la (5) se calcula $\eta = \pi R^4 m/8$ y $\tau_0 = 3kR/8$.

REIVINDICACIONES

5 1. Dispositivo para la determinación de la aptitud para el bombeo de suspensiones concentradas de sólidos tales como el hormigón fresco **caracterizado** porque comprende:

- una unidad de control,
- un codo en U,
- 10 • dos brazos (7) cilíndricos rectos, adaptados para ser fijados herméticamente a los extremos del codo en U y adaptados para ser cargados con la suspensión,
- unos sensores de presión (15) adaptados para detectar la presión en cada uno de los brazos (7),
- 15 • un sensor de posición (12) adaptado para detectar la posición de la suspensión dentro del brazo recto (7) correspondiente
- sendas tapas (8, 9) herméticas, dispuestas en los extremos libres de los brazos (7) cargados con la suspensión,
- 20 • un circuito de aire comprimido adaptado para producir el movimiento de la suspensión en el interior de los brazos (7),
- 25 • un registrador, dotado de al menos tres canales, y
- un ordenador adaptado para el almacenamiento y el procesamiento de los datos captados por los sensores de presión (15) y el sensor de posición (12).

30 2. Dispositivo para la determinación de la aptitud para el bombeo de suspensiones concentradas de sólidos de geometría variable tales como el hormigón fresco según la reivindicación 1 **caracterizado** porque en el codo en U los dos brazos cilíndricos (7) rectos están constituidos, en parte, por material transparente.

35 3. Dispositivo para la determinación de la aptitud para el bombeo de una suspensión concentrada de sólidos tal como el hormigón fresco, de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque el sensor de posición (12) está dispuesto en una de las tapas (8, 9).

40 4. Dispositivo para la determinación de la aptitud para el bombeo de suspensiones concentradas de sólidos de geometría variable tales como el hormigón fresco según la reivindicación 1 **caracterizado** porque comprende:

- una segunda válvula (13) de tres vías, con regulación manual de presión y en paralelo con ella una válvula antirretorno (14), estando dicha segunda válvula (13) adaptada para derivar por su tercera vía en caso de sobrepasarse una presión previamente regulada,
- 45 • al menos una tercera válvula (18) de regulación manual fina. de descarga del gas que se ha inyectado en los brazos, y
- al menos una primera válvula (16), accionada por un pulsador eléctrico, adaptada para mandar aire comprimido, a una presión preestablecida, hacia el correspondiente brazo (7) cargado de suspensión.
- 50

55 5. Dispositivo para la determinación de la aptitud para el bombeo de suspensiones concentradas de sólidos de geometría variable tales como el hormigón fresco según la reivindicación 1 **caracterizado** porque el registrador posee una frecuencia de muestreo superior a 10 Hz.

60 6. Procedimiento para la determinación de la aptitud para el bombeo de suspensiones concentradas de sólidos, tal como hormigón fresco, por medio del empleo del dispositivo descrito en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque comprende las etapas de:

- introducción por medio del registrador y almacenamiento en el ordenador del valor del radio de los brazos (7) y de la densidad de la solución;
- inyección de aire a cada uno de los brazos (7) mediante el circuito de aire comprimido para producir el movimiento del hormigón dentro de dichos brazos (7);
- 65 - regulación de la presión ejercida por el hormigón dentro de los brazos (7) mediante las válvulas (13, 14, 16); y

ES 2 333 075 A1

- captación por medio del registrador, para un conjunto finito de instantes, de los datos de presión y desplazamiento recogidos por los sensores (12, 15) para la determinación, mediante el ordenador, de la viscosidad dinámica y la tensión tangencial de inicio de movimiento asociados a la solución.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

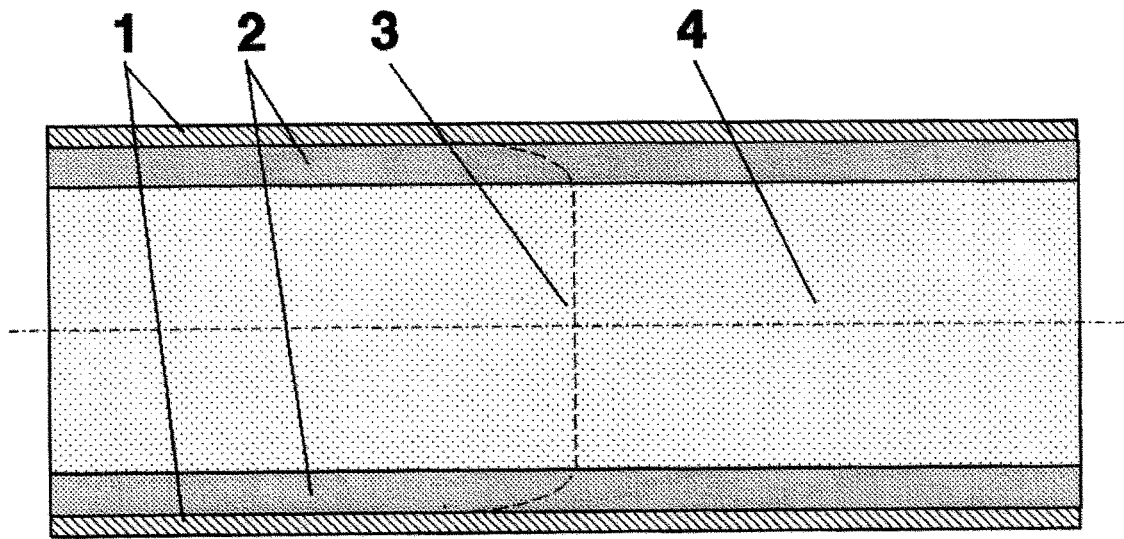


Figura 1

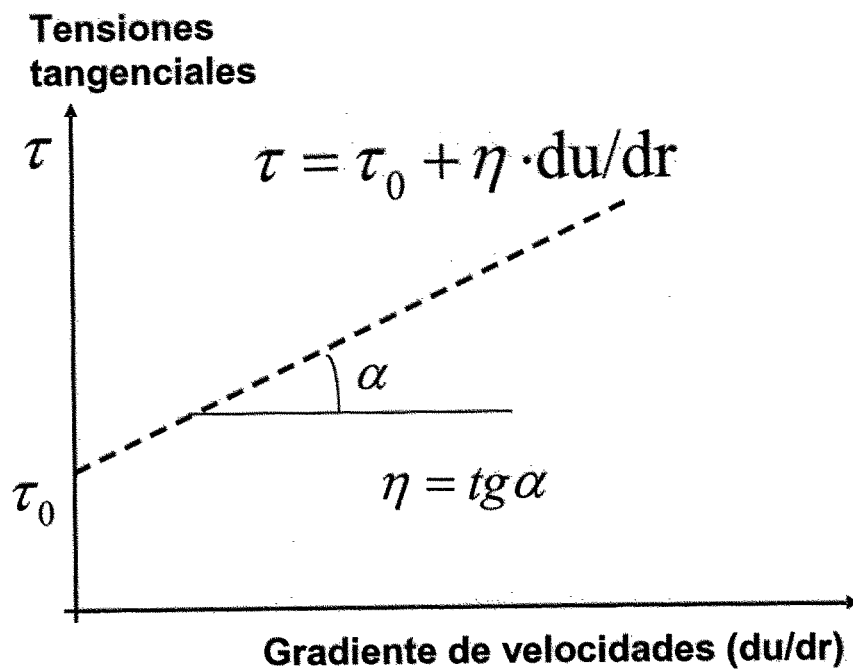


Figura 2

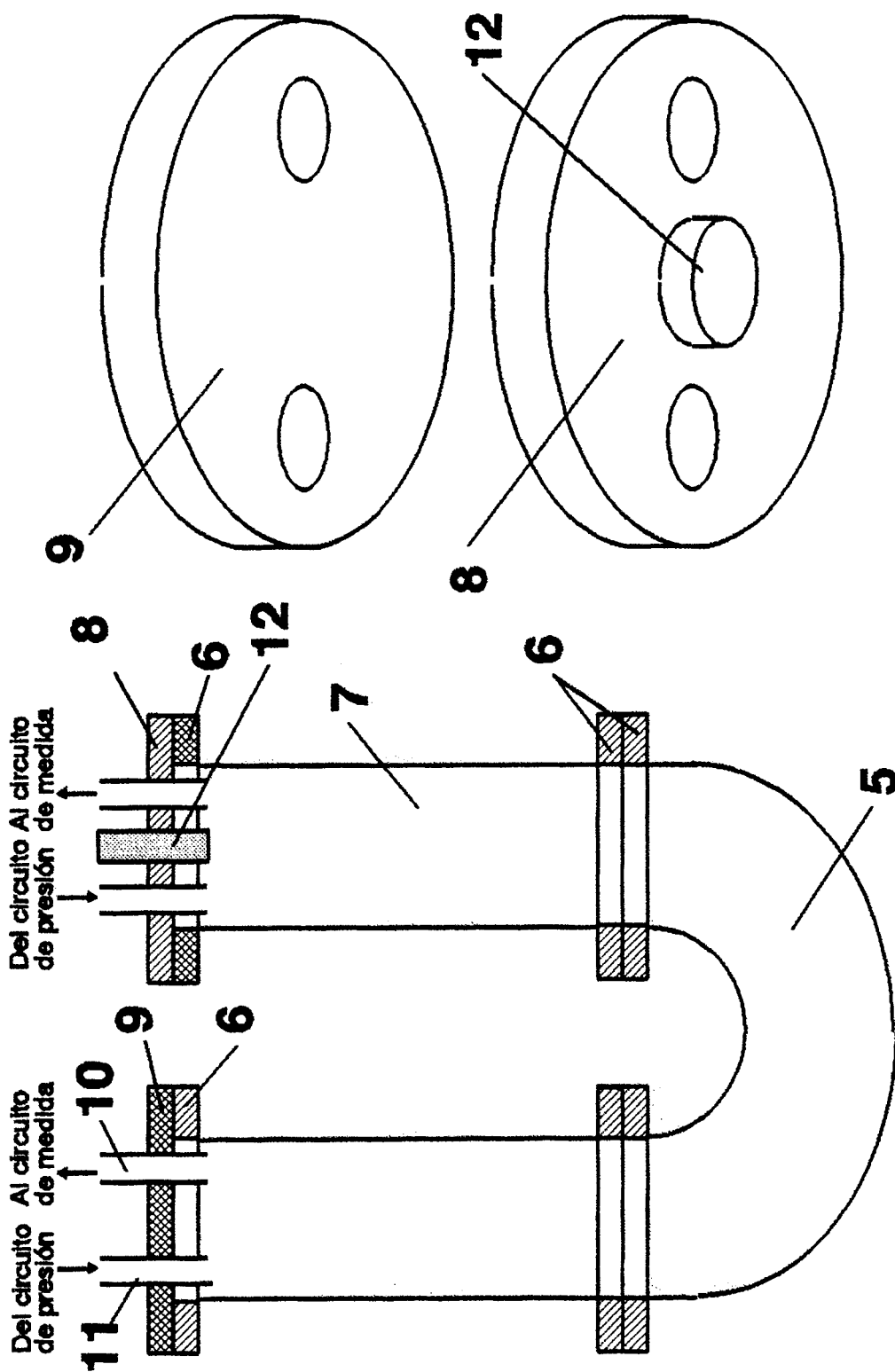


Figura 3

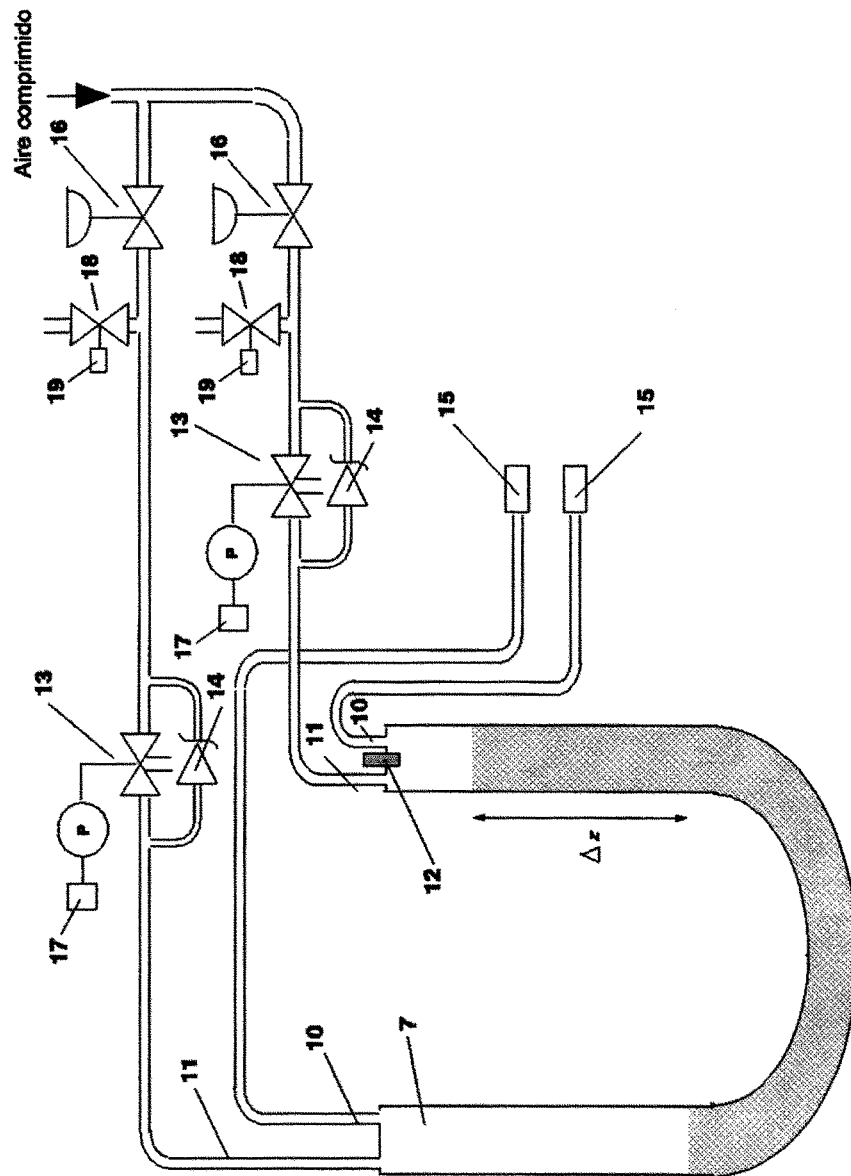


Figura 4



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 333 075

② Nº de solicitud: 200700620

③ Fecha de presentación de la solicitud: 08.03.2007

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: G01N 11/08 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | ⑥ Documentos citados | Reivindicaciones afectadas |
|-----------|---|----------------------------|
| Y | EP 1445599 A1 (RAFAILIDIS STILIANOS; ZHENMIAO XU; KARAPANTSIOS THEODOROS) 11.08.2004, párrafos [0001]-[0016],[0020]-[0026]; reivindicaciones. | 1-6 |
| Y | FR 2588959 A1 (RAFFINAGE CIE FRANCAISE) 24.04.1987, página 2, línea 21 - página 8, línea 27. | 1-6 |
| A | US 4691558 A (VINSON et al.) 08.09.1987, columna 2, líneas 25-60; columna 3, línea 20 - columna 6, línea 61; columna 7, línea 35 - columna 8, línea 36. | 1-6 |
| A | DE 19543408 A1 (TAEMA) 30.05.1996, resumen. | 4 |

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

29.01.2010

Examinador

B. Tejedor Miralles

Página

1/5

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, XPESP, XPIEE, XPAIP

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 29.01.2010

Declaración

| | | |
|--|----------------------|-----------|
| Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986) | Reivindicaciones 1-6 | SÍ |
| | Reivindicaciones | NO |
| Actividad inventiva (Art. 8.1 LP 11/1986) | Reivindicaciones | SÍ |
| | Reivindicaciones 1-6 | NO |

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de **aplicación industrial**. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión:

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como ha sido publicada.

1. Documentos considerados:

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

| Documento | Número Publicación o Identificación | Fecha Publicación |
|-----------|-------------------------------------|-------------------|
| D01 | EP 1445599 A1 | 11-08-2004 |
| D02 | FR 2588959 A1 | 24-04-1987 |
| D03 | US 4691558 A | 08-09-1987 |
| D04 | DE 19543408 A1 | 30-05-1996 |

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Reivindicación 1:

El documento considerado como el estado de la técnica más cercano al objeto de la invención es el documento D01. Divulga un reometro para la medida de la viscosidad dinámica en distintos materiales, que consta de un tubo en U de dos brazos idénticos (4; D01), una unidad de generación de presión de aire (2; D01), sensores de presión (3, 7; D01); ordenador y registrador (columna 4, línea 34 y columna 11, líneas 18-21; D01). Se diferencia del documento base en que no dispone de un sensor de posición, ya que obtiene el dato del desplazamiento del volumen del material de forma indirecta. El efecto técnico que se consigue es realizar una medida directa de la posición del material. El problema técnico objetivo a resolver es como medir el desplazamiento del material dentro del tubo en U. El documento D02 divulga un aparato de medida del punto de fluencia. Comprende un tubo en U (10; D02), un circuito de aire comprimido (16; D02) y un sensor de desplazamiento (22; D02) con el que se resuelve el mismo problema técnico planteado. Por lo tanto, el experto en la materia combinaría ambos documentos para obtener las características técnicas de la primera reivindicación. Así, la primera reivindicación carecería de actividad inventiva según el artículo 8 de la ley de patentes 11/1986.

Reivindicaciones dependientes 2-5:

Las reivindicaciones dependientes presentan falta de actividad inventiva según el artículo 8 de la ley de patentes 11/1986.

La reivindicación 2 se refiere a que el tubo en U está constituido en parte por un material transparente. El hecho de utilizar un tubo en U en material transparente parece ser una opción de diseño. Por otro lado, esta opción también ha sido considerada en el documento D02 (página 6, línea 13). Por lo que dicha reivindicación no presenta actividad inventiva.

La reivindicación 3 expresa que el sensor de posición se sitúa en una de las tapas herméticas. El lugar donde sitúe el sensor de posición es una mera opción de diseño para un experto en la materia. Así, dicha reivindicación no implica actividad inventiva.

La reivindicación 4 expresa las distintas válvulas empleadas en la instalación. Se considera que los elementos reivindicados son ampliamente conocidos en el campo de la instalaciones de aire comprimido y, su disposición es una mera ejecución particular obvia para un experto en la materia. Por ejemplo, el documento D02 utiliza en su instalación una válvula de tres vías y una electroválvula. El documento D03 utiliza en su instalación válvulas para derivar una sobrecarga, válvulas para mantener cerrado el circuito de aire, válvulas de seguridad. El documento D04 reivindica una instalación para el suministro de aire que incluye un compresor de aire, una válvula de no retorno, una válvula de tres vías, válvula para la derivación en caso de sobrepresión. Por lo tanto, dicha reivindicación carece de actividad inventiva.

La reivindicación 5 expone que el registrador posee una frecuencia de muestreo superior a 10 Hz. En los documentos D01, D02 y D03 se utilizan registradores de las señales de los sensores de presión y/o desplazamiento sin expresar cual es la frecuencia de muestreo. En la descripción no se expone una razón por la que la frecuencia de muestreo deba ser igual o superior a 10 Hz, pero si se indica un posible módulo de adquisición de datos que se encuentra en el mercado. Por lo tanto, el experto en la materia consideraría que se trata de una opción de diseño sobre los equipos empleados en la instalación, por lo que dicha reivindicación presentaría falta de actividad inventiva.

Hoja adicional

Reivindicación independiente 6:

La reivindicación 6 expone las fases del procedimiento reivindicado. El documento D01 contempla las fases de introducción en el ordenador del valor del radio de los brazos y de la densidad de la solución; inyección de aire a cada uno de los brazos; regulación de la presión; captación por medio del registrador de los datos de presión (párrafos [0023]-[0026]; D01). Se diferencia del documento base en que no registra los datos de posición del material dentro del tubo en U. El documento D02 expone que se mide y se registra todo el desplazamiento del producto en uno de los brazos (página 2, líneas 27-31; reivindicación 1). Por lo tanto, se considera que un experto en la materia combinaría los documentos D01 y D02 del estado de la técnica para obtener las fases del procedimiento reivindicado y tener una expectativa razonable de éxito. Por lo tanto, la reivindicación 6 no presenta actividad inventiva según el artículo 8 de la ley de patentes 11/1986.