



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 316 309**

② Número de solicitud: 200801365

⑤ Int. Cl.:

G01P 5/00 (2006.01)

G09B 9/00 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

⑫ Fecha de presentación: **12.05.2008**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **01.04.2009**

Fecha de la concesión: **12.02.2010**

⑮ Fecha de anuncio de la concesión: **25.02.2010**

⑮ Fecha de publicación del folleto de la patente:
25.02.2010

⑰ Titular/es: **Universidad Politécnica de Madrid
c/ Ramiro de Maeztu, 7
28040 Madrid, ES**

⑱ Inventor/es: **Jiménez Fernández, Javier;
García Llama, Agustín y
Sánchez Alejo, Francisco Javier**

⑳ Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

⑳ Título: **Equipo para regulación y visualización de transición entre regímenes laminar y turbulento de un fluido.**

㉑ Resumen:

Equipo para regulación y visualización de transición entre regímenes laminar y turbulento de un fluido.

Se propone un sistema didáctico experimental para la regulación y visualización de la transición entre regímenes laminar y turbulento en flujos de líquidos en conductos de sección circular. Consiste en un depósito o cubeta (1) que contiene un líquido (2) que es evacuado a través de un tubo de descarga (5) que dispone de una tobera (6) a su entrada y una válvula de descarga (7) a la salida. El nivel del líquido en el depósito es regulado por una válvula (3) y un sensor de nivel (4). Delante de la tobera se inyecta un caudal de colorante (10) a través de una aguja (13) que fluye desde un depósito (11) regulado con una válvula (12). El líquido desalojado, junto con el colorante, es medido por un caudalímetro (8) y recogido en un depósito de descarga (9). Dispone de varios accesorios de control y automatización del experimento.

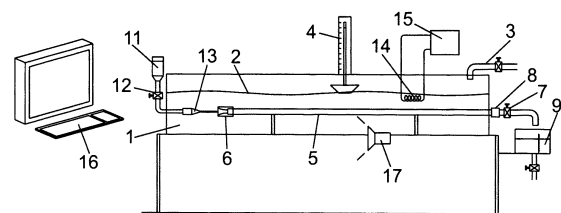


FIG. 2

ES 2 316 309 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Equipo para regulación y visualización de transición entre regímenes laminar y turbulento de un fluido.

5 Objeto de la invención

La presente invención se refiere a un equipo capaz de regular un caudal de líquido a través de una tubería transparente de sección circular e inyectar en ella un pequeño flujo continuo de un tinte o colorante, controlando todos los parámetros y variables que intervienen en el experimento. Cuando el líquido circula en régimen laminar a través de la tubería, la traza de colorante forma una línea continua a lo largo del eje del conducto, pero cuando el flujo es turbulento, la tinta empieza a formar torbellinos e hilos divergentes, acabando por diluirse en él. De esta manera se puede ir regulando la velocidad de circulación del fluido mientras se observa el paso de la tinta a través de la tubería, identificando la transición entre flujo laminar y turbulento por el comportamiento de la traza de colorante.

15 Antecedentes de la invención

El distinto comportamiento de los fluidos cuando circulan por un conducto o tubería es conocido desde la antigüedad, aunque no fue hasta 1883, cuando O. Reynolds publicó los resultados de una serie de experimentos estableciendo la relación empírica que existe entre el tipo de flujo y la velocidad media del fluido, su densidad, su viscosidad y el diámetro de la tubería por la que circula. Los experimentos de Reynolds constituyen la primera demostración empírica de la existencia de dos tipos de flujo y de su transición para un valor dado de una combinación de parámetros, y demostró empíricamente que la transición del régimen laminar a turbulento se produce para un determinado valor de dicho parámetro, hoy conocido como número de Reynolds.

Aunque no es fácil encontrar en la naturaleza fluidos en régimen laminar, como la sangre en las venas y capilares del cuerpo humano, la enorme importancia que para la industria y la bioingeniería tiene el tipo de circulación de los fluidos está en consonancia con la necesidad de explicar a los estudiantes de ingeniería sus principios físicos y su modo de acondicionamiento. Por este motivo, éste es un problema fundamental de la mecánica de fluidos, y está presente en todos los programas de escuelas de ingeniería.

Sin embargo, no resulta sencilla ni barata la realización de una maqueta versátil que simule el experimento de Reynolds, en donde los alumnos puedan regular los distintos parámetros que intervienen en su ecuación a la vez que visualizan los resultados.

Existen algunos equipos y materiales destinados a la educación y la demostración en el campo de los fluidos, que han sido protegidos mediante patente, y se recogen principalmente en los epígrafes G09B (Material Educativo o de demostración), G01B (Medida de nivel de líquidos) y G01F (Medida del volumen, flujo volumétrico, flujo másico o nivel de líquidos) de la Clasificación Internacional de Patentes, aunque otros, sin estar protegidos por títulos de propiedad industrial, figuran en catálogos comerciales y pueden comprarse a proveedores especializados. Otros epígrafes donde se han localizado patentes que podrían tener algo que ver con la presente son B05B1, F03D1, F23J13 o el F24B1.

En ninguna de estas fuentes consultadas ha aparecido ningún equipo para la regulación y visualización de la transición entre los regímenes laminar y turbulento de un fluido como el que se describe a continuación ni ninguna solución para facilitar de forma efectiva los problemas descritos.

Existen algunas patentes de equipos didácticos para la enseñanza de la hidráulica. Por ejemplo, ES-U-223.127 describe un equipo para la demostración y enseñanza de equipos electrohidráulicos, y ES-U-1.018.332 muestra una maqueta didáctica para demostraciones hidráulicas. Estas y otras referencias analizadas presentan equipos pensados para la enseñanza de principios hidráulicos, pero en ningún momento plantean la regulación y visualización del tipo de régimen, y menos aún un equipo para lograrlo.

Dada la importancia de la enseñanza de este problema básico de mecánica de fluidos en las carreras técnicas, algunos fabricantes de equipos didácticos de laboratorio tienen en sus catálogos ciertos aparatos que tratan de mostrar a los estudiantes la transición de flujo laminar a flujo turbulento en un conducto. Después de analizar todos estos equipos, y tras utilizar alguno de ellos, se puede afirmar que ninguno permite la correcta regulación y visualización del régimen laminar en un conducto, y que carecen por completo de las características y ventajas del equipo que aquí se describe. De hecho, su clara inadecuación al objetivo pretendido es el origen de esta invención.

El objetivo principal pretendido con la invención es la visualización del régimen laminar -difícilmente observable de forma espontánea en la naturaleza- y de la transición a turbulencia. Se pretende igualmente la determinación empírica del valor crítico del número de Reynolds para el que se produce la transición.

Otros objetivos importantes pretendidos son la versatilidad de la instalación, la repetibilidad de los ensayos, el bajo coste del conjunto y la sencillez de utilización, características necesarias en un equipo con fines didácticos.

ES 2 316 309 B2

Descripción de la invención

La invención que se ha desarrollado para resolver los problemas expuestos y satisfacer los objetivos planteados es un sistema formado por un depósito transparente de líquido que es llenado por un grifo o electroválvula y cuyo nivel de llenado se puede visualizar constantemente gracias a un nivel o flotador. Para vaciar el depósito, el agua contenida debe pasar por un tubo recto de sección circular de descarga igualmente transparente situado horizontalmente a lo largo del depósito y que lo atraviesa hacia el exterior por una de sus paredes, acabando en un grifo o electroválvula que lleva el líquido hacia un depósito de descarga graduado.

La velocidad de paso del fluido a través del tubo de descarga, una vez abierta la válvula de descarga, se puede variar según el nivel de llenado del depósito, que impondrá mayor o menor presión manométrica a la entrada, y por tanto, mayor o menor velocidad de descarga. La velocidad de circulación del fluido se puede medir directamente por un caudalímetro colocado en el tubo de descarga o indirectamente por la medición del volumen recogido en el depósito de descarga durante un periodo medido de tiempo.

Para facilitar la modulación del flujo de agua, evitando el crecimiento de las perturbaciones de magnitud finita que se generan en un tubo de entrada brusca, que provocan un régimen turbulento con un bajo número de Reynolds, en la entrada del tubo de descarga se sitúa una tobera. Después de ensayar con numerosos tipos y tamaños de toberas, se ha llegado a la conclusión de que la que mejor regula el paso del agua en este experimento es la de revolución de cuarto de elipse con un diámetro de entrada D ligeramente mayor que el doble del diámetro interior del tubo d , y una longitud de transición o radio mayor de la elipse igual a dos veces y media el diámetro interior d .

Dado que el fluido ensayado habitualmente es agua, naturalmente incolora, la mejor manera de conocer su estado de flujo laminar o turbulento es incorporar en su seno una traza de un líquido colorante o tinta que pueda ser visualizado por contraste. Este colorante ha de tener una densidad y viscosidad idéntica a la del líquido ensayado, y ha de poderse suministrar en finos caudales. Una densidad menor que la del fluido provocaría que la traza empezara a pegarse por flotación a la parte superior del tubo de descarga, anulando el experimento. De manera análoga, una densidad mayor provocaría el hundimiento de la traza hacia la parte inferior del tubo.

Tras el ensayo con numerosos tintes y colorantes a diferentes densidades y concentraciones, se llegó a la conclusión de que la tinta idónea era una preparación del colorante alimenticio comercial "carmelina 132-124" preparado en una disolución de 0,004 g por cada centímetro cúbico de agua. Dispuesta en esta concentración, la disolución formada después de agitar la mezcla es de color rojo, y conserva una densidad y viscosidad prácticamente idéntica a la del agua.

El preciso suministro de la tinta o colorante es también un aspecto crítico para la adecuada reproducción del experimento, y está condicionado por múltiples variables cuyo correcto ajuste necesitó de numerosas pruebas y reglajes hasta llegar a la situación óptima. La tinta se encuentra almacenada en un depósito adjunto al depósito del fluido, penetrando en éste a través de una tubería dotada de una válvula de cierre, y acabada en una aguja capilar que deposita la tinta en la misma boca de la tobera. Para que la traza corra adecuadamente por el interior del tubo debe existir una total alineación de la aguja capilar con el eje del tubo. De esta manera, el agua del depósito que entra en el tubo a través de la tobera succiona y arrastra la tinta hacia su interior.

Para poder modificar la temperatura del fluido, la cual afecta a los parámetros del experimento, el depósito puede disponer de una resistencia eléctrica o de un calderín conectado con un intercambiador de calor, que permite tanto aumentar como disminuir la temperatura del fluido. De igual manera dispone de un termómetro y un programador que regula de manera automática dicha temperatura.

Todo el conjunto está gobernado adicionalmente por un sistema informático que controla de manera automática la cantidad de fluido del depósito y la velocidad a través del tubo de descarga, su temperatura, el comienzo del suministro de la tinta, la apertura de la válvula de descarga, de la misma manera que informa de la velocidad del fluido por el interior del tubo y calcula el número de Reynolds en cada momento.

Igualmente puede disponer de una cámara de vídeo tipo web cam que permite visualizar la traza de tinta a lo largo del tubo de descarga, y de un programa informático que permite el accionamiento remoto del sistema a través del ordenador, de manera que los alumnos pueden realizar este experimento durante prácticas programáticas, manejando el dispositivo desde sus casas donde podrán visualizar y registrar en todo momento los resultados.

Descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, 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:

Figura 1.- Muestra la invención en su estado más simple, donde se observa el depósito del fluido, con el tubo de descarga y el suministro de tinta.

ES 2 316 309 B2

Figura 2.- Muestra el mismo sistema que el mostrado en la figura anterior, pero al que se le han añadido los subsistemas accesorios de llenado del depósito y el de acondicionamiento térmico, así como el ordenador que controla el conjunto y la cámara que visualiza los resultados.

5 Figura 3.- Muestra una sección de la tobera con el tubo de descarga.

Realización preferente de la invención

10 La realización específica que a continuación se considera es una de entre las muchas que la presente invención puede adoptar. En las figuras puede observarse cómo el sistema está formado por un depósito (1) de cristal transparente que es llenado por un grifo (3) accionado por una electroválvula que mantiene un volumen constante de líquido (2) gracias a un nivel (4) de flotador.

15 Dentro del depósito existe un tubo de sección circular de descarga (5) de policarbonato transparente situado horizontalmente a lo largo de él, atravesándolo hacia el exterior y acabando en un grifo (7) accionado por una electroválvula de descarga. El tubo de descarga empieza en una tobera de cuarto de elipse (6), y dispone de un caudalímetro (8) en su parte final. Todo el líquido evacuado del depósito es recogido en un depósito de descarga (9).

20 Para la visualización de las perturbaciones del fluido existe un depósito (11) de un colorante (10) que, tras pasar por una válvula (12) de apertura entra en el depósito del fluido y es situado en la boca de la tobera a través de una aguja (13) capilar, que deja pasar una leve traza de tinta por el interior del tubo de descarga cuando el depósito se está descargando.

25 Para poder modificar la temperatura del fluido, la cual afecta a los parámetros del experimento, el depósito dispone de una resistencia o un calderín (14) conectado con un intercambiador de calor, que permite tanto aumentar como disminuir la temperatura del fluido. De igual manera dispone de un termómetro-programador (15) que regula de manera automática dicha temperatura.

30 El sistema de acondicionamiento térmico del fluido está formado por una resistencia eléctrica y por un termostato-programador que controla el proceso.

35 Además, dispone de un ordenador (16) que gobierna el conjunto e informa de los parámetros en los que se está realizado el experimento, y que permite el accionamiento remoto del sistema visualizando en todo momento los resultados gracias a una cámara (17) tipo webcam que enfoca directamente al tubo de descarga.

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Equipo para regulación y visualización de transición entre regímenes laminar y turbulento de un fluido, **carac-**
5 **terizado** porque comprende un depósito (1) transparente de líquido que dispone de un tubo, redondo de descarga (5)
transparente situado horizontalmente a lo largo del depósito (1) y que atraviesa el depósito (1) hacia el exterior por
una de sus paredes, acabando en un grifo (7) que permite la evacuación del fluido hacia un depósito de descarga (9)
graduado, estando situado en el extremo interior del tubo de descarga (5) una tobera (6) de revolución de cuarto de
10 elipse, con un diámetro de entrada D ligeramente mayor que el doble del diámetro interior del tubo d, y una longitud
de transición o radio mayor de la elipse igual a dos veces y media el diámetro interior d.

2. Equipo para regulación y visualización de transición entre regímenes laminar y turbulento de un fluido según la
reivindicación 1, **caracterizado** porque el equipo además comprende un depósito de tinta (11) formada por una diso-
15 lución colorante alimenticio comercial carmelina 132-124 o similar preparada en una disolución de aproximadamente
0,004 g por cada centímetro cúbico de agua, que descarga por una tubería dotada de una válvula (12) de apertura y
que entra en el depósito acabando en una aguja (13) capilar alineada con el tubo de descarga (5), y con punta situada
en la boca de la tobera.

3. Equipo para regulación y visualización de transición entre regímenes laminar y turbulento de un fluido según
20 cualquiera de en la las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** porque la cantidad de líquido del depósito (1) es regulada
por una electroválvula (3) que recibe la orden de apertura o cierre por un regulador de nivel (4), disponiendo el tubo
de descarga (5) de un caudalímetro (8) que mide la velocidad del fluido dentro del mismo, existiendo una resistencia
eléctrica o un calderín (14) conectado con un intercambiador de calor, que permite tanto aumentar como disminuir
25 la temperatura del fluido, así como de un termómetro (15) y un programador que regula de manera automática dicha
temperatura, y además porque todo el conjunto está gobernado por un sistema informático (16) que controla de manera
automática y centralizada la cantidad de fluido del depósito (1) y su velocidad a través del tubo de descarga (5), su
temperatura, el suministro de la tinta, la apertura de la válvula de descarga a través de una electroválvula, y que permite
el control remoto del experimento gracias a una cámara de vídeo (17) que muestra el flujo de la tinta por el interior del
30 tubo de descarga.

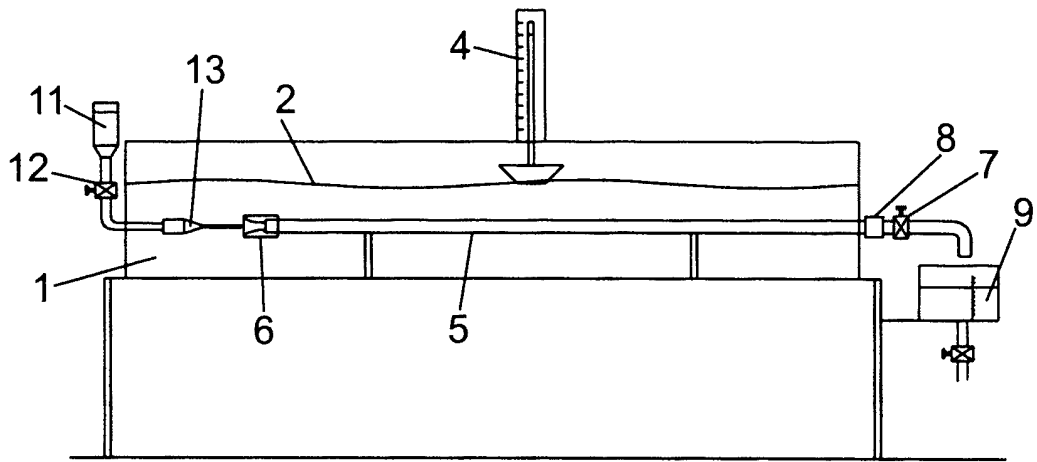


FIG. 1

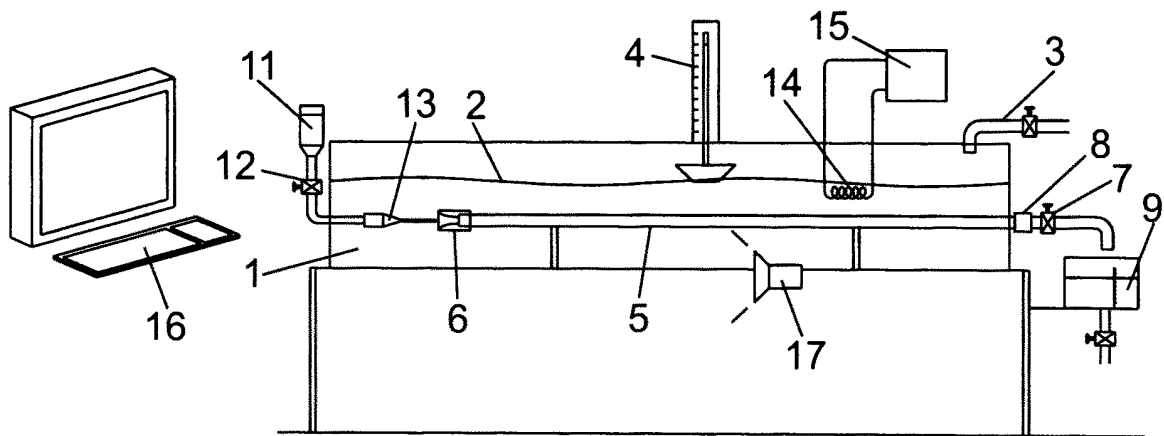


FIG. 2

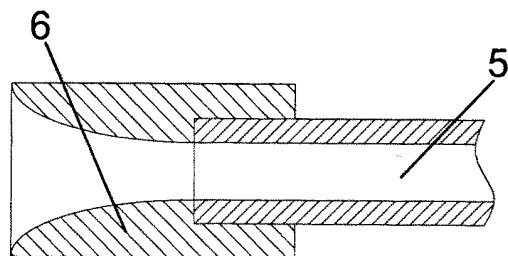


FIG. 3



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 316 309

② N° de solicitud: 200801365

③ Fecha de presentación de la solicitud: **12.05.2008**

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **G01P 5/00** (2006.01)
G09B 9/00 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 4487075 A (KARIDIS) 11.12.1984, columna 3, líneas 15-45; figura 1.	1-3
A	WO 03019200 A1 (RICARDO CONSULTING ENG et al.) 06.03.2003, todo el documento.	1-3
A	US 3869909 A (HALE et al.) 11.03.1975, todo el documento.	1-3

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
20.02.2009

Examinador
A. Pérez Igualador

Página
1/1