

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 379 935**

21 Número de solicitud: 200900732

51 Int. Cl.:

B01D 45/08 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

17.03.2009

43 Fecha de publicación de la solicitud:

07.05.2012

Fecha de la concesión:

11.03.2013

45 Fecha de publicación de la concesión:

22.03.2013

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE HUELVA
C/ Dr. Cantero Cuadrado, 6
21071 Huelva (Huelva) ES**

72 Inventor/es:

**MORENO LÓPEZ, María José y
SÁNCHEZ DOMÍNGUEZ, Urbano**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

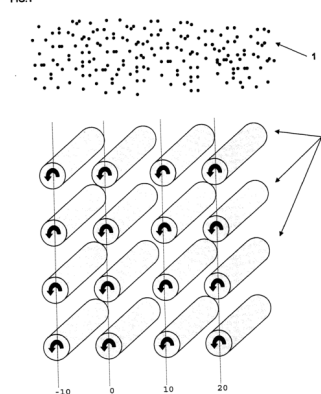
54 Título: **PROCEDIMIENTO DE SEPARACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS EN UN FLUIDO.**

57 Resumen:

Procedimiento de separación y clasificación de partículas suspendidas en un fluido.

Método de separación y clasificación de partículas suspendidas en el seno de un fluido mediante la aplicación de un campo de vorticidad periódico. De acuerdo con el procedimiento descrito se consigue separar y, dependiendo de las condiciones específicas de aplicación del campo de vorticidad, también clasificar las partículas en función de su inercia.

FIG.1



ES 2 379 935 B1

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de separación y clasificación de partículas suspendidas en un fluido.

5 La presente invención se enmarca dentro de la mecánica de fluidos, en el sector técnico de la separación y clasificación de partículas suspendidas en el seno de un fluido.

10 Con aplicaciones tales como la limpieza de gases, la clasificación de partículas por tamaño, la eliminación de partículas de vertidos líquidos (por ejemplo, depuración de aguas residuales industriales), purificación de entornos de trabajo contaminados por partículas (por ejemplo, zonas de molienda, trituración, molturación, etc., en sectores tales como químicos, alimentarios o agrícolas), o la recuperación de partículas de carácter valioso (por ejemplo, pulido de metales preciosos).

Estado de la técnica anterior

15 La presencia de flujos multifásicos dispersos es muy común en el entorno medioambiental y en muchos procesos industriales. Por citar algunos ejemplos se podría mencionar la minería, el polvo resultante de la erosión, los residuos de las combustiones, procesos de Ingeniería Química, etc. Por tanto los procesos de separación de partículas de un fluido y su clasificación constituyen en la actualidad un importante campo de investigación [Frank T. H., Wassen E., Yu Q. & Schneider J., Proceedings of the 3rd ASME/JSME Joint Fluids Engineering Conferences, 1999] y de aplicación.

20 Algunos métodos usualmente utilizados incluyen la supresión de la producción de polvo, aceleración de la sedimentación de partículas, ventilación [Dawson J. R., J. Agricultural Eng. Res. 47, pp. 235-248, 1990] o bien el empleo de filtros, precipitadores electrostáticos [Veenhuizen M. A. & Bundy D. S., ASAE paper n° 904066, 1990] y ciclones [Frank T. H., Wassen E., Yu Q., CD-Rom Proceedings of the 3rd International Conference on Multiphase Flow, paper n° 217, pp. 1-8, 1998; Ogawa A., Sugiyama K. & Nagasaki K., Filtech Conference, pp. 627-640, 1993].

30 Estos métodos existentes de separación de partículas son útiles en situaciones muy particulares y específicas, disminuyendo su rendimiento ante pequeñas desviaciones de su situación de rendimiento óptimo y además no resulta fácil la clasificación de las partículas separadas según su tamaño o densidad. Por ello sería deseable el desarrollo de una tecnología flexible ante la variación de las condiciones de funcionamiento y que además permitiera la clasificación de partículas de diferentes características suspendidas en diferentes fluidos.

Descripción de la invención

35 El proceso de la presente invención aporta, frente a los procedimientos conocidos, una nueva técnica de separación y clasificación de partículas suspendidas en un fluido mediante el empleo de un campo de vorticidad periódico, teniendo como ventajas la clasificación de las partículas separadas según su tamaño o densidad, así como la flexibilidad ante las distintas condiciones de funcionamiento y ante las diferentes características de las partículas y del fluido; con el consiguiente ahorro económico y mayores facilidades de recuperación y eliminación de partículas.

45 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, ésta proporciona un procedimiento de separación de partículas suspendidas en un fluido y de clasificación de las mismas por la aplicación de un campo de vorticidad periódico inducido en el fluido. De este modo, con la aplicación del campo de vorticidad periódico en el fluido, se consigue la separación y, en función de las condiciones de aplicación del mismo, la clasificación de las partículas suspendidas en el fluido en función de su inercia.

50 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona el uso de un campo de vorticidad periódico inducido en un fluido en la limpieza de gases, la clasificación de partículas por tamaño, la eliminación de partículas de vertidos líquidos, purificación de entornos de trabajo contaminados por partículas o en la recuperación de partículas de carácter valioso.

55 En el contexto de la presente invención, el término “inercia” debe ser entendido como la propiedad de las partículas de no modificar su estado de movimiento si no es por la acción de una fuerza.

60 El término “velocidad angular o de giro” hace referencia al ángulo descrito en la unidad de tiempo por cualquier elemento infinitesimal del fluido al girar alrededor del eje de un vórtice.

El término “vorticidad” hace referencia al doble de la velocidad angular a la que un elemento infinitesimal de fluido gira como sólido rígido alrededor de un punto considerado.

65 El término “campo de vorticidad periódico” hace referencia a la región del espacio en la que a cada punto le corresponde un determinado valor de la vorticidad, repitiéndose dicho valor de modo periódico en las direcciones horizontal y vertical.

De modo que, se entiende que es equivalente separar o clasificar las partículas en función de su inercia que hacerlo en función de su tamaño o su densidad, puesto que:

- para partículas de un tamaño dado, mientras mayor sea su densidad mayor es su tendencia a continuar en su estado de movimiento, es decir, mayor es su inercia;
- para partículas con una densidad determinada, mientras mayor es su tamaño mayor es su inercia.

Breve descripción de los dibujos

Para mayor comprensión de cuanto se ha expuesto se acompañan unos dibujos en los cuales, esquemáticamente y sólo a título de ejemplo no limitativo, se representa un caso práctico de realización.

En los dibujos:

Fig. 1 muestra un diagrama esquemático de un sistema para separar partículas suspendidas en un fluido, en el que el campo de vorticidad periódico viene dado por una disposición bidimensional periódica de los cilindros girando en el mismo sentido;

Fig. 2 muestra una representación gráfica de las trayectorias adimensionales de las partículas (obtenidas mediante simulación numérica para vórtice Rankine) sedimentando bajo la acción del campo de flujo generado por los cilindros periódicos girando en el mismo sentido, de acuerdo con la Fig. 1, para una inercia $S_t > 100$ (para una velocidad terminal adimensional de caída $V_t^{AD} = 0,5$);

Fig. 3 muestra un diagrama esquemático del sistema para separar partículas suspendidas en un fluido, en el que el campo de vorticidad periódico viene dado por una disposición bidimensional periódica de los cilindros girando con sentidos de giro alternados;

Fig. 4 muestra una representación gráfica de las trayectorias adimensionales de las partículas (obtenidas mediante simulación numérica para vórtice Rankine) sedimentando bajo la acción del campo de flujo generado por los cilindros periódicos girando con sentidos de giro alternados, de acuerdo con la Fig. 3, velocidad terminal adimensional de caída $V_t^{AD} = 0,5$);

Fig. 5 muestra una representación gráfica de la velocidad media de sedimentación obtenida mediante simulación numérica para vórtice Rankine, frente a la velocidad terminal adimensional de caída en fluido en reposo, en el caso de cilindros periódicos girando con sentidos de giro alternados, de acuerdo con la Fig. 3, para una inercia de $S_t > 5$.

Descripción de realizaciones preferidas

En una realización preferida de la presente invención, la aplicación del campo de vorticidad periódico se genera por la acción de un conjunto de cilindros o conos, preferentemente dispuestos de tal modo que queden paralelos entre sí horizontalmente repetidos periódicamente tanto en la dirección horizontal como en la vertical. Alternativamente, es posible generar dicho campo de vorticidad periódico por la acción de un conjunto de cilindros o conos de ejes paralelos con cierta inclinación respecto al plano horizontal y/o vertical, repetidos periódicamente tanto en la dirección horizontal como en la vertical.

En una realización más preferida, los cilindros o conos, son accionados por unos motores, que hacen girar cada uno de los cilindros o conos alrededor de su propio eje creando un campo de vorticidad periódico.

Los parámetros que caracterizan a este mecanismo son:

- *Vorticidad* ω (rad/s). Entendiéndose por este término: el doble de la velocidad angular con que un elemento infinitesimal de fluido gira como sólido rígido alrededor del punto considerado.
- *Velocidad angular o de giro* Ω (rad/s). Entendiéndose por este término: el ángulo descrito en la unidad de tiempo por cualquier elemento infinitesimal de fluido al girar alrededor del eje del vórtice.
- *Circulación de los cilindros* Γ (m^2/s). Siendo esta la magnitud utilizada para caracterizar la intensidad de giro de un vórtice.
- *Radio de los cilindros o vórtices* R_v (m). Entendiéndose por este término: el valor de la coordenada radial (r) a partir de la cual se distinguen dos regiones diferenciadas en el espacio:
 - $r < R_v$ donde los efectos de la viscosidad son importantes (es el llamado Núcleo Viscoso del Vórtice).
 - $r > R_v$ donde los efectos de la viscosidad son poco importantes, pero el movimiento sigue siendo rotacional y está gobernado por las ecuaciones de Euler.

- *Aceleración de la gravedad* g (m/s^2). Entendiéndose por este término: la aceleración a que está sometido un cuerpo como consecuencia de la fuerza de atracción gravitatoria.
- *Número de stokes* S_t o *inercia de las partículas* (*adimensional*). Este número adimensional representa la relación entre el tiempo que tarda la partícula en modificar su velocidad de manera apreciable (tiempo de respuesta viscosa de las partículas) y el tiempo característico de variación de las condiciones del medio fluido circundante a la partícula (tiempo de residencia característico del flujo).
- *Velocidad terminal adimensional de caída de las partículas en fluido en reposo* V_t^{AD} (*adimensional*). Entendiéndose por este término: la relación entre la velocidad terminal de caída en fluido en reposo V_t y la máxima velocidad en el flujo vortical.
- *Velocidad terminal de caída de las partículas en fluido en reposo* V_t (m/s). Entendiéndose por este término: la velocidad que alcanza la partícula cuando la resultante de las fuerzas que actúan sobre ella es nula, es decir, la aceleración de la partícula es nula.
- *Densidad de las partículas* ρ_p (Kg/m^3). Entendiéndose por este término: la relación entre la masa de una partícula y su volumen.
- *Diámetro de las partículas* d_p (m). Entendiéndose por este término: el doble del radio de las partículas, suponiendo que éstas tienen forma esférica.
- *Densidad del fluido* ρ (Kg/m^3). Entendiéndose por este término: la masa de fluido contenida en la unidad de volumen.
- *Viscosidad cinemática del fluido* ν (m^2/s). Entendiéndose por este término: la relación entre la viscosidad dinámica del fluido μ y su densidad ρ .
- *Masa de las partículas* m_p (Kg). Entendiéndose por este término: aquella magnitud física que expresa la cantidad de materia que contiene la partícula.
- *Viscosidad dinámica del fluido* μ ($Kg/m \cdot s$). Entendiéndose por este término: la resistencia de los fluidos a la velocidad de su deformación ocasionada por esfuerzos cortantes.

Estos parámetros están relacionados por las siguientes ecuaciones:

$$\omega = 2 \cdot \Omega \quad (1)$$

$$\Omega = \frac{\Gamma}{R_v^2} \quad (2)$$

$$\Gamma = \sqrt{\frac{R_v^3 g S_t}{V_t^{AD}}} \quad (3)$$

$$S_t = \frac{\Omega V_t}{g} = \frac{\Omega \rho_p d_p^2}{18 \rho \nu} \quad (4)$$

$$V_t = \frac{g \rho_p d_p^2}{18 \rho \nu} = \frac{g m_p}{3 \pi d_p \mu} \quad (5)$$

$$V_t^{AD} = \frac{V_t}{\Omega R_v} \quad (6)$$

$$d_p = \sqrt{\frac{18S_t \rho v}{\Omega \rho_p}} \quad (7)$$

Las ecuaciones de movimiento han sido deducidas a partir de las ecuaciones de Maxey & Riley (1983) en forma adimensional, mientras que las ecuaciones que modelan el flujo del vórtice (es decir, los modelos matemáticos que representan el campo de velocidades del fluido dentro de un vórtice) se han deducido a partir de los trabajos de Rankine (1858) en forma adimensional. Es importante destacar que se podría haber utilizado cualquier otro modelo de vórtice, tal como el de Kaufmann, Lamb-Oseen o Vatistas. En todo caso, el modelo Rankine y el modelo Kaufmann representan la cota superior y la cota inferior, respectivamente, de la velocidad tangencial de los distintos modelos de vórtice recogidos en el estado de la técnica (Bhagwat & Leishman, 2002).

Las combinaciones de giro de los diferentes cilindros o conos dan lugar a diferentes situaciones. Así, como se puede ver en la Fig. 1, un grupo de partículas 1 están suspendidas en el seno de un fluido, y unos cilindros 2 presentan una disposición bidimensional periódica y giran todos en el mismo sentido. Para dicha configuración, en la Fig. 2 se muestra un gráfico de las trayectorias adimensionales de las partículas 1 (obtenidas mediante simulación numérica para vórtice Rankine) sedimentando bajo la acción del campo de flujo generado por los cilindros 2 periódicos girando en el mismo sentido, más concretamente, para una inercia $S_t > 100$ (para una velocidad terminal adimensional de caída $V_t^{AD} = 0,5$).

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, todos los cilindros o conos giran en el mismo sentido (Figura 1). Con esta disposición es posible tanto separar como clasificar las partículas, pudiéndose dar dos posibilidades:

- Para valores pequeños de inercia de las partículas, del orden de $S_t < 100$ para $V_t^{AD} = 0,5$; las trayectorias de las partículas siguen las líneas de corriente del flujo, no rodeando los vórtices.
- Para valores altos de inercia, del orden de $S_t > 100$ para $V_t^{AD} = 0,5$; las trayectorias de las partículas van a parar siempre a unas líneas verticales situadas aproximadamente en la zona central entre dos hileras verticales de cilindros que separan dos tipos de regiones (Figura 2):
 - a) Región vacía (situada debajo de cada hilera vertical de cilindros), donde al cabo del tiempo no va a encontrarse ninguna partícula. Por lo tanto, ahí no se produciría sedimentación.
 - b) Franja de baja vorticidad del flujo (situada entre las líneas verticales mencionadas), en las que no pueden entrar las partículas que inicialmente estaban fuera de ellas. Estas partículas acaban depositándose en la frontera de esta franja, que es donde tendría lugar la sedimentación.

La anchura de ambas regiones depende de la inercia de las partículas. De este modo, es posible separar las partículas puesto que todas van a sedimentar en una misma posición, pero además es posible clasificarlas porque, según su inercia, irán a parar a diferentes valores de la abscisa que, opcionalmente, pueden ser determinados previamente mediante simulación numérica.

Según una realización más preferida de acuerdo con la disposición de la Fig. 1, se consigue la sedimentación de las partículas en la frontera de la franja de baja vorticidad de flujo y con ello su separación del fluido.

Según otra realización preferida de la presente invención, cada par de cilindros adyacentes, giran con sentidos de giro alternados (Figura 3). La Fig. 3 muestra esquemáticamente las partículas 1' suspendidas en el fluido y una disposición bidimensional periódica de los cilindros 2' girando con sentidos de giro alternados. Ante dicha configuración, la Fig. 4 muestra un gráfico de las trayectorias adimensionales de las partículas 1' (obtenidas mediante simulación numérica para vórtice Rankine) sedimentando bajo la acción del campo de flujo generado por los cilindros 2' periódicos girando con sentidos de giro alternados, para una inercia de $S_t > 5$ (para una velocidad terminal adimensional de caída $V_t^{AD} = 0,5$). La Fig. 5 muestra gráficamente la velocidad media de sedimentación obtenida mediante simulación numérica para vórtice Rankine, frente a la velocidad terminal adimensional de caída en fluido en reposo V_t^{AD} en el caso de cilindros 2' periódicos girando con sentidos de giro alternados para una inercia de $S_t > 5$.

En el caso de la configuración de la Fig. 3, sólo se pueden separar partículas 1', pero no clasificarlas.

Igual que en el caso anterior, se pueden dar dos posibilidades:

- Hasta un cierto valor de la inercia de las partículas, del orden de $S_t < 5$ para $V_t^{AD} = 0,5$; las trayectorias de las partículas van rodeando los vórtices siguiendo las líneas de corriente del flujo;
- Para inercias más altas, es decir del orden de $S_t > 5$ para $V_t^{AD} = 0,5$; todas las partículas acaban oscilando alrededor de la línea central situada entre dos hileras verticales de cilindros, que es donde tiene lugar la sedimentación (Figura 4).

De acuerdo con esta realización, la sedimentación de las partículas se consigue de manera más rápida que en el caso de mantener el fluido en reposo (Figura 5). Así, para bajas velocidades de caída de las partículas (V_t), se acelera la sedimentación de las partículas.

Aplicaciones prácticas de separación y, opcionalmente también, clasificación de partículas suspendidas en un fluido, son la limpieza de gases, la clasificación de partículas por tamaño, la eliminación de partículas de vertidos líquidos (depuración de aguas residuales industriales...), purificación de entornos de trabajo contaminados por partículas (zonas de molienda, trituración, molturación... en sectores químicos, alimentarios, agrícolas...), recuperación de partículas de carácter valioso (pulido de metales preciosos -oro, plata...-, catalizadores...).

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra “comprende” y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos.

A pesar de que se han descrito y representado realizaciones concretas de la presente invención, es evidente que el experto en la materia podrá introducir variantes y modificaciones, o sustituir los detalles por otros técnicamente equivalentes, sin apartarse del ámbito de protección definido por las reivindicaciones adjuntas.

Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención. Los siguientes ejemplos se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención.

Ejemplos de realización

Ejemplo 1

Obtención del diámetro de las partículas (d_p) que pueden separarse del fluido mediante una instalación de un campo de vorticidad periódico en función del radio de los vórtices (R_v) o de la velocidad angular de los vórtices (Ω)

En una instalación de un campo de vorticidad periódico, simulado mediante vórtices Rankine girando en el mismo sentido, se fijó una inercia de las partículas, es decir, un valor del número de Stokes y una velocidad terminal adimensional de caída de las partículas en fluido en reposo; ambos, previamente obtenidos mediante simulación numérica. De este modo se pudo predecir el diámetro de las partículas (d_p) que pueden separarse en función del radio de los vórtices o cilindros (R_v) o bien en función de la velocidad angular o de giro de los vórtices o cilindros (Ω).

Datos conocidos (partículas de plomo en aire):

$$S_t = 130$$

$$V_t^{AD} = 0,5$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\rho_p = 11300 \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho = 1,2 \text{ Kg/m}^3$$

$$\nu = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

Si se fija el radio del vórtice R_v , de las ecuaciones (2) y (3) se obtiene el valor de la velocidad angular Ω y con la ecuación (1) la vorticidad del campo aplicado ω . La ecuación (7) proporcionaría el diámetro de las partículas d_p .

La otra opción sería fijar la velocidad angular Ω y por consiguiente el campo de vorticidad ω (ecuación 1) y mediante las ecuaciones (2) y (3) se obtiene el valor del radio del vórtice R_v . La ecuación (7) proporcionaría de nuevo el diámetro de las partículas d_p .

De este modo, se obtuvieron los siguientes valores (Tabla 1a y 1b) para este ejemplo de la sedimentación de partículas de plomo en aire.

TABLA 1a

Obtención del diámetro de las partículas de plomo (d_p) que pueden separarse del aire mediante una instalación de un campo de vorticidad periódico en función del radio de los vórtices (R_v)

$R_v (m)$	$\Omega (rad/s)$	$\Omega (rpm)$	$d_p (m)$
$1 \cdot 10^{-3}$	1597	15250	$48,3 \cdot 10^{-6}$
$5 \cdot 10^{-3}$	714	6820	$72,2 \cdot 10^{-6}$
$8 \cdot 10^{-3}$	564	5391	$81,2 \cdot 10^{-6}$
$10 \cdot 10^{-3}$	505	4822	$85,9 \cdot 10^{-6}$

TABLA 1b

Obtención del diámetro de las partículas de plomo (d_p) que pueden separarse del aire mediante una instalación de un campo de vorticidad periódico en función de la velocidad angular de los vórtices (Ω)

$\Omega (rpm)$	$\Omega (rad/s)$	$R_v (m)$	$d_p (m)$
14000	1466	$1,18 \cdot 10^{-3}$	$50,4 \cdot 10^{-6}$
7000	733	$4,75 \cdot 10^{-3}$	$71,3 \cdot 10^{-6}$
5500	576	$7,69 \cdot 10^{-3}$	$80,4 \cdot 10^{-6}$
5000	523	$9,30 \cdot 10^{-3}$	$84,4 \cdot 10^{-6}$

Ejemplo 2

Obtención del radio (R_v) y de la velocidad angular (Ω) de los cilindros en función del diámetro de las partículas (d_p) mediante una instalación de un campo de vorticidad periódico

En una instalación de un campo de vorticidad periódico, simulado mediante vórtices Rankine girando en el mismo sentido, se fijó una inercia de las partículas, es decir, un número de Stokes (S_t) y una velocidad terminal adimensional de caída en fluido en reposo (V_t^{AD}); ambos, previamente obtenidos mediante simulación numérica. De este modo se pudo predecir las características de los cilindros que generan dicho campo de vorticidad; es decir: el radio de los vórtices o de los cilindros (R_v) y la velocidad angular o de giro de los mismos (Ω); ambos en función del diámetro de las partículas a separar (d_p).

Datos conocidos (partículas de plomo en aire):

$$S_t = 130$$

$$V_t^{AD} = 0,5$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\rho_p = 11300 \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho = 1,2 \text{ Kg/m}^3$$

$$\nu = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

En primer lugar es necesario calcular la velocidad terminal de caída de las partículas en fluido en reposo V_t en función del diámetro de dichas partículas d_p . Para ello se utiliza la ecuación (5). Conocida V_t y con el valor de la inercia de las partículas S_i y utilizando la ecuación (4), se obtiene el valor de la velocidad de giro de los cilindros Ω .

Con los valores ya calculados de V_t y Ω y con el valor de la velocidad terminal adimensional de caída en fluido en reposo V_t^{AD} y utilizando la ecuación (6), se obtiene el valor del radio de los cilindros R_v .

Consecuentemente el valor del campo de vorticidad a aplicar vendrá dado por la ecuación (1), es decir por el doble de la velocidad de giro de los cilindros Ω .

De este modo, se obtuvieron los siguientes valores (Tabla 2) para este ejemplo de la separación de partículas de plomo en aire.

TABLA 2

Obtención del radio (R_v) y de la velocidad angular (Ω) de los cilindros en función del diámetro de las partículas (d_p) para la separación de plomo del aire mediante una instalación de un campo de vorticidad periódico

$d_p (m)$	$V_t (m/s)$	$\Omega (rad/s)$	$\Omega (rpm)$	$R_v (m)$
$40 \cdot 10^{-6}$	0,547	2330	22246	$0,47 \cdot 10^{-3}$
$50 \cdot 10^{-6}$	0,855	1490	14237	$1,15 \cdot 10^{-3}$
$70 \cdot 10^{-6}$	1,680	761	7264	$4,40 \cdot 10^{-3}$
$75 \cdot 10^{-6}$	1,920	663	6328	$5,81 \cdot 10^{-3}$
$80 \cdot 10^{-6}$	2,190	582	5561	$7,52 \cdot 10^{-3}$
$85 \cdot 10^{-6}$	2,470	516	4926	$9,58 \cdot 10^{-3}$
$100 \cdot 10^{-6}$	3,420	373	3559	$18,36 \cdot 10^{-3}$

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de separación de partículas suspendidas en un fluido **caracterizado** porque se aplica un campo de vorticidad periódico inducido en el fluido.
2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación anterior, **caracterizado** porque el campo de vorticidad periódico se genera mediante un conjunto de cilindros o conos, cuya disposición es:
 - a) paralelos entre sí horizontalmente repetidos periódicamente tanto en la dirección horizontal como en la vertical; o
 - b) paralelos entre sí con cierta inclinación respecto al plano horizontal y/o vertical, repetidos periódicamente tanto en la dirección horizontal como en la vertical.
3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación anterior 2, **caracterizado** porque los cilindros son accionados por unos motores, girando cada uno de ellos alrededor de su propio eje, creando un campo de vorticidad periódico.
4. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 2 a 3, **caracterizado** porque el campo de vorticidad se genera al hacer girar todos los cilindros en el mismo sentido.
5. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación anterior 4, **caracterizado** porque se consigue la sedimentación de las partículas en la frontera de la franja de baja vorticidad de flujo y con ello su separación del fluido.
6. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 4 a 5, **caracterizado** porque se consigue también la clasificación de las partículas.
7. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 4 a 6, **caracterizado** porque para un valor del número de Stokes (S_t) del orden de $S_t > 100$ para $V_t^{AD} = 0,5$; se origina una región en el espacio situada debajo de cada hilera vertical de cilindros, libre de partículas.
8. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 4 a 6, **caracterizado** porque para un valor suficientemente elevado del número de Stokes (S_t) del orden de $S_t > 100$ para $V_t^{AD} = 0,5$; se origina además una franja de baja vorticidad del flujo situada entre las líneas verticales de la zona central entre dos hileras verticales de cilindros, en las que no pueden entrar las partículas que inicialmente estaban fuera de ellas.
9. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 7 a 8, **caracterizado** porque tanto la anchura de la región libre de partículas como la de la franja de baja vorticidad depende de la inercia de las partículas.
10. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 2 a 3, **caracterizado** porque el campo de vorticidad se genera al hacer girar los cilindros con sentidos de giro alternados.
11. El procedimiento según la reivindicación 10, **caracterizado** porque para valores de inercia de las partículas del orden de $S_t > 5$ para $V_t^{AD} = 0,5$; las partículas se separan al acumularse en la zona central situada entre dos hileras verticales de cilindros.
12. El procedimiento según la reivindicación 10, **caracterizado** porque para bajas velocidades de caída de las partículas (V_t), se acelera la sedimentación de las partículas.
13. Uso de un campo de vorticidad periódico inducido en un fluido en la limpieza de gases, la clasificación de partículas por tamaño, la eliminación de partículas de vertidos líquidos, purificación de entornos de trabajo contaminados por partículas, o en la recuperación de partículas de carácter valioso.

FIG.1

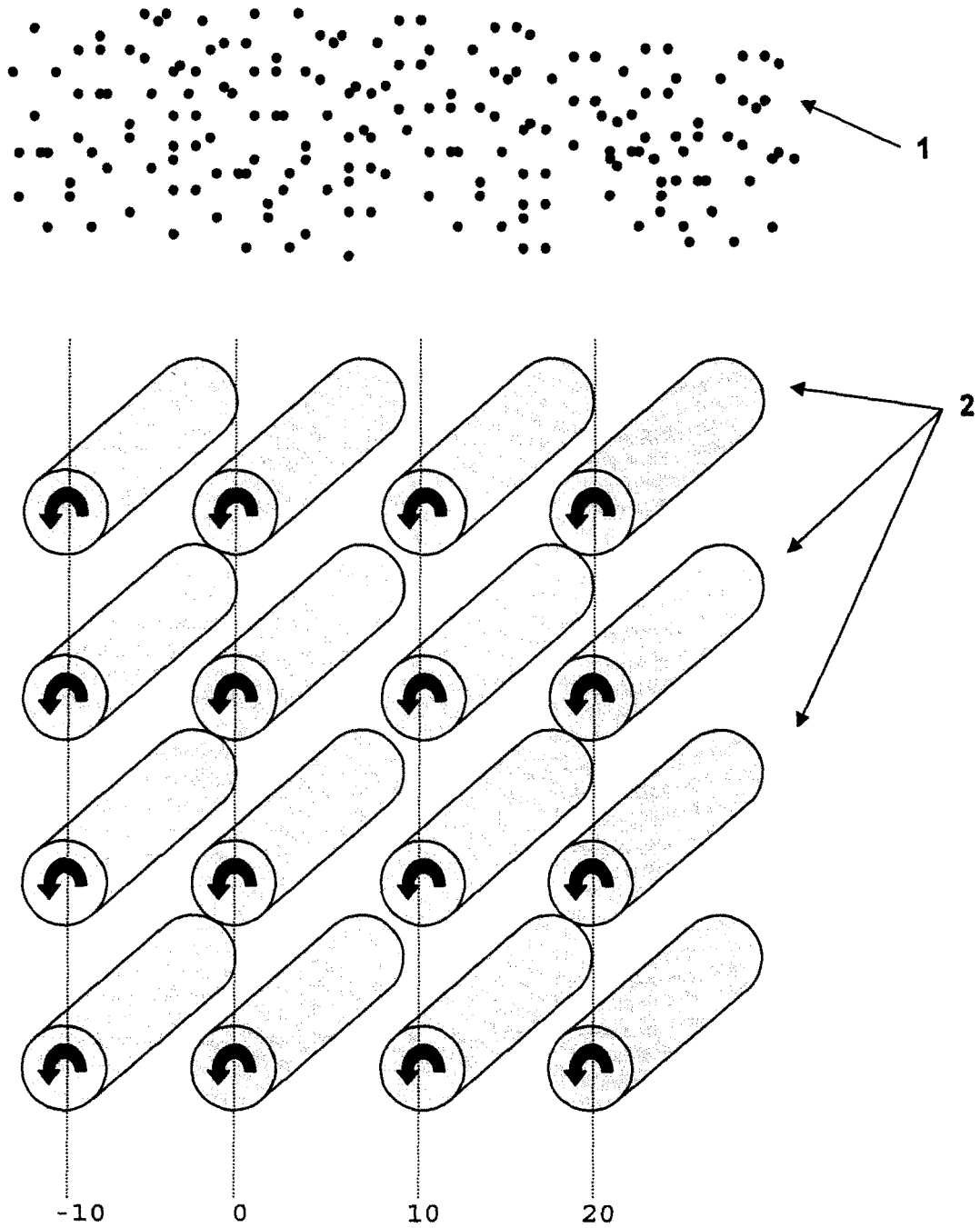


FIG. 2

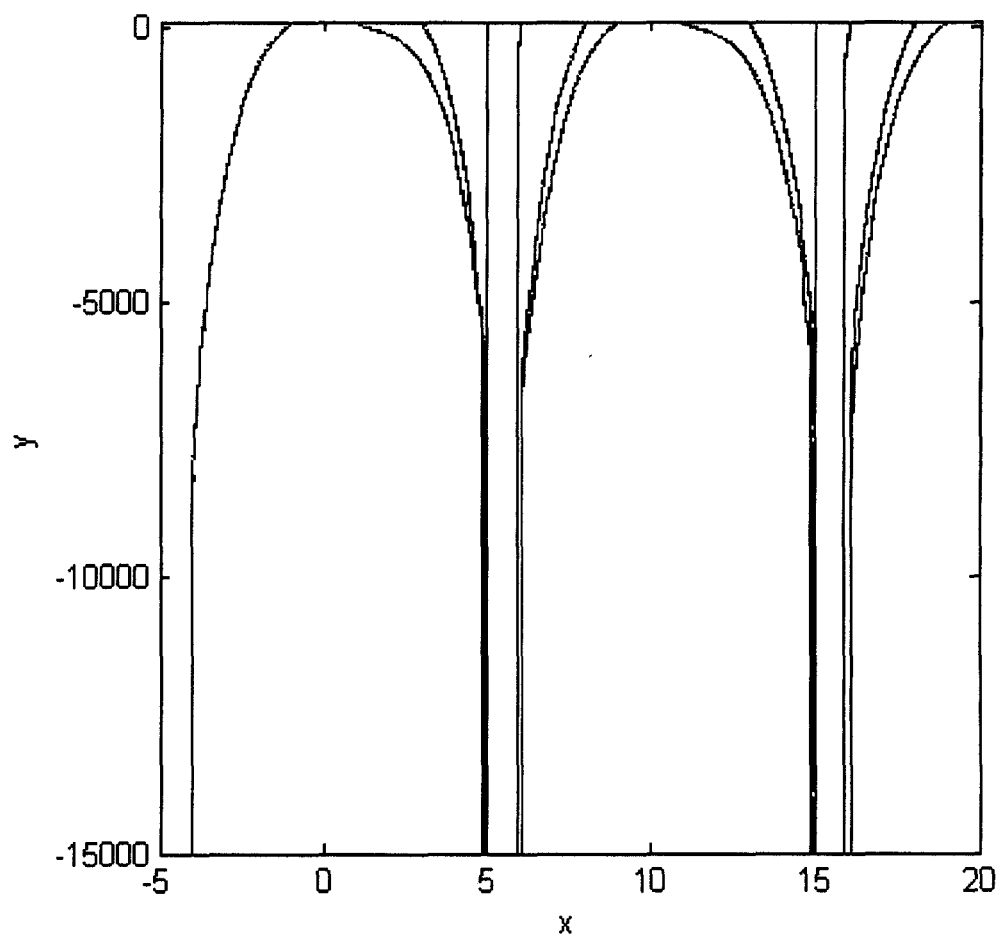


FIG. 3

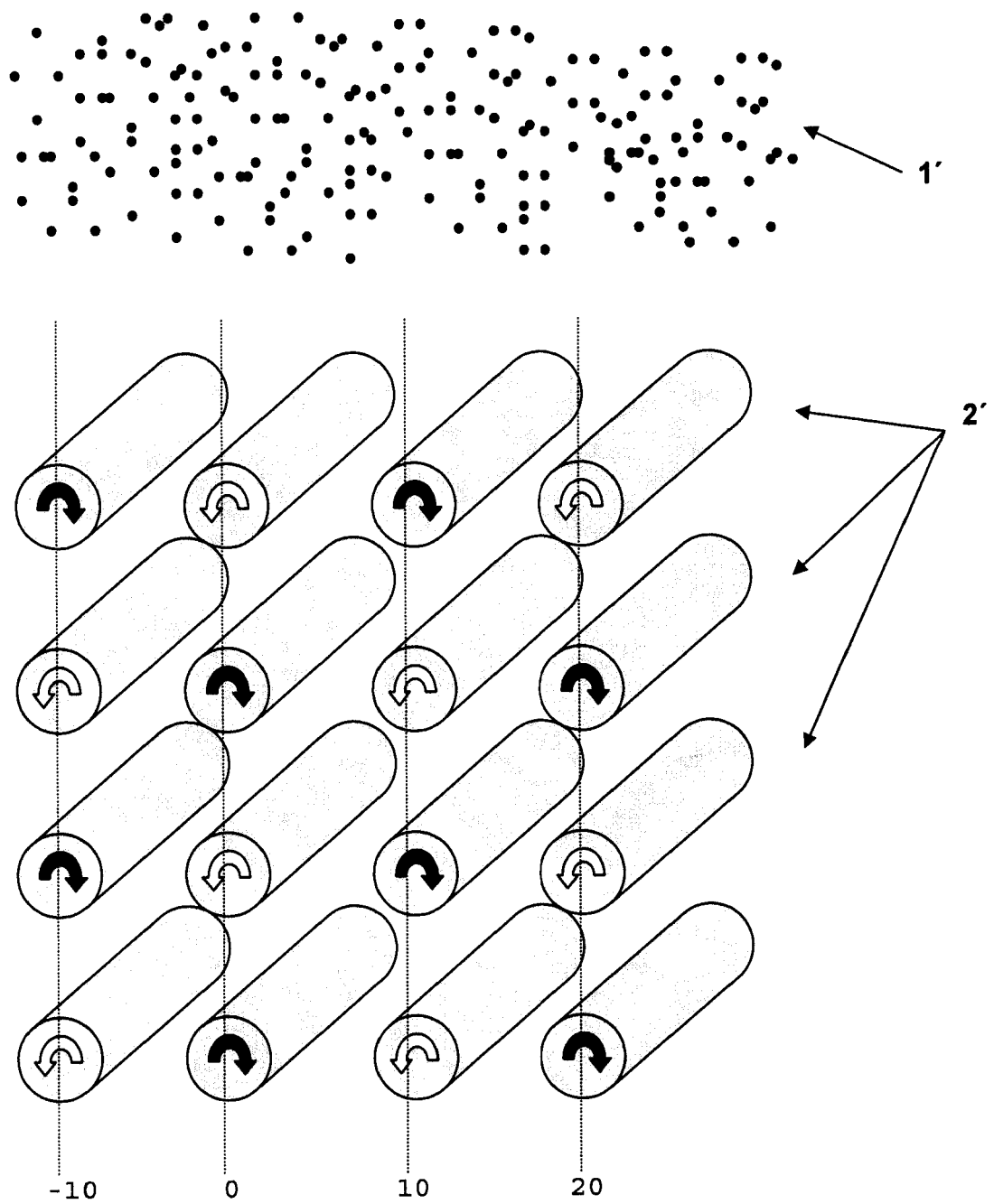


FIG. 4

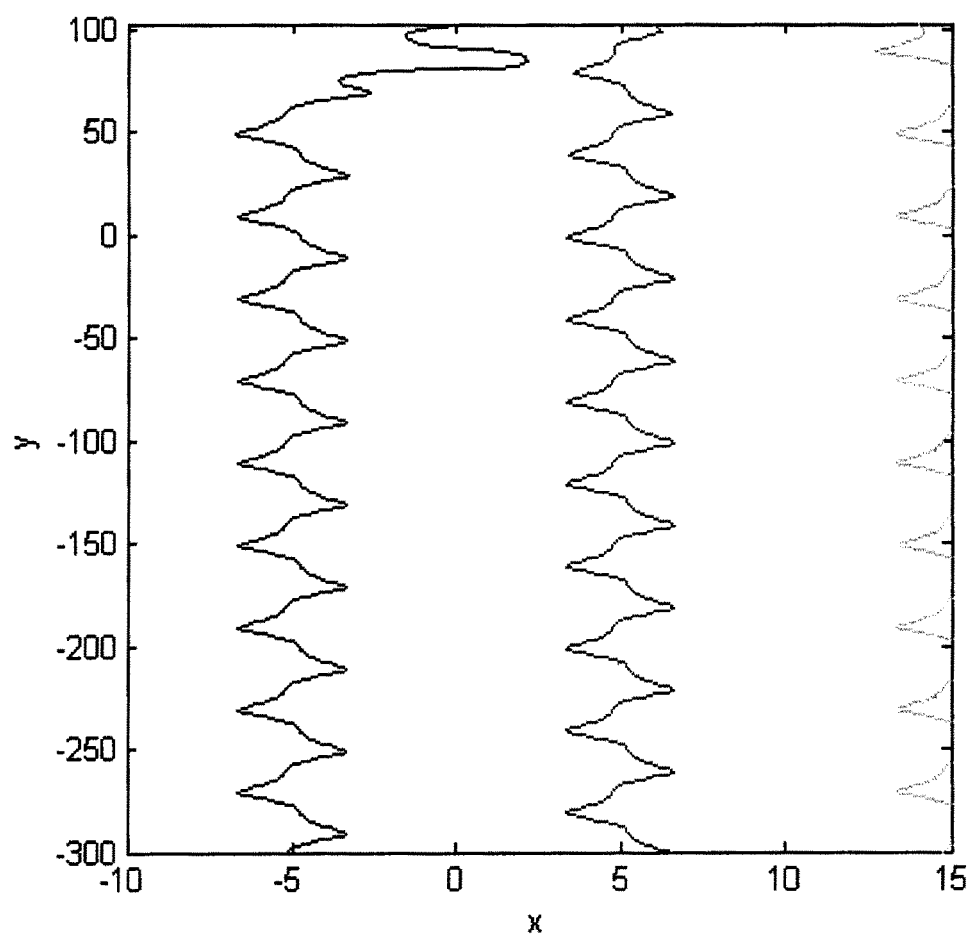
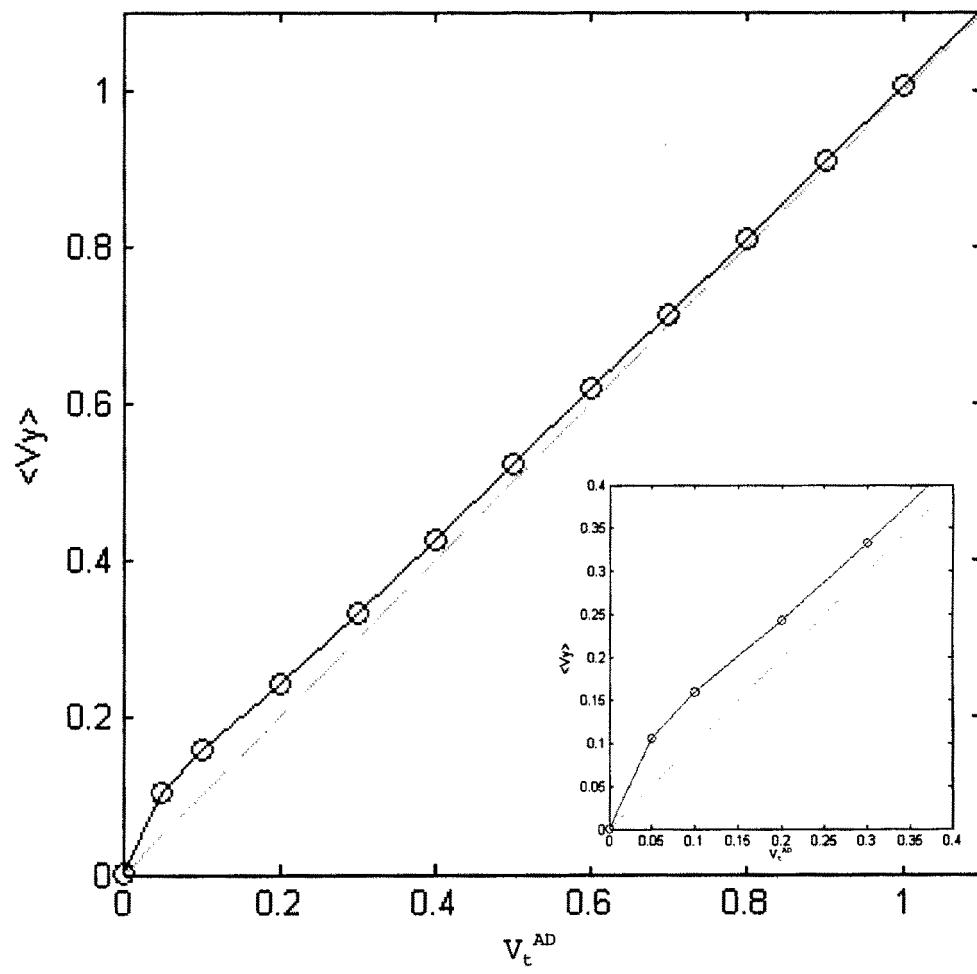


FIG. 5





OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 200900732

②② Fecha de presentación de la solicitud: 17.03.2009

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **B01D45/08** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 6110247 A (BIRMINGHAM JOSEPH G et al.) 29.08.2000, columna 1, líneas 9-12; columna 3, líneas 39-47,51-55; columna 4, líneas 33-47; figura 1.	1-13
X	US 3815336 A (RIGO H) 11.06.1974, columna 1, líneas 44-56; columna 4, líneas 3-14,59-67; figuras 1,2,5,9.	1-13
X	US 4732585 A (LERNER BERNARD J) 22.03.1988, columna 1, líneas 12-19; columna 6, líneas 23-29; columna 7, líneas 24-42,63-68; columna 8, líneas 18-37; columna 8, línea 63 – columna 9, línea 25; columna 9, línea 64 – columna 10, línea 7; figuras 1,3.	1-13
X	GB 562593 A (TALBOYS MFG COMPANY LTD et al.) 07.07.1944, página 2, líneas 45-49,71-75; página 3, líneas 33-43; figura 2.	1-13
X	US 1603878 A (SMITH ARTHUR R) 19.10.1926, página 1, líneas 1-5,70-91; figuras.	1-13

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
14.03.2012

Examinador
M. I. Ramos Asensio

Página
1/4

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

B01D

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

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 14.03.2012

Declaración**Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)**

Reivindicaciones 3-12
Reivindicaciones 1, 2, 13

SI
NO

Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)

Reivindicaciones
Reivindicaciones 1-13

SI
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 se publica.

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	US 6110247 A (BIRMINGHAM JOSEPH G et al.)	29.08.2000

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

El documento D01 revela un separador de partículas, que consiste en una serie de micro-columnas, paralelas entre sí, y sobre las que impacta el fluido a tratar, encontrándose con un camino tortuoso que origina la separación de las partículas debido a su inercia (col.3, lín.39-47, fig.1), o lo que es lo mismo, al campo de vorticidad creado cuando un fluido se somete a un régimen turbulento o sinuoso. Por consiguiente, el objeto de la invención recogido en las reivindicaciones 1 y 2 deriva directamente del documento D01, por lo que las reivindicaciones 1 y 2 carecen de novedad de acuerdo al Art. 6 de la Ley de Patentes 11/1986.

Las reivindicaciones 3, 4 y 10 son obvias para un experto en la materia.

Las reivindicaciones 5, 6, 9 y 12 son de resultado, no tienen características técnicas y es evidente que el resultado obtenido depende de las condiciones de partida, como por ejemplo el nº de Stokes de las partículas, por lo que las reivindicaciones 7, 8 y 11 tampoco tienen actividad inventiva.

Por lo tanto, las reivindicaciones 3-12 no implican actividad inventiva según el Art. 8 de la Ley de Patentes 11/1986.

La reivindicación 13 es de uso, no tiene características técnicas y se conoce del documento D01, por lo que no tiene novedad.

Resumiendo, las reivindicaciones 1, 2 y 13 no tienen novedad y las reivindicaciones 1-13 carecen de actividad inventiva.