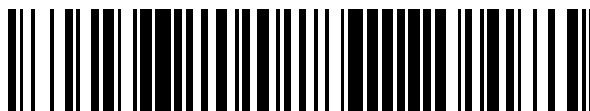


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 525 097**

51 Int. Cl.:

G01N 1/22 (2006.01)

G01N 1/40 (2006.01)

G01N 33/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2011 E 11788185 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.08.2014 EP 2646794**

54 Título: **Procedimiento para detectar in situ la presencia de explosivos en un medio gaseoso**

30 Prioridad:

29.11.2010 FR 1059852

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

17.12.2014

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
25, Rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D"
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**BRY, ALAIN;
BOUSQUET, MARILYNE;
HAIRAUT, LIONEL y
MAILLOU, THIERRY**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 525 097 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para detectar *in situ* la presencia de explosivos en un medio gaseoso

5 **Campo técnico**

La invención se refiere a un procedimiento que permite detectar *in situ*, con una sensibilidad muy grande y de manera inmediata o casi inmediata, la presencia de al menos un explosivo en un medio gaseoso, y ello ya se presente este explosivo en estado gaseoso, líquido y/o sólido en este medio gaseoso.

10 Este procedimiento es concretamente susceptible de usarse para garantizar la seguridad civil, en particular en lugares públicos considerados como sensibles tales como los aeropuertos, las estaciones de tren y las estaciones de metro, para detectar actividades clandestinas de fabricación de explosivos o para vigilar con fines de seguridad emplazamientos industriales que fabrican, almacenan y/o manipulan explosivos.

15 **Estado de la técnica anterior**

La detección de explosivos es un problema de interés crucial, concretamente en materia de seguridad civil.

20 El caso particular de la detección de explosivos presentes en la atmósfera es extremadamente delicado debido a la baja presión de vapor de estos compuestos. Así, por ejemplo, el 2,4,6-trinitrotolueno (TNT) tiene una presión de vapor de algunas ppb (parte por billón, es decir una molécula por billón de moléculas de aire), mientras que la ciclotrimetilen-trinitramina, también denominada hexógeno o RDX, tiene una presión de vapor de algunas ppt (parte por trillón, es decir una molécula por trillón de moléculas de aire).

25 Esto significa que el sistema de detección debe, no solamente ser móvil de modo que pueda usarse *in situ* si desea obtenerse una identificación rápida, incluso inmediata o casi inmediata de los explosivos presentes en la atmósfera, sino que también debe ser extremadamente sensible.

30 Uno de los métodos usados para detectar explosivos presentes en la atmósfera, que presenta la ventaja de ser a la vez móvil y de una grande sensibilidad, consiste en emplear perros llamados "rastreadores", adiestrados y entrenados para ello. No obstante, este método también presente el inconveniente de necesitar una formación larga y continua de los perros y de sus amos, y de ser inadecuado para operaciones prolongadas debido a que la duración de atención de los perros es relativamente limitada.

35 Por otro lado, se conoce un determinado número de aparatos móviles, incluso portátiles, diseñados para detectar la presencia de explosivos en la atmósfera, entre los que pueden citarse:

40 - los detectores desarrollados por la empresa Smiths Detection por una parte, y por la empresa GE Ion Track, Inc. por otra parte, y cuyo funcionamiento se basa en la espectrometría de movilidad iónica;

45 - los detectores desarrollados por la empresa Scintrex Trace Corp. y cuyo funcionamiento se basa en la reducción de los óxidos de nitrógeno NO₂, que proceden de la descomposición de los explosivos, para dar NO y en la medición de la corriente eléctrica producida por esta reducción; y

- los detectores desarrollados por el equipo de R. Graham Cooks en la Universidad de Purdue (Indiana, EE.UU.) que usan la desorción-ionización por electropulverización (DESI).

50 En la práctica, el coste elevado de estos aparatos (del orden de 20.000 euros/unidad) y su bajo nivel de fiabilidad siguen siendo un freno para la generalización de su uso.

También se conoce, por la patente estadounidense número 5.011.517 [1], un procedimiento para detectar la presencia de valores, concretamente de explosivos, en un gas mediante extracción y concentración de estos vapores en un medio líquido, que consiste en poner en contacto, en forma de un remolino, este gas con un líquido de limpieza adecuado para captar estos vapores.

60 También se conoce, de Cofer III *et al.*, *Envir. Sci. Technol.* 1985, 19(6), 557-560 [2], un procedimiento para recoger los gases que están presentes en estado de trazas en el aire atmosférico, mediante extracción y concentración de estos gases en un medio líquido, que consiste en nebulizar el medio líquido mediante este aire y en condensar las gotitas de la neblina resultante mediante contacto con una membrana hidrófoba.

65 Para resolver un problema muy distinto a la detección de la presencia de explosivos en la atmósfera, se ha propuesto, en la solicitud internacional PCT publicada con el número WO 2005/025721 [3], un procedimiento que permite extraer de manera muy eficaz contaminantes gaseosos, líquidos y/o sólidos de un medio gaseoso y concentrarlos en un medio líquido, mediante nebulización de este medio líquido mediante el medio gaseoso y condensación de las gotitas que forman la neblina producida mediante esta nebulización, y que puede ponerse en

práctica en un aparato compacto, que se presenta en forma de una caja y por tanto puede usarse *in situ*.

Ahora bien, en el marco de su trabajo, los inventores constataron que el uso de este procedimiento, en combinación con reactivos elegidos convenientemente, puede aprovecharse para detectar, con una sensibilidad muy grande y de manera inmediata o casi inmediata, la presencia de explosivos en la atmósfera y, además, de manera continua.

Y en esta constatación es en la que se basa la presente invención.

Exposición de la invención

La invención tiene, por tanto, como objeto un procedimiento para detectar *in situ* la presencia de al menos un explosivo en un medio gaseoso, que comprende una operación de extracción y de concentración de este explosivo en un medio líquido, comprendiendo esta operación la nebulización del medio líquido mediante el medio gaseoso y la condensación de las gotitas de medio líquido que forman la neblina producida mediante esta nebulización, y que se caracteriza porque:

- se usa, como medio líquido, un medio que contiene al menos una sustancia que puede reaccionar con este explosivo o con un producto resultante de la degradación de este explosivo mediante un agente químico, y cuya reacción o interacción con dicho explosivo o dicho producto de degradación conlleva una variación de al menos un parámetro fisicoquímico del medio líquido;

- se mide dicho parámetro fisicoquímico durante la operación de extracción y de concentración del explosivo o al final de esta operación; y

- se correlaciona el resultado de la medición de dicho parámetro fisicoquímico con la presencia o la ausencia del explosivo en el medio gaseoso.

En el marco de la presente invención, el término “explosivo” engloba los explosivos intrínsecos, es decir los compuestos que portan grupos químicos explosóforos del tipo NO₂, ONO₂, NO, N-NO₂, N=N, N=N=N, N-halógeno, N-azufre, N=C, OCIO₂, OCIO₃, O-O, O-O-O, C≡C, C-metal, y que por tanto pueden descomponerse de manera explosiva bajo el efecto de un impulso tal como un impacto o una variación de temperatura.

También engloba los precursores de estos explosivos, es decir los compuestos que se usan en las reacciones químicas mediante las cuales se producen y los constituyentes de composiciones explosivas. Es el caso por ejemplo del nitrometano.

Engloba además los marcadores de explosivos en el sentido del “Convenio sobre la Marcación de Explosivos Plásticos y en Láminas para Fines de Detección” firmado en Montreal el 1 de marzo de 1991. Se recuerda que por “marcador de explosivo”, este Convenio entiende una sustancia que se añade a un explosivo para hacer que sea detectable. Se citan como marcadores de explosivos en este Convenio, el dinitrato de etilenglicol (EGDN), el 2,3-dimetil-2,3-dinitrobutano (DMNB) y los isómeros para y orto del nitrotolueno (*p*-MNT y *o*-MNT).

Así, a modo de ejemplos no limitativos de explosivos susceptibles de detectarse mediante el procedimiento de la invención, pueden citarse:

- los explosivos relevantes de la familia de los compuestos nitroaromáticos tales como el trinitrofenol (o ácido picrico), el TNT, el 2,4-dinitrotolueno (2,4-DNT), los isómeros del nitrotolueno citados anteriormente, el 2-amino-4,6-dinitrotolueno (ADNT), el 1,3,5-trinitrobenzoceno (TNB), el 1,3-dinitrobenzoceno (1,3-DNB), el nitrobenzoceno, el 2,4-dinitrofluorobenzoceno (DNFB), el 1-cloro-2,6-dinitrotrifluorometilbenzoceno, el 2,4-dinitrotrifluorometoxibenzeno (DNTFMB) y el hexanitroestilbeno (HNS);

- los explosivos relevantes de la familia de las nitraminas o nitrosaminas tales como el hexógeno citado anteriormente, la ciclotetrametilen-tetranitramina (denominada de forma más sencilla octógeno o HMX), la 2,4,6-trinitrofenilmetilnitramina (denominada de forma más sencilla trelilo) y la hexamina (que es un precursor del hexógeno);

- los explosivos relevantes de la familia de los ésteres nítricos tales como el tetranitrato de pentaeritrol (denominado de forma más sencilla pentrita), el trinitrato de glicerol (denominado de forma más sencilla nitroglicerina), la nitroguanidina, el nitrato de celulosa (denominado de forma más sencilla nitrocelulosa) y el EGDN citado anteriormente; y

- los explosivos relevantes de la familia de los peróxidos orgánicos tales como el triperóxido de triacetona, el triperóxido de hexametileno y el peróxido de hidrógeno (que es un precursor del triperóxido de triacetona).

Por otro lado, en el marco de la presente invención, la expresión “detectar la presencia” cubre tanto el hecho de identificar y cuantificar un explosivo como el de identificar este explosivo sin cuantificarlo.

Según la invención, el parámetro fisicoquímico del medio líquido, cuya variación se induce mediante la reacción o la interacción entre la sustancia y el explosivo o el producto resultante de su degradación mediante el agente químico, puede ser una propiedad óptica como la densidad óptica, la fluorescencia o la luminiscencia, o una propiedad eléctrica, en este caso la conductividad, o incluso una propiedad electroquímica como el grado de oxidación o de reducción.

No obstante, se prefiere que este parámetro fisicoquímico sea una propiedad óptica y, aún más, que esta propiedad óptica sea la densidad óptica (o absorbancia), que puede medirse fácilmente mediante espectrofotometría, o la fluorescencia, que, por su parte, puede medirse fácilmente mediante fluorimetría.

Debido a ello, la sustancia contenida en el medio líquido se elige preferiblemente de las sustancias cuya reacción o interacción con el explosivo o el producto resultante de su degradación mediante el agente químico conduce a la formación de un producto de reacción o de un complejo cuyo espectro de absorción UV-visible o de fluorescencia es diferente de que presenta la propia sustancia y cuya presencia en el medio líquido se traduce, por consiguiente, mediante una variación de la densidad óptica o de la fluorescencia de este medio.

Así, la sustancia contenida en el medio líquido puede elegirse concretamente de las bases fuertes tales como el hidróxido de sodio, el hidróxido de potasio, el hidróxido de calcio o el hidróxido de tributilamonio, y los halogenuros de tributilamonio del tipo fluoruro, yoduro o bromuro, que reaccionan con un disolvente prático tal como la acetona o el acetonitrilo para formar, con un compuesto nitroaromático, el anión de Janowsky correspondiente.

La sustancia contenida en el medio líquido también puede elegirse de los compuestos de titanio (IV) tales como, por ejemplo, el oxosulfato de titanio (IV), el tetracloruro de titanio (IV), los ortotitanatos de tetraalquilo como el ortotitanato de tetrametilo, el ortotitanato de tetraetilo, el ortotitanato de tetra-n-propilo o la ortotitanato de tetra-*i*-propilo, que forman con el peróxido de hidrógeno complejos de color amarillo fácilmente detectables mediante espectrofotometría.

De estos compuestos, se prefiere particularmente el oxosulfato de titanio (IV).

Los compuestos de titanio (IV) pueden usarse en primer lugar para detectar el peróxido de hidrógeno.

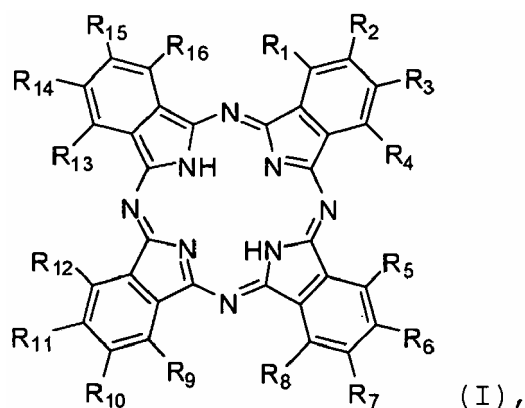
No obstante, también pueden usarse para detectar cualquier explosivo de la familia de los peróxidos que sea susceptible de degradarse mediante un agente químico que libera peróxido de hidrógeno.

Éste es concretamente el caso del triperóxido de triacetona que libera peróxido de hidrógeno cuando se ataca mediante un ácido fuerte tal como el ácido sulfúrico, nítrico, clorhídrico o *para*-toluenosulfónico.

Para detectar tales peróxidos, se usa por tanto, como medio líquido, un medio que contiene, no solamente al menos un compuesto de titanio (IV), sino también al menos un agente químico adecuado para degradar estos peróxidos para dar peróxido de hidrógeno, por ejemplo ácido sulfúrico si el peróxido que va a detectarse es el triperóxido de triacetona.

La sustancia contenida en el medio líquido también puede elegirse de las ftalocianinas, que son moléculas fluorescentes y cuya fluorescencia se extingue cuando están en presencia de compuestos nitroaromáticos tales como el TNT y el 2,4-DNT.

De las ftalocianinas, se prefieren especialmente las que responden a la fórmula (I) a continuación:



50 en la que:

- R₁, R₄, R₅, R₈, R₉, R₁₂, R₁₃ y R₁₆, idénticos o diferentes, representan un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo que comprende de 1 a 4 átomos de carbono y, aún mejor, un grupo metilo o etilo, mientras que R₂, R₃, R₆, R₇, R₁₀, R₁₁, R₁₄ y R₁₅ representan un grupo alcoxilo, concretamente octoxilo (O(CH₂)₇CH₃); o bien

5 - R₁, R₂, R₄, R₅, R₆, R₈, R₉, R₁₀, R₁₂, R₁₃, R₁₄ y R₁₆ representan un átomo de hidrógeno, mientras que R₃, R₇, R₁₁ y R₁₄ representan un grupo ariloxilo, concretamente fenoxilo, o un grupo sililado, concretamente dimetil-hidroxisililo; pudiendo estar metaladas estas ftalocianinas, concretamente mediante zinc, o no metaladas.

10 La sustancia contenida en el medio líquido puede elegirse además de las cumarinas tales como, por ejemplo, la cumarina en sentido estricto (o 2*H*-1-benzopirán-2-ona), la umbeliferona (o 7-hidroxi-cumarina), el esculetol (o 6,7-dihidroxicumarina), el escopoletol (o 6-metoxi-7-hidroxicumarina) o el fraxetol (o 6-metoxi-7,8-dihidroxicumarina) y la dansilamida, cuya fluorescencia se extingue cuando están en presencia de compuestos nitroaromáticos tales como el TNT y el 2,4-DNT.

15 Tal como se citó anteriormente, el medio líquido puede contener al menos un agente químico que puede degradar el explosivo que se trata de detectar.

20 Además puede contener al menos un compuesto adecuado para favorecer la solubilización en el medio líquido del explosivo o del producto resultante de su degradación mediante el agente químico. Normalmente, este compuesto está representado por el disolvente o la mezcla de disolventes en el que se disuelve la sustancia destinada a reaccionar o a interaccionar con el explosivo o el producto resultante de su degradación mediante el agente químico y que se elige en función de la solubilidad que presenta dicho explosivo o dicho producto de degradación en agua y los disolventes orgánicos.

25 Teniendo en cuenta lo anterior, la medición del parámetro fisicoquímico del medio líquido se realiza, preferiblemente, mediante espectrofotometría o mediante fluorimetría.

30 Según la invención, es posible esperar al final de la operación de extracción y de concentración del explosivo en el medio líquido para efectuar esta medición. También es posible efectuar esta medición a intervalos de tiempo, regulares o no, mientras se desarrolla la operación de extracción.

35 No obstante, en el marco de la invención, se prefiere efectuar esta medición en continuo durante toda la duración de la operación de extracción y de concentración del explosivo en el medio líquido de manera que pueda alertarse sobre la presencia del explosivo en el medio gaseoso desde el momento en que se produce una variación de la propiedad fisicoquímica del medio líquido significativa de esta presencia.

40 En cuanto a la correlación entre el resultado de la medición de dicho parámetro fisicoquímico con la presencia o la ausencia del explosivo en el medio gaseoso, se realiza comparando este resultado con uno o más blancos, es decir con los resultados de mediciones que se han realizado anteriormente en un medio gaseoso de igual naturaleza (por ejemplo, de aire si el medio gaseoso que se pretende determinar si encierra explosivos es el aire ambiental) pero carente de cualquier traza de explosivo.

45 Según la invención, la operación de extracción y de concentración del explosivo en el medio líquido comprende una primera y una segunda condensación de las gotitas de medio líquido que forman la neblina producida mediante la nebulización, realizándose la primera condensación mediante coalescencia de las gotitas sobre una superficie mojada y realizándose la segunda condensación mediante contacto de dichas gotitas con una superficie fría.

50 Para ello, el procedimiento de la invención se pone en práctica, preferiblemente, en un aparato que comprende:

- un primer recinto de nebulización y de condensación, que presenta una parte superior y una parte inferior destinada a contener el medio líquido, y que está dotada de un conducto de alimentación del medio gaseoso, de medios para nebulizar el medio líquido, y de un primer conducto de evacuación del medio gaseoso;

55 - medios de puesta en depresión o en sobrepresión del interior del primer recinto para permitir que el medio gaseoso penetre en este primer recinto, que circule por el mismo y que se evacue del mismo, en un flujo continuo;

- un segundo recinto de condensación, estando conectado este segundo recinto al conducto de evacuación del medio gaseoso del primer recinto, y estando dotado de un segundo conducto de evacuación del medio gaseoso;

60 - medios para enfriar este segundo recinto; y

- medios para medir el parámetro fisicoquímico del medio líquido cuya variación se induce mediante la reacción o la interacción entre la sustancia y el explosivo o el producto resultante de su degradación mediante el agente químico.

65 Preferiblemente, estos medios de medición son medios de medición espectrofotométrica y/o fluorimétrica.

El procedimiento de la invención presenta numerosas ventajas. En efecto, además de permitir la detección instantánea o casi instantánea de explosivos presentes en un medio gaseoso incluso cuando están presentes en cantidad extremadamente baja, tal como se demostrará a continuación, es susceptible de ponerse en práctica en un aparato que, si se desea, puede presentarse en forma compacta, haciendo que pueda transportarse y usarse en cualquier tipo de emplazamiento, y cuyo coste de fabricación es bastante menos elevado que el de los detectores propuestos actualmente en el estado de la técnica.

Otras ventajas y características de la invención resultarán de la lectura de la siguiente descripción complementaria, que se refiere a un ejemplo de aparato susceptible de usarse para la puesta en práctica del procedimiento de la invención así como a pruebas de detección de explosivos que se han realizado con este aparato y que han permitido validar el procedimiento de la invención.

Es evidente, no obstante, que esta descripción complementaria sólo se facilita a título de ilustración del objeto según la invención y no constituye en modo alguno una limitación de este objeto.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un esquema de principio de un ejemplo de aparato susceptible de usarse para la puesta en práctica del procedimiento de la invención, visto en corte transversal.

La figura 2 representa esquemáticamente una parte del aparato mostrado en la figura 1.

La figura 3 muestra los resultados de una primera prueba de detección de un explosivo mediante el procedimiento de la invención, que se ha realizado con vapores de 2,4-dinitrotolueno diluidos en el aire ambiental.

La figura 4 muestra los resultados de una segunda prueba de detección de un explosivo mediante el procedimiento de la invención, que se ha realizado con vapores de peróxido de hidrógeno diluidos en el aire ambiental.

La figura 5 muestra los resultados de una tercera prueba de detección de un explosivo mediante el procedimiento de la invención, que se ha realizado con vapores de triperóxido de triacetona diluidos en el aire ambiental.

Exposición detallada de modos de realización particulares

Se hace referencia en primer lugar a la figura 1 que corresponde a un esquema de principio de un ejemplo de aparato susceptible de usarse en el procedimiento de la invención.

En este ejemplo, el aparato, que tiene la referencia 10, se presenta en forma compacta, precisamente en forma de una caja 11 prevista para llevarse por una sola persona gracias a un asa 12 dispuesta sobre su cara externa superior.

Tal como resulta visible en la figura 1, el interior del maletín 11 está dividido en dos compartimentos, respectivamente 15a y 15b, mediante un tabique 16 vertical.

El compartimento 15a encierra:

- un primer recinto 20, de gran eje a vertical, que está destinado a garantizar a la vez la nebulización de un medio líquido mediante el medio gaseoso del que se trata de determinar si contiene uno o más explosivos, así como la condensación mediante coalescencia de una parte de la neblina formada mediante esta nebulización;

- un conducto 35, que sirve para alimentar el medio gaseoso en el primer recinto 20 y que, para ello, tiene un extremo 35a que está situado fuera del maletín 11 y un extremo 35b que está situado en el primer recinto 20;

- un segundo recinto 40, también de gran eje b vertical, cuya función es la de garantizar la condensación térmica de la neblina que no ha condensado en el primer recinto 20;

- un conducto 45, que conecta los recintos 20 y 40 entre sí, y que sirve concretamente para evacuar el medio gaseoso fuera del primer recinto 20; y

- un conducto 50, que sirve para evacuar el medio gaseoso fuera del segundo recinto 40 y que, para ello, conecta este recinto a una bomba 60 aspirante situada en el compartimento 15b, atravesando el tabique 16.

El compartimento 15a también encierra un dispositivo cuya función es la de enfriar el segundo recinto 40 para permitir la condensación térmica de la neblina que no ha condensado en el primer recinto 20 y, eventualmente, el primer recinto 20 para limitar una volatilización del medio líquido si éste es a base de uno o más disolventes volátiles

y evitar así una pérdida de disolvente(s).

5 En el modo de realización ilustrado en la figura 1, este dispositivo es una célula 52 de efecto Peltier cuya cara, que está destinada a servir de cara 53 fría en condición de funcionamiento del aparato, se sitúa en contacto con el tabique 16 y se dirige hacia el interior del compartimento 15a, mientras que la cara, que está destinada a servir de cara 54 caliente, se sitúa en el compartimento 15b.

El compartimento 15b encierra, por su parte:

10 - la bomba 60 aspirante, que es, preferiblemente, una bomba volumétrica y cuya función es la de poner en depresión el interior de los recintos 20 y 40 y permitir, así, que el medio gaseoso penetre en estos recintos, que circule por los mismos y que se evacue de los mismos en un flujo continuo;

15 - un conducto 65, cuya función es la de evacuar el medio gaseoso fuera del maletín 11 y que, para ello, conecta la bomba 60 aspirante con el exterior del maletín 11 atravesando la pared 17b lateral de este último;

- un caudalímetro 61 acoplado a la bomba 60 aspirante, que sirve para medir el caudal del flujo gaseoso que atraviesa los recintos 20 y 40;

20 - un bloque 70 de ventilación, que sirve para evacuar fuera del compartimento 15b el calor desprendido por la cara caliente de la célula 52 de efecto Peltier en este compartimento;

- circuitos electrónicos programados (no representados en la figura 1), que se gestionan por una unidad 75 de mando y control para el control y la regulación del funcionamiento del aparato 10; y

25 - un sistema 80 de alimentación con energía eléctrica, que está destinada concretamente a alimentar la célula 52 de efecto Peltier, la bomba 60 aspirante, el caudalímetro 61, el contador 62, el bloque 70 de ventilación, los circuitos electrónicos programados y la unidad 75 central de mando y control, comprendiendo ventajosamente este sistema de alimentación medios que permiten conectar el aparato a una red eléctrica o a baterías externas tales como un cable de conexión, y, por otra parte, medios del tipo baterías, acumuladores recargables o análogos, que lo hacen adecuado para funcionar de modo autónomo.

35 Se hace referencia ahora a la figura 2 que representa, en forma esquemática, los elementos del aparato 10 presentes en el compartimento 15a, con la excepción no obstante de la cara 53 fría de la célula 52 de efecto Peltier.

Se encuentra por tanto, en esta figura, el primer recinto 20, el conducto 35 que sirve para alimentar el medio gaseoso en este primer recinto, el segundo recinto 40, el conducto 45 que conecta los dos recintos 20 y 40, así como el conducto 50 que sirve para evacuar el medio gaseoso fuera del segundo recinto.

40 Tal como resulta visible en la figura 2, el primer recinto 20 se compone de tres partes que son, de abajo arriba:

- un depósito 21, que forma la parte inferior de este recinto y que se llena, antes de cada operación de extracción/concentración, con un volumen predeterminado del medio líquido elegido para realizar esta operación;

45 • una cámara 23 de nebulización, que forma la parte intermedia de este recinto; y

- una bóveda 24 de condensación, que forma la parte superior de este recinto.

50 El depósito 21, la cámara 23 de nebulización y la bóveda 24 de condensación presentan cada uno una pared, respectivamente 21a, 23a y 24a, que delimita un cilindro de sección transversal circular, estando la pared 23a del depósito 21 cerrada en su extremo inferior, mientras que la pared 24a de la bóveda de condensación está cerrada en su extremo superior.

55 Estas paredes están dotadas de roscados de forma y de dimensiones conjugadas que permiten montar y desmontar a voluntad el depósito 21, la cámara 23 de nebulización y la bóveda de condensación mediante simple enroscado.

El primer recinto 20 encierra medios de nebulización. Estos medios comprenden:

60 - por una parte, una boquilla 31 de nebulización, que está formada mediante una reducción progresiva de la sección de la parte del conducto 35 se que se encuentra en el interior de la cámara 23 de nebulización de manera que aumenta, en condición de funcionamiento del aparato, la velocidad a la que el medio gaseoso se libera en esta cámara con respecto a la velocidad de flujo del medio gaseoso en el conducto 35, y que está terminada por un orificio 32; y

65 - por otra parte, un tubo 33 de nebulización, que está dispuesta verticalmente en el primer recinto a la vez que se curva en su parte superior, de modo que su abertura 33a inferior puede sumergirse en el medio líquido contenido en

el depósito 21 en condición de funcionamiento del aparato, mientras que su abertura 33b superior, que presenta una sección sensiblemente inferior a la presentada por el resto de este tubo, se sitúa justo por encima del orificio 32 de la boquilla de nebulización.

- 5 Tal como resulta visible también en la figura 2, el segundo recinto 40 presenta una pared 40a que delimita un cilindro de sección transversal circular y que está abierta en sus dos extremos.

10 A nivel de su extremo inferior, la pared 40a está dotada de una rejilla que forma la base del segundo recinto 40 y cuyas aberturas permiten dejar pasar, en condición de funcionamiento del aparato, la neblina procedente del primer recinto 20 así como las gotas que se forman en el segundo recinto 40 mediante la condensación térmica de esta neblina, a la vez que se conserva un relleno 42 de tipo de cilindros de polieteretercetona, bolas de politetrafluoroetileno (Teflon®), bolas de acero inoxidable o anillos de Raschig, que está alojado en este segundo recinto.

15 Este relleno, cuya función es la de aumentar la superficie fría sobre la que la neblina es susceptible de condensarse en condición de funcionamiento del aparato y de optimizar así la condensación de esta neblina, también se retiene, en la parte superior del segundo recinto 40, mediante un filtro 43 que ofrece una última superficie de condensación para las gotitas de medio líquido eventualmente aún presente en el medio gaseoso justo antes de que éste abandone el segundo recinto 40 mediante el conducto 50.

20 En su parte inferior, el segundo recinto 40 está alojado y sujeto mediante enroscado en un bloque 44 de soporte que rodea el conducto 45, conectando este conducto, en efecto, la base del segundo recinto 40 a la pared 23a de la cámara 23 de nebulización del primer recinto 20, sensiblemente a la altura del orificio 32 de la boquilla 31 de nebulización y de la abertura 33b del tubo 33 de nebulización.

25 En su parte superior, el segundo recinto 40 comprende una tapa 46, que está alojada y sujeta en este recinto mediante enroscado y que está dotada de un orificio 47 a nivel del que se conecta el conducto 50 que sirve para evacuar el medio gaseoso fuera de dicho recinto.

- 30 Tal como resulta visible además en la figura 2, el depósito 21 está dotado de medios 22 de medición espectrofotométrica y/o fluorimétrica.

35 Para mediciones espectrofotométricas, estos medios 22 comprenden uno o más dispositivos que comprenden cada uno, por una parte, una fuente luminosa (UV o visible) que permite iluminar el medio líquido contenido en el depósito 21 a una longitud de onda predeterminada, y, por otra parte, un sensor que permite medir la intensidad de la luz transmitida por el medio líquido, sensor que está situado en el mismo plano horizontal que la fuente luminosa pero enfrentado a la misma.

40 La fuente luminosa comprende, por ejemplo, un fotodiodo que está situado a nivel del depósito 21 y que está conectado al sistema 80 de alimentación con energía eléctrica presente en el compartimento 15b, o bien una fibra óptica uno de cuyos extremos está situado a nivel del depósito 21 y el otro de sus extremos está conectado a un fotodiodo que, a su vez, está colocado en el compartimento 15b.

45 De manera similar, el sensor puede comprender un fotomultiplicador que está situado a nivel del depósito 21 (en cuyo caso, la señal transmitida por este fotomultiplicador es una señal eléctrica), o bien una fibra óptica uno de cuyos extremos está situado a nivel del depósito 21 y el otro de sus extremos está conectado a un fotomultiplicador que, a su vez, está situado en uno de los circuitos electrónicos programados presentes en el compartimento 15b (en cuyo caso, la señal transmitida por esta fibra óptica es una señal óptica).

- 50 También pueden estar previstas una o más lentes convergentes de manera que toda la luz transmitida por el medio líquido se capte correctamente por el sensor.

55 Para mediciones fluorimétricas, los medios 22 comprenden uno o más dispositivos análogos a los que acaban de describirse, salvo que, al ser la fluorescencia emitida por una sustancia similar en todas las direcciones, el sensor se coloca, preferiblemente, en el mismo plano horizontal que la fuente luminosa pero de manera transversal a esta fuente para librarse en parte de la señal debida al haz luminoso emitido por la fuente luminosa. Por otro lado, la fuente luminosa está dotada de un filtro óptico (de paso alto o pasabanda) que permite filtrar la longitud de onda de excitación.

- 60 La detección de un explosivo presente en un medio gaseoso tal como el aire ambiental, mediante el aparato 10 que acaba de describirse, se realiza de la siguiente manera.

65 Se llena en primer lugar el depósito 21 con un volumen predeterminado de un medio líquido que contiene al menos una sustancia que puede inducir, mediante reacción o interacción con este explosivo o con un producto resultante de degradación de este explosivo mediante un agente químico, una variación de un parámetro fisicoquímico de este medio líquido, y, dado el caso, un agente químico que puede degradar este explosivo.

Después, se monta el depósito en la cámara 23 de nebulización. Se acciona la célula de efecto Peltier para enfriar los recintos 20 y 40 primero y segundo así como el o los sistemas 22 de detección.

5 Se pone en marcha la bomba 60 aspirante, lo que tiene como efecto poner en depresión el interior de los recintos 20 y 40 primero y segundo y, por tanto, crear una aspiración del medio gaseoso del exterior del maletín 11 hacia el primer recinto 20 (tal como se ilustra mediante la flecha f_1 en la figura 1).

10 El medio gaseoso penetra entonces en la cámara 23 de nebulización mediante el conducto 35 en un flujo gaseoso continuo cuyo caudal se regular mediante el caudalímetro 61.

15 Mediante la acción conjugada de la depresión que reina en el primer recinto 20 y del aumento, mediante la boquilla 31 de nebulización, de la velocidad a la que el flujo gaseoso se libera en la cámara 23 de nebulización, el medio líquido contenido en el depósito 21 se aspira en el tubo 33 de nebulización mediante efecto Venturi y se libera mediante la abertura 33b que comprende este tubo en su parte superior, justo por encima del orificio 32 de la boquilla 31 de nebulización.

20 Se forma así, en la cámara 23 de nebulización, una neblina compuesta por finas gotitas de medio líquido en suspensión en el medio gaseoso y que permite, mediante un contacto íntimo y homogéneo entre el medio líquido y el medio gaseoso, que todos los elementos presentes en el medio gaseoso, y ello independientemente del estado en el que se encuentran (gaseoso, líquido y/o sólido), se disuelvan en el medio líquido y se transfieran así de dicho medio gaseoso al medio líquido.

25 El contacto íntimo entre el medio líquido y el medio gaseoso permite además que el explosivo reaccione o interaccione con la sustancia destinada a permitir su detección o bien que se degrade mediante el agente químico presente en el medio líquido, en cuyo caso es uno de los productos de degradación el que reacciona o interacciona con dicha sustancia.

30 La neblina se eleva hacia la bóveda 24 de condensación. Una parte de estas gotitas se condensa mediante coalescencia en contacto con la superficie mojada de la pared de la bóveda de condensación y forma gotas que fluyen por gravedad a lo largo de esta pared y llegan, así, al depósito 21.

35 Simultáneamente, la neblina, que no se condensa en el primer recinto 20, se escapa de este último mediante el conducto 45, atraviesa el elemento 41 cilíndrico y penetra en el segundo recinto 40 donde las gotitas de medio líquido que lo constituyen se condensan en contacto con la superficie fría de los elementos del relleno 42 y de la pared 40a de este segundo recinto. Esta condensación se traduce también mediante la formación de gotas que fluyen por gravedad en el conducto 45, después a lo largo de la parte de la pared 23 que separa este conducto del depósito 21, y llegan a este depósito.

40 Así, a medida que el medio líquido contenido en el depósito 21 se nebuliza, este depósito se alimenta con medio líquido, a la vez mediante las gotas que se forman en la bóveda 24 de condensación y mediante las que se forman en el segundo recinto 40, lo que permite realizar la nebulización en continuo y concentrar progresivamente, en el medio líquido, los elementos inicialmente presentes en el medio gaseoso o los que se forman en la neblina producida mediante la nebulización, y ello tanto tiempo como se desee.

45 El medio gaseoso, por su parte, abandona el segundo recinto 40 mediante el conducto 50 (tal como se ilustra mediante la flecha f_2 en la figura 2), después de haber atravesado el filtro 43, haberse depurado y haberse secado.

50 Para poner fin a la operación de extracción-concentración, basta con detener la bomba 61 aspirante, lo que tiene como efecto inmediato la parada de la alimentación del medio gaseoso en el primer recinto 20, el efecto Venturi, la aspiración del medio líquido en el tubo 33 de nebulización y la generación de la neblina.

Teniendo en cuenta la presencia del o de los medios 22 de medición, es posible:

55 - esperar al final de la operación de extracción-concentración para medir el parámetro fisicoquímico del medio líquido que se sabe que va a modificarse si el explosivo buscado está presente en el medio gaseoso; o bien

60 - efectuar una medición de este parámetro fisicoquímico a intervalos de tiempo, regulares o no, mientras se desarrolla la operación de extracción; o bien incluso

60 - efectuar una medición de este parámetro fisicoquímico en continuo durante toda la duración de la operación de extracción y de concentración del explosivo en el medio líquido de manera que se dispone de un sistema de alerta.

65 En todos los casos, el resultado de la medición se compara con uno o más blancos que se han establecido previamente efectuando operaciones de extracción-nebulización con un medio líquido de composición idéntica y un medio gaseoso de igual naturaleza pero exento de cualquier traza de explosivo.

El procedimiento de la invención se validó mediante las siguientes pruebas de detección, que se realizaron usando un aparato tal como se ilustra en la figura 2, en el que el primer recinto 20 mide 24 cm de alto por 9 cm de diámetro y está dotado de un depósito 21 de 8 cm por 5 cm de diámetro, este depósito está dotado de fotodiodos para realizar mediciones mediante espectrofotometría, mientras que el segundo recinto 40 está equipado de un relleno 42 constituido por bolas de acero inoxidable.

Prueba 1: detección de vapores de 2,4-DNT diluidos en el aire ambiental

Se realizó una prueba de detección de vapores de 2,4-DNT diluidos en el aire ambiental usando, como medio líquido, 25 ml de una disolución de hidróxido de tributilamonio al 6% en volumen en acetonitrilo.

En presencia de hidróxido de tributilamonio y de acetonitrilo, el 2,4-DNT se transforma, en efecto, en un anión de Janowsky de color rojo, cuyo pico de absorción se sitúa en 517 nm y que por tanto puede detectarse fácilmente mediante espectrofotometría.

En el marco de esta prueba, se realizó una primera operación de nebulización-concentración, de una duración de treinta minutos, usando el aire ambiental como medio gaseoso, estando exento este aire de 2,4-DNT, para obtener un blanco.

Después, se realizó una segunda operación de nebulización-concentración, de una duración de veinticinco minutos, usando como medio gaseoso, el aire ambiental, todavía exento de 2,4-DNT, durante los siete primeros minutos, después añadiendo a este aire 2,4-DNT, en una cantidad de 30 ppb en volumen.

Se utilizaron todos los medios gaseosos a un caudal de 3,2 l/minuto.

Durante toda la duración de las operaciones de nebulización-concentración, se mantuvo la temperatura de los recintos 20 y 40 a 5°C y se midió la densidad óptica del medio líquido a la longitud de onda de 500 nm.

Los resultados de esta prueba se ilustran en la figura 3 en la que la curva A corresponde a la evolución de la densidad óptica obtenida durante la primera operación de nebulización-concentración (blanco), mientras que la curva B corresponde a la evolución de la densidad óptica obtenida durante la segunda operación de nebulización-concentración, plasmándose la adición del 2,4-DNT en el aire ambiental mediante la flecha negra.

Esta figura muestra que, en el caso del blanco, la densidad óptica aumentó ligeramente, de manera progresiva y regular, a lo largo del tiempo. Este aumento de la densidad óptica está relacionado con el hecho de que se produce una ligera pérdida de disolvente (acetonitrilo) durante la operación de nebulización-concentración.

Muestra que se observó un aumento de la densidad óptica similar (y por los mismos motivos) durante los doce primeros minutos de la segunda operación de nebulización-concentración pero que la densidad óptica aumentó de manera drástica durante los trece minutos restantes de esta operación.

Esto significa que la detección de los vapores de 2,4-DNT presentes en el aire ambiental se efectúa cinco minutos después de la adición del 2,4-DNT en este aire.

Así, no solamente el procedimiento de la invención permite detectar 2,4-DNT, que está presente, en estado gaseoso, en el aire ambiental en estado de trazas (30 ppb), sino que permite además realizar esta detección en un lapso de tiempo muy corto desde el inicio de la operación de detección.

Prueba 2: detección de vapores de peróxido de hidrógeno diluidos en el aire ambiental

Se realizó una prueba de detección de vapores de peróxido de hidrógeno diluidos en el aire ambiental usando, como medio líquido, 25 ml de una disolución que comprendía oxosulfato de titanio (IV), de fórmula $TiOSO_4$, de modo que estaba al 5% másico de titanio. Se añade ácido sulfúrico, a razón de 3,8 mol/l para estabilizar el oxosulfato de titanio, agua y acetonitrilo en una razón volumétrica de agua/acetonitrilo de 50/50.

El peróxido de hidrógeno forma, en efecto, con el oxosulfato de titanio (IV) un complejo de color amarillo, cuyo pico de absorción se sitúa en 410 nm, y que por tanto puede detectarse fácilmente mediante espectrofotometría.

Se realizó una primera operación de nebulización-concentración, de una duración de cinco minutos, usando como medio gaseoso el aire ambiental, estando exento este aire de peróxido de hidrógeno, para obtener un blanco.

Después, se realizó una segunda operación de nebulización-concentración, de una duración de cinco minutos, usando como medio gaseoso el aire ambiental, todavía exento de peróxido de hidrógeno, durante los cien primeros segundos, añadiendo después a este aire peróxido de hidrógeno, en una cantidad de 75 ppm (partes por millón) en volumen.

Se usaron todos los medios gaseosos a un caudal de 3,2 l/minuto.

5 Durante toda la duración de las operaciones de nebulización-concentración, se mantuvo la temperatura de los recintos 20 a 5°C y se midió la densidad óptica del medio líquido a la longitud de onda de 410 nm.

10 Los resultados de esta prueba se ilustran en la figura 4 en la que la curva A corresponde a la evolución de la densidad óptica obtenida durante los cinco minutos de la primera operación de nebulización-concentración (blanco), mientras que la curva B corresponde a la evolución de la densidad óptica obtenida durante los cinco minutos de la segunda operación de nebulización-concentración, plasmándose la adición del peróxido de hidrógeno en el aire ambiental mediante la flecha negra.

15 Esta figura muestra que, en el caso del blanco, la densidad óptica permaneció sensiblemente constante a lo largo del tiempo mientras que, en el caso de la segunda operación de nebulización-concentración, la densidad óptica aumentó de manera brusca en los treinta segundos que siguieron a la adición de peróxido de hidrógeno al medio ambiental (separación de las curvas A y B).

20 Esto significa que la detección de los vapores de peróxido de hidrógeno presentes en el aire ambiental se efectúa a los treinta segundos tras la adición de este explosivo a este aire.

Así, no solamente el procedimiento de la invención permite detectar peróxido de hidrógeno que está presente en estado gaseoso en el aire ambiental en cantidad muy pequeña (75 ppm) sino que permite además realizar esta detección casi instantáneamente desde el inicio de la operación de detección.

25 Prueba 3: detección de vapores de triperóxido de triacetona diluidos en el aire ambiental

30 Se realizó una prueba de detección de vapores de triperóxido de triacetona diluidos en el aire ambiental siguiendo un protocolo operativo idéntico al seguido para la prueba de detección de los vapores de peróxido de hidrógeno descrita anteriormente, salvo que los 75 ppm de peróxido de hidrógeno se reemplazaron por 4 ppm de triperóxido de triacetona.

35 El triperóxido de triacetona se degrada para dar peróxido de hidrógeno mediante el ácido sulfúrico presente en el medio líquido y este peróxido de hidrógeno forma con el oxosulfato de titanio (IV) un complejo de color amarillo, cuyo pico de absorción se sitúa en 410 nm, y que por tanto puede detectarse fácilmente mediante espectrofotometría.

40 Los resultados de esta prueba se ilustran en la figura 5 en la que la curva A corresponde a la evolución de la densidad óptica obtenida durante los catorce primeros minutos de la primera operación de nebulización-concentración (blanco), mientras que la curva B corresponde a la evolución de la densidad óptica obtenida durante los catorce primeros minutos de la segunda operación de nebulización-concentración, plasmándose la adición del triperóxido de triacetona en el aire ambiental mediante la flecha negra.

45 Esta figura muestra que, en el caso del blanco, la densidad óptica permaneció sensiblemente constante a lo largo del tiempo mientras que, en el caso de la segunda operación de nebulización-concentración, la densidad óptica aumentó de manera brusca un minuto y medio después de la adición del triperóxido de triacetona al medio ambiental (separación de las curvas A y B).

Esto significa que la detección de los vapores de triperóxido de triacetona presentes en el aire ambiental se efectúa un minuto y medio después de que se añadiera este explosivo a este aire.

50 Así, no solamente el procedimiento de la invención permite detectar triperóxido de triacetona que está presente en estado gaseoso en el aire ambiental en cantidad extremadamente pequeña (4 ppb) sino que permite además realizar esta detección casi instantáneamente desde el inicio de la operación de detección.

Referencias citadas

55

[1] Patente estadounidense número 5.011.517

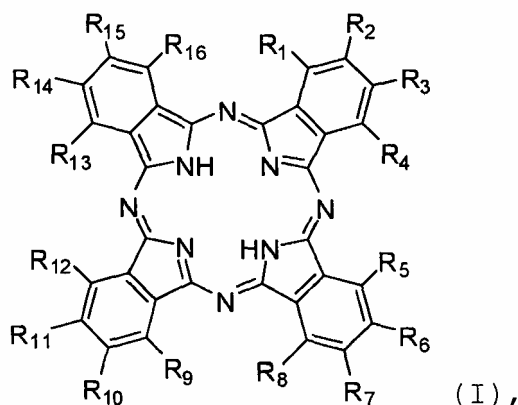
[2] Cofer III *et al.*, *Envir. Sci. Technol.* 1985, 19(6), 557-560

60

[3] Solicitud internacional PCT publicada con el número WO 2005/025721

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para detectar *in situ* la presencia de al menos un explosivo en un medio gaseoso, comprendiendo el procedimiento una operación de extracción y de concentración de este explosivo en un medio líquido, comprendiendo esta operación la nebulización del medio líquido mediante el medio gaseoso y la condensación de las gotitas de medio líquido que forman la neblina producida mediante esta nebulización, y caracterizado porque:
- 5 - se usa, como medio líquido, un medio que contiene al menos una sustancia que puede reaccionar con este explosivo o con un producto resultante de la degradación de este explosivo mediante un agente químico, y cuya reacción o interacción con dicho explosivo o dicho producto de degradación conlleva una variación de al menos un parámetro fisicoquímico del medio líquido;
- 10 - se mide dicho parámetro fisicoquímico durante la operación de extracción y de concentración del explosivo o al final de esta operación; y
- 15 - se correlaciona el resultado de la medición de dicho parámetro fisicoquímico con la presencia o la ausencia del explosivo en el medio gaseoso.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el explosivo se elige de los explosivos intrínsecos, sus precursores y los marcadores de explosivos.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el explosivo se elige de los compuestos nitroaromáticos, las nitraminas, los ésteres nítricos y los peróxidos orgánicos.
- 25 4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el parámetro fisicoquímico del medio líquido es una propiedad óptica.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que la propiedad óptica es la densidad óptica o la fluorescencia.
- 30 6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la sustancia contenida en el medio líquido se elige de las bases fuertes y los halogenuros de tributilamonio.
7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la sustancia contenida en el medio líquido se elige de los compuestos de titanio (IV).
- 35 8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la sustancia contenida en el medio líquido es el oxosulfato de titanio.
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la sustancia contenida en el medio líquido es una ftalocianina, una cumarina o la dansilamida.
- 40 10. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que la ftalocianina responde a la siguiente fórmula (I):



45 en la que:

- R₁, R₄, R₅, R₈, R₉, R₁₂, R₁₃ y R₁₆, idénticos o diferentes, representan un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo que comprende de 1 a 4 átomos de carbono y, aún mejor, un grupo metilo o etilo, mientras que R₂, R₃, R₆, R₇, R₁₀, R₁₁, R₁₄ y R₁₅ representan un grupo alcoxilo; o bien
- 50

- R₁, R₂, R₄, R₅, R₆, R₈, R₉, R₁₀, R₁₂, R₁₃, R₁₄ y R₁₆ representan un átomo de hidrógeno, mientras que R₃, R₇, R₁₁ y R₁₄ representan un grupo ariloxilo o un grupo sililado;

pudiendo esta ftalocianina estar metalada o no metalada.

5 11. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el medio líquido contiene además al menos un agente químico que puede degradar el explosivo y/o al menos un compuesto adecuado para favorecer la solubilización en el medio líquido del explosivo o del producto resultante de su degradación mediante el agente químico.

10 12. Procedimiento según la reivindicación 11 dependiente de la reivindicación 7 o de la reivindicación 8, en el que el agente químico es un ácido fuerte, preferiblemente ácido sulfúrico.

15 13. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la medición del parámetro fisicoquímico del medio líquido se realiza mediante espectrofotometría o mediante fluorimetría.

20 14. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la medición del parámetro fisicoquímico del medio líquido se efectúa en continuo durante toda la duración de la operación de extracción y de concentración del explosivo en el medio líquido.

25 15. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la operación de extracción y de concentración del explosivo en el medio líquido comprende una primera y una segunda condensación de las gotitas de medio líquido que forman la neblina producida mediante la nebulización, realizándose la primera condensación mediante coalescencia de las gotitas sobre una superficie mojada y realizándose la segunda condensación mediante contacto de dichas gotitas con una superficie fría.

16. Procedimiento según la reivindicación 15, que se pone en práctica en un aparato (10) que comprende:

30 - un primer recinto (20) de nebulización y de condensación, que presenta una parte (24) superior y una parte (21) inferior destinada a contener el medio líquido, y que está dotada de un conducto (35) de alimentación del medio gaseoso, de medios (31, 33) para nebulizar el medio líquido, y de un primer conducto (45) de evacuación del medio gaseoso;

35 - medios (60) de puesta en depresión o en sobrepresión del interior del primer recinto para permitir que el medio gaseoso penetre en este primer recinto, que circule por el mismo y que se evacue del mismo, en un flujo continuo;

40 - un segundo recinto (40) de condensación, estando conectado este segundo recinto al conducto (45) de evacuación del medio gaseoso del primer recinto, y estando dotado de un segundo conducto (50) de evacuación del medio gaseoso; y

- medios (52) para enfriar este segundo recinto; y

45 - medios (22) para medir el parámetro fisicoquímico del medio líquido cuya variación se induce mediante la reacción o la interacción entre la sustancia y el explosivo o el producto resultante de su degradación mediante el agente químico.

17. Procedimiento según la reivindicación 16, en el que los medios para medir el parámetro fisicoquímico del medio líquido son medios de medición espectrofotométrica y/o fluorimétrica.

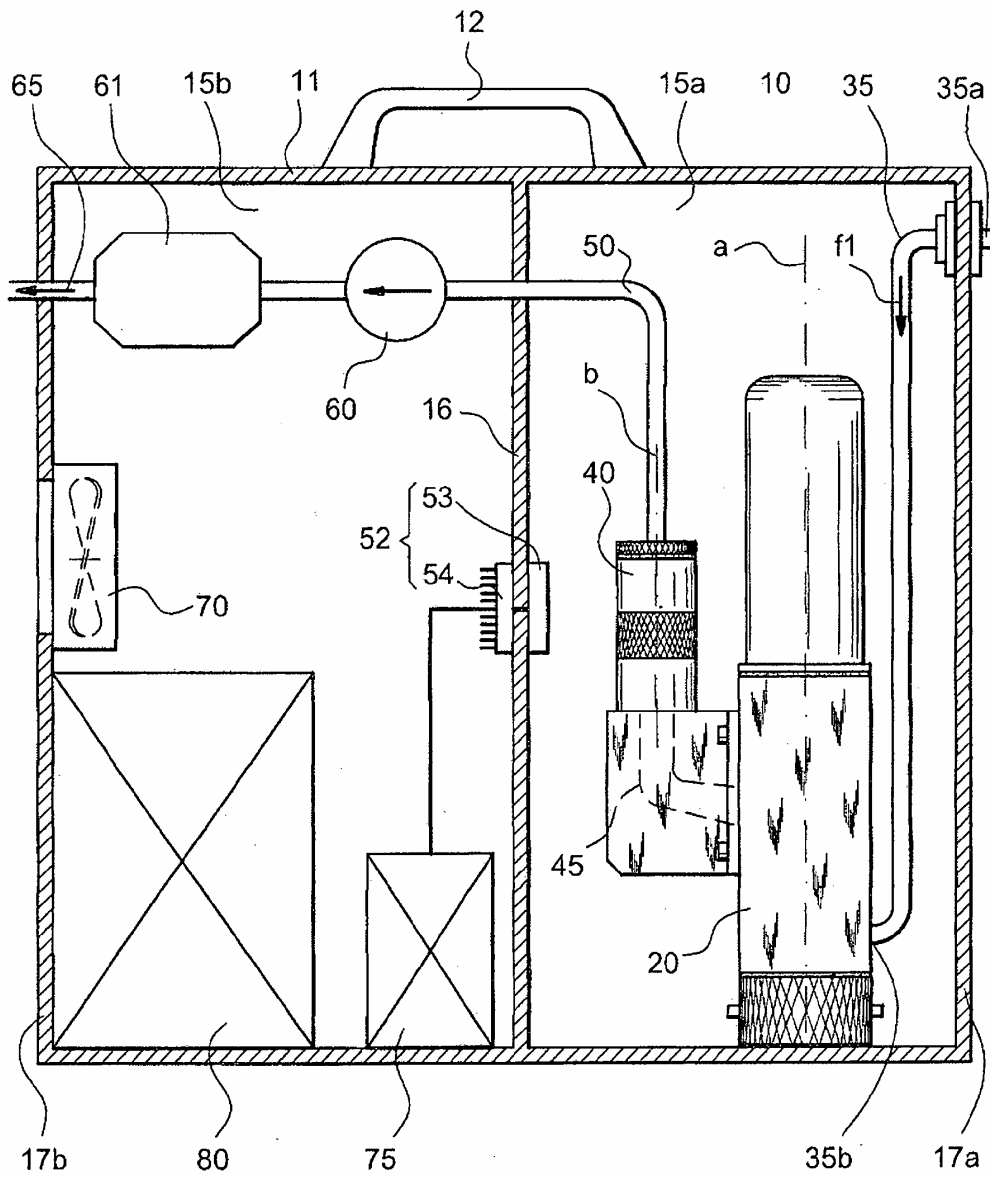


FIG. 1

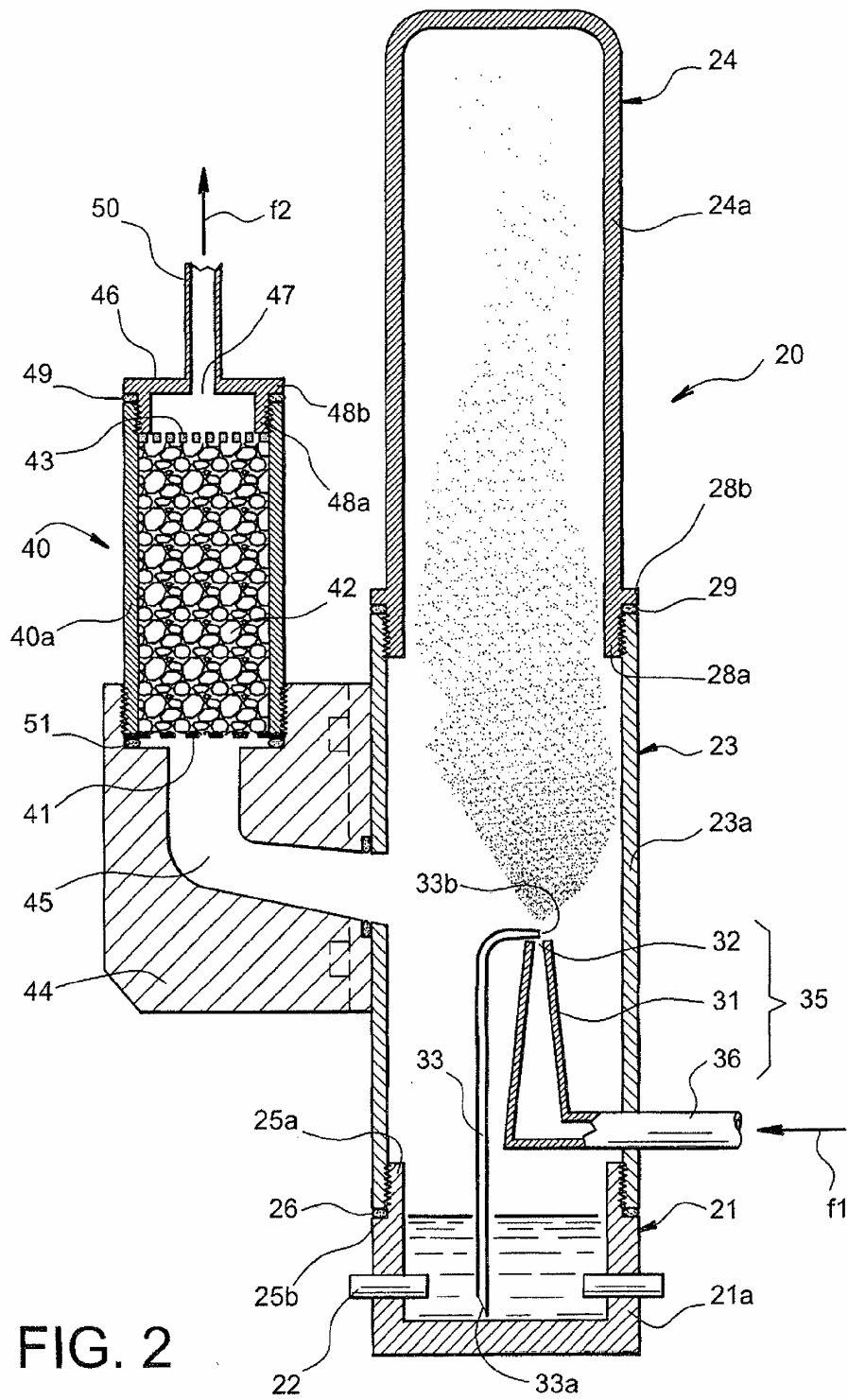


FIG. 2

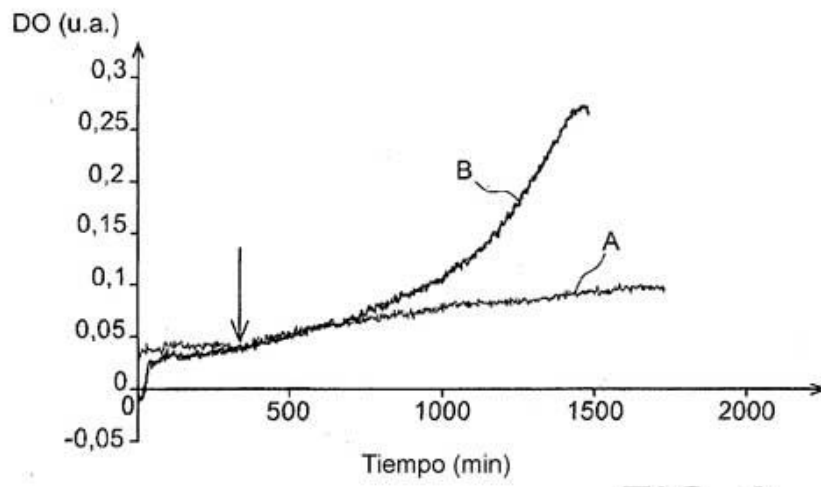


FIG. 3

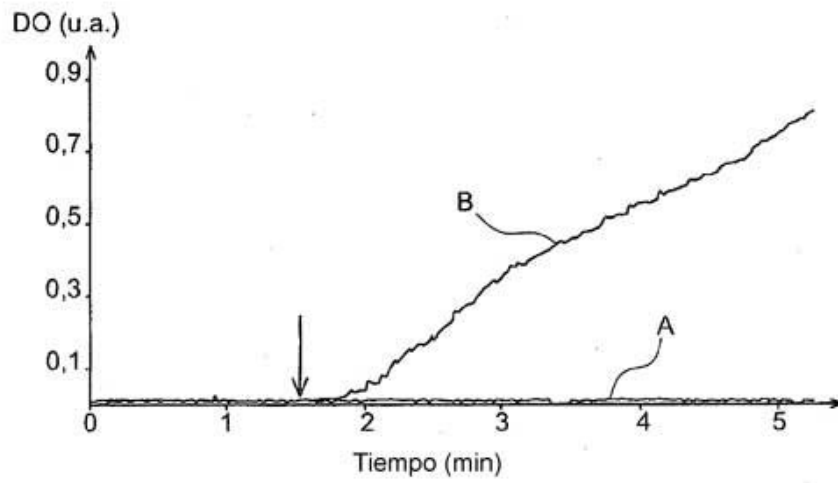


FIG. 4

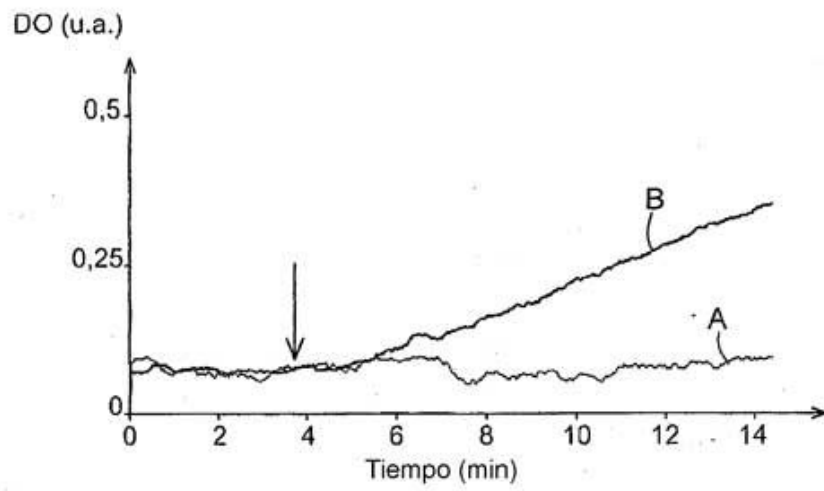


FIG. 5