

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 661 740**

51 Int. Cl.:

F24F 13/16	(2006.01) A61L 9/015	(2006.01)
A61L 9/01	(2006.01) A61L 9/22	(2006.01)
F24F 11/00	(2006.01)	
B03C 3/013	(2006.01)	
B03C 3/016	(2006.01)	
B03C 3/155	(2006.01)	
B03C 3/12	(2006.01)	
F24F 3/16	(2006.01)	
B03C 3/08	(2006.01)	
A61L 9/20	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.05.2009 PCT/EP2009/055849**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **19.11.2009 WO09138464**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.05.2009 E 09745796 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.12.2017 EP 2307813**

54 Título: **Método y dispositivo para limpiar aire**

30 Prioridad:

16.05.2008 EP 08388017

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

03.04.2018

73 Titular/es:

**KØBENHAVNS UNIVERSITET (100.0%)
Nørregade 10
1017 København K , DK**

72 Inventor/es:

**JOHNSON, MATTHEW STANLEY y
ARLEMARK, JAN**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 661 740 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

Método y dispositivo para limpiar aire

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un método y un dispositivo para limpiar la contaminación del aire, en los que el aire que va a limpiarse se somete a una secuencia de tratamientos físicos y químicos.

10 **Antecedentes de la invención**

La contaminación del aire de interiores se produce por muchas fuentes incluyendo materiales de construcción y mobiliario, actividad industrial, al cocinar y por el metabolismo humano. Si no se hace nada, esta contaminación es perjudicial para la salud y la calidad de vida. El principal método para mejorar la calidad del aire de interiores es la dilución: se incorpora aire fresco desde el exterior. Esto es caro porque en un clima frío, el aire debe calentarse y en un clima cálido debe enfriarse y deshumidificarse.

En la actualidad, no se dispone de ningún dispositivo para limpiar grandes volúmenes de aire de interiores de manera económica y eficaz. La filtración mecánica implica una conductancia limitada y una caída de presión, lo que requiere grandes ventiladores que implican un gran consumo de energía. Además, el filtro debe cambiarse y puede convertirse por sí mismo en una fuente de bacterias. La filtración electrostática no produce una gran caída de presión, sino que solo retira partículas preexistentes; no actúa sobre la contaminación en fase gaseosa. Se usa ozonólisis para eliminar olores pero los productos químicos de la ozonólisis a menudo son más peligrosos que los compuestos originales, además hay componentes importantes de la contaminación del aire de interiores que no reaccionan con el ozono. Se usa luz UV para esterilizar aire en hospitales, pero este método sólo retira muy pocos tipos específicos de contaminación de la corriente de aire.

El documento US 6 589 486 (Spanton) da a conocer un aparato de purificación de aire y un método adecuado para su uso en un sistema de calefacción, ventilación y/o acondicionamiento de aire (HVAC) de edificios por aire forzado convencional de un edificio. El aire se trata con radiación ultravioleta (UV) y ozono. La radiación UV es germicida y elimina microorganismos, incluyendo tanto bacterias como virus. El ozono limpia el aire y elimina olores del aire. El ozono en combinación con radiación UV destruye los microorganismos que no se eliminan por la radiación UV. Spanton no da a conocer cómo retirar partículas y contaminantes gaseosos tóxicos tales como humo y polvo del aire. Por tanto, Spanton no sugiere controlar el procedimiento con el fin de optimizar la formación de aerosoles, entre otras cosas, garantizando un tiempo suficiente para el crecimiento de aerosoles y/o mediante la adición de aceleradores de la formación de aerosoles tales como agua y amoniaco.

La solicitud de patente estadounidense 2004/0120845 (Potember *et al.*) da a conocer un método y un aparato para neutralizar patógenos transmitidos por el aire en aire ventilado, y en sistemas de calefacción o acondicionamiento de aire. El sistema tiene una cámara de reacción de flujo continuo que contiene una fuente de luz UV que emite cortos destellos intensos de luz UV de amplio espectro, una fuente de pulverización o vapor de agua, y un generador de ozono. Después del tratamiento con UV y ozono, el aire pasa a través de una matriz porosa y un soporte sólido recubierto con un catalizador de retirada de ozono. El paso a través de una matriz de este tipo requiere una presión suficiente que requiere un consumo de energía del ventilador sustancial. Además, Potember *et al.* no dan a conocer cómo retirar la contaminación de la corriente de aire usando mecanismos de crecimiento de partículas de aerosol.

El documento US 5 656 242 (Morrow *et al.*) da a conocer un purificador de aire que tiene una placa perforada entre lámparas UV y un filtro de aire poroso. El material biológico queda atrapado por el filtro y se elimina por la baja dosis de radiación UV que pasa a través de las perforaciones en la placa. El aire filtrado que pasa a través de la placa se somete a una alta dosis de radiación UV que esteriliza el material biológico restante en el aire. Un filtro electrostático en la salida puede atrapar virus que se han cargado positivamente o bien mediante la acción de las lámparas UV o bien mediante la carga positiva de la placa con el fin de separar los electrones de los virus. Las lámparas UV pueden ser lámparas de mercurio que se permite que emitan tanto a sus longitudes de onda de formación de ozono así como a la longitud de onda de descomposición de ozono. En tal caso, un filtro de luz que rodea a las lámparas que sólo deja pasar luz en la longitud de onda de descomposición de ozono. Como consecuencia, el aire sometido a la luz sin filtrar se expone al ozono, que es un conocido biocida. La luz filtrada está en una zona que está llena con neblina acuosa de manera que resultan radicales hidroxilo. El aire que pasa a través de esta zona se limpia mediante los radicales hidroxilo. Morrow *et al.* no dan a conocer cómo tratar el aire con ozono antes del tratamiento con radiación UV. Morrow no da a conocer la retirada de contaminación a través de la formación de aerosoles. No controlan la dosificación de ozono.

La solicitud de patente estadounidense 2004/005252 da a conocer un método y un aparato para tratar aire en los que el aire que va a tratarse se dirige como un flujo continuo en sucesión a través de una pluralidad de zonas de tratamiento donde se trata con ozono, luz ultravioleta, aerosol y se filtra.

Se usan purificadores de aire electrostáticos para retirar partículas producidas por soldadura. También se

comercializan para limpiar aire de interiores, por ejemplo en oficinas y hogares. Estos sistemas retiran las partículas preexistentes (por ejemplo, humo), pero no retiran gases tóxicos ni otros compuestos contaminantes que no están en forma de partículas.

5 El ozono se usa actualmente para eliminar olores en muchos campos. Ejemplos son sistemas de extracción de cocinas, establos para el ganado y plantas de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, los productos de la ozonólisis normalmente son más irritantes y tóxicos que los compuestos originales por lo que esta no es una solución satisfactoria ya que el aire debe diluirse sustancialmente antes de que sea seguro de respirar.

10 Se usa luz UV en sistemas de circulación de aire de algunos hospitales para esterilizar aire. Sin embargo, esta aplicación no puede retirar muchos tipos de contaminación incluyendo la mayor parte de productos químicos y partículas en fase gaseosa.

15 El objeto de la presente invención es satisfacer la demanda de una retirada universal o de "amplio espectro" de la contaminación del aire de un modo eficaz y sencillo con un consumo de energía mínimo.

Sumario de la invención

20 Por consiguiente, la presente invención se refiere a un método para limpiar aire, en el que el aire que va a limpiarse se dirige como un flujo continuo en sucesión a través de

a) una primera zona en la que el aire se trata con ozono;

25 b) una segunda zona en la que el aire se somete a luz ultravioleta;

c) una tercera zona en la que el aire se mantiene durante un tiempo suficiente para permitir el crecimiento de aerosoles;

30 d) una cuarta zona en la que las partículas en el aire se dotan de una carga eléctrica

e) una quinta zona en la que el aire se hace pasar a través de un filtro electrostático; y

f) una sexta zona en la que el aire fluye sobre un catalizador para descomponer el ozono residual.

35 Por "tiempo suficiente para permitir el crecimiento de aerosoles" tal como se usa en el presente documento, quiere decirse un tiempo en el que se retira de la corriente de aire una fracción significativa de la contaminación real que va a retirarse, tal como al menos el 60, el 70 o el 80% en peso, preferiblemente el 90% en peso, lo más preferiblemente el 99% en peso, de la contaminación que puede retirarse por sí misma o cuyos productos de reacción pueden retirarse mediante la formación de aerosoles. Además, la contaminación puede retirarse mediante procedimientos fotoquímicos concomitantes, incluyendo ozonólisis, fotólisis y reacciones por radicales. El tiempo requerido para la formación de aerosoles puede depender del tipo y la cantidad reales de contaminación que va a retirarse y puede estimarse por el experto en la técnica basándose en análisis relevantes. El tiempo requerido puede garantizarse mediante el diseño apropiado de las dimensiones de la tercera zona (c) y/o la temperatura en la tercera zona (c) y/o la velocidad del flujo de aire en la tercera zona (c).

45 La presente invención también se refiere a un dispositivo de limpieza de aire que incluye un canal con una entrada de aire para aire que va a limpiarse y una salida de aire para aire limpio y medios para conducir aire a través del canal desde la entrada hasta la salida, en el que el canal tiene las siguientes zonas en sucesión:

50 a) una primera zona que tiene una fuente de ozono;

b) una segunda zona que tiene una fuente de luz ultravioleta;

55 c) una tercera zona que tiene unas dimensiones que permiten el crecimiento de aerosoles;

d) una cuarta zona que tiene un generador de descarga eléctrica;

e) una quinta zona que tiene uno o más filtros electrostáticos; y

60 f) una sexta zona que tiene un catalizador para la retirada del ozono residual.

La presente invención proporciona una retirada de "amplio espectro" deseable de los diversos tipos de contaminación del aire de interiores incluyendo gases irritantes y/o tóxicos, compuestos orgánicos, microorganismos y partículas sólidas y líquidas que son peligrosas para la salud y perjudiciales para la calidad de vida. Por tanto, los tratamientos combinados no sólo eliminan microorganismos, sino que también someten a compuestos tóxicos y peligrosos a reacciones químicas seguido por aglomeración o captura de los compuestos resultantes, junto con

pequeñas partículas incluyendo polvo y humo en una zona de crecimiento de aerosoles, dando como resultado partículas de aerosol suficientemente grandes como para retirarse del aire en un filtro electrostático una vez que las partículas de aerosol se han cargado eléctricamente.

5 Una ventaja del presente método de la invención es que la caída de presión a través del dispositivo es relativamente pequeña, mediante lo cual el consumo de energía para el flujo de aire necesario es bajo.

Una ventaja adicional es que el aire puede limpiarse suficientemente para reutilizarse en salas más grandes y más pequeñas sin o con un mínimo suministro de aire fresco. Por consiguiente, es posible reducir la necesidad de suministro de aire fresco, y reducir de ese modo la energía requerida para calentar o enfriar y deshumidificar dicho aire fresco. Esto hace que la presente invención sea adecuada para su uso en salas donde el acceso de aire fresco es difícil o imposible.

10 En una realización del método de la invención, la cantidad de ozono suministrado en la primera zona (a) se regula a través de un sistema de retroalimentación basado en mediciones realizadas por un sensor de ozono situado en la tercera zona (c) y/o un sensor de ozono situado en la quinta zona (e) y/o un sensor de ozono situado en la sexta zona (f) sensor(es) de ozono que garantiza(n) que no escape ozono residual al entorno desde la sexta zona (f).

15 Por tanto, en una realización del método de la invención, la cantidad de ozono suministrado en la primera zona (a) se regula a través de un sistema de retroalimentación basado en mediciones realizadas por un sensor de ozono situado después de la sexta zona (f) garantizando que no escape ozono residual al entorno desde la sexta zona.

20 Para garantizar una cantidad adecuada de ozono en las zonas primera, segunda y tercera, la cantidad de ozono suministrado en la primera zona (a) puede regularse a través de un sistema de retroalimentación basado en mediciones realizadas por un sensor de ozono situado en la tercera zona (c).

25 En una realización adicional, la cantidad de ozono suministrado en la primera zona (a) puede regularse a través de un sistema de retroalimentación basado en mediciones combinadas realizadas por sensores de ozono después de la sexta zona (f) y/o entre la quinta zona (e) y la sexta zona (f) y/o en la tercera zona (c).

30 La carga eléctrica proporcionada a las partículas en la cuarta zona (d) puede proporcionarse por una descarga por efecto corona o exposición a radiación ionizante de una fuente radiactiva. La descarga por efecto corona es un método sencillo, económico y eficaz para proporcionar carga eléctrica a las partículas.

35 Por tanto, en una realización preferida, la carga eléctrica en la cuarta zona (d) se proporciona mediante una descarga por efecto corona.

40 Tal como se explicó anteriormente, una característica importante del método de la invención es la formación y el crecimiento de un aerosol. En caso de que el aire que va a tratarse ya contenga humedad suficiente u otros promotores del crecimiento de aerosoles, puede ser innecesaria la adición adicional de tales promotores. Sin embargo, dependiendo del aire que va a tratarse, a menudo se prefiere añadir uno o más promotores del crecimiento de aerosoles tales como agua y/o amoníaco en la primera zona (a).

45 Por consiguiente, el dispositivo de limpieza de aire según la invención incluye preferiblemente un sistema de inyección para la inyección de vapor de agua y/o amoníaco en la primera zona (a).

Un catalizador preferido para la retirada del ozono residual es dióxido de manganeso u óxido de cerio.

50 El grado de aplicabilidad de la invención se deduce de la siguiente descripción detallada. Sin embargo, debe entenderse que la descripción detallada y los ejemplos específicos se incluyen meramente para ilustrar las realizaciones preferidas y que diversas alteraciones y modificaciones dentro del alcance de protección resultarán obvias para los expertos en la técnica basándose en la descripción detallada.

55 **Breve descripción del dibujo**

La invención se explica en detalle a continuación con referencia al dibujo, en el que

la figura 1 es una vista esquemática del dispositivo de limpieza de aire de la invención.

60 **Descripción detallada de la invención**

La presente invención se refiere a un método y un dispositivo para retirar contaminación del aire dentro de un sistema de ventilación de un edificio, aire en una sala o aire en relación con una fuente de contaminación local. En la siguiente descripción, se exponen numerosos detalles específicos con el fin de proporcionar una comprensión exhaustiva de la presente invención. Sin embargo, resultará evidente para un experto en la técnica que la presente invención puede ponerse en práctica sin estos detalles específicos.

Una aplicación de la presente invención es limpiar aire en edificios, pero un experto en la técnica sabrá que el método puede usarse igualmente bien en otras instalaciones, tales como sin limitación, una pequeña unidad para limpiar aire en una sala u oficina, un tren, un avión o cualquier otro espacio confinado sin acceso o con acceso limitado a aire limpio/fresco. Esta pequeña unidad puede ser o no portátil.

Para garantizar que todo el aire contaminado entra y pasa a través del sistema de limpieza de aire, la entrada y la salida de aire de la cámara pueden estar adaptadas para fijarse a los conductos existentes usando métodos conocidos en la técnica, de modo que no se permita que el aire sortee el sistema.

En una realización, la entrada/salida de aire de la cámara está adaptada para fijarse a un sistema de circulación de aire HVAC existente de, por ejemplo, un edificio.

La figura 1 muestra esquemáticamente una realización del dispositivo de limpieza de aire según la invención dispuesto como un canal 1 con una entrada 2 para el aire que va a limpiarse y una salida 3 para el aire limpio. El flujo de aire se proporciona con medios conocidos en sí mismos tales como un ventilador (no mostrado). El lado interior del canal 1 comprende una primera zona (a), una segunda zona (b) una tercera zona (c), una cuarta zona (d), una quinta zona (e) y una sexta zona (f) situadas sucesivamente en la dirección de flujo de aire de izquierda a derecha en la figura 1.

Una fuente 4 de ozono alimenta ozono a la primera zona (a) para el tratamiento con ozono del aire. Además, la primera zona (a) está dotada opcionalmente de una o más fuentes 5 de aceleradores del crecimiento de aerosoles que alimentan agua, amoníaco y/o aceleradores del crecimiento de aerosoles a la primera zona (a).

La siguiente zona, la segunda zona (b), tiene una fuente de luz ultravioleta por ejemplo lámparas 6 UV.

Después del tratamiento primero con ozono y luego con radiación UV, el aire se mantiene durante un tiempo suficiente que garantice las reacciones químicas deseadas incluyendo la formación y el crecimiento de aerosoles en una tercera zona para el crecimiento de aerosoles (c). En la realización mostrada en la figura 1, el tiempo necesario se obtiene mediante una ampliación del canal 1 dando una velocidad de aire más lenta a través de la tercera zona (c). En una realización alternativa, la tercera zona (c) podría alargarse usando el mismo diámetro de canal por la totalidad de las zonas (a) - (f).

La cuarta zona (d) contiene una fuente de carga eléctrica tal como hilos 7 de corona. Mediante este medio, las partículas sólidas y líquidas en el aerosol así como las moléculas más grandes se cargarán eléctricamente y se captarán en la quinta zona (e) que contiene un elemento 8 de filtro electrostático.

Después de la quinta zona (e) se retira el posible exceso de ozono del aire en la sexta zona (f) que contiene un catalizador 9 de retirada de ozono una vez que el aire limpio sale del canal 1 a través de la salida 3.

Para controlar el tratamiento con ozono y garantizar que el aire que sale a través de la salida 3 está sustancialmente libre de ozono, es decir por debajo del valor límite umbral aceptable, se proporcionan uno o más sensores de ozono en el canal 1. Por tanto, un primer sensor 10 de ozono puede colocarse cerca del extremo de la tercera zona (c), un segundo sensor 11 de ozono puede colocarse entre las zonas quinta y sexta (e) y (f) y/o un tercer sensor 12 de ozono después de la sexta zona (f) en la salida 3.

La cantidad de ozono proporcionado por la fuente 4 de ozono puede regularse a través de un sistema de retroalimentación basado en mediciones por uno o más de los sensores 10, 11 y 12.

El canal 1 también puede estar dotado de uno o más sensores adicionales (no mostrados) para la medición de otras condiciones relevantes tales como temperatura, humedad relativa y concentración de contaminantes relevantes. Junto con las mediciones de ozono, tales mediciones deben poder usarse para fines de regulación, control y monitorización.

a) Primera zona: tratamiento con ozono

En principio, puede usarse cualquier fuente de ozono en el tratamiento con ozono en la primera zona siempre que el ozono pueda suministrarse o generarse en las cantidades deseadas y de modo seguro.

En una realización preferida, la fuente de ozono es un generador de ozono como, por ejemplo, un generador de descarga por efecto corona. Aunque puede generarse ozono usando luz UV, esto es demasiado ineficaz y cado en la actualidad. Sin embargo, si se produce un avance de la tecnología para generar ozono usando UV u otros métodos, puede incorporarse en la presente invención. Los generadores eléctricos de descarga por efecto corona producen grandes cantidades de ozono en poco tiempo. El paso de una corriente eléctrica alterna, de alta tensión, a través de una corriente de aire que contiene oxígeno descompone el oxígeno molecular en oxígeno atómico. Estos átomos de oxígeno pueden reaccionar para formar ozono. Están disponibles generadores de ozono comerciales en

diversas formas y tamaños con diversas capacidades para generar ozono.

5 En otra realización preferida, la fuente de ozono es un generador de ozono de O₃ Technology que se basa en una tecnología en la que se hace pasar oxígeno o aire a través de placas paralelas, y se mantiene una carga mediante un tensión de CA. La cantidad de ozono que entra en el sistema se controla mediante el control del flujo de gas desde este generador. Esta unidad producirá la mayoría del ozono en el sistema/reactor.

10 El ozono oxida los hidrocarburos aromáticos e insaturados. Sin embargo, mucha clases de compuestos/productos químicos, tales como los hidrocarburos saturados y material atrapado en las fases líquida o sólida de los aerosoles, no reaccionan con el ozono. Otros contaminantes del aire de interiores que no reaccionan con ozono incluyen monóxido de carbono y formaldehído. El polen y el humo de cigarrillos reaccionan con el ozono, pero no se retiran mediante ozonólisis.

15 El ozono actúa como biocida que elimina material biológico, tal como bacterias, mohos y similares en el aire. El ozono es una sustancia que se produce de manera natural que limpia el aire y elimina olores del aire.

20 La oxidación fotoquímica mediante O₃, OH y otras especies en la región de reacción darán como resultado principalmente grupos funcionales que contienen oxígeno adicionales (por ejemplo alcoholes, carbonilos, ácidos, etc.) en moléculas de contaminación orgánicas. Cada grupo funcional reducirá la presión de vapor de la molécula orgánica aumentando su propensión para formar aerosoles.

25 La primera zona, además de ser una fuente de ozono, también puede contener opcionalmente un sistema de inyección, es decir una fuente de agua, para la introducción de vapor de agua (que también incluye aire húmedo), o pequeñas gotitas de agua y la etapa de introducir ozono en la zona se realiza formando cualquiera de una mezcla de vapor de agua y/o gotitas de agua y ozono antes de introducir la mezcla en la zona.

Otra adición opcional puede comprender un sistema de inyección para la introducción de amoniaco, es decir una fuente de amoniaco.

30 La adición de agua o amoniaco promueve la formación de aerosoles.

35 Las dimensiones de la primera zona deben diseñarse para garantizar el tiempo de tratamiento t₁ necesario en la zona definido como el tiempo desde el punto en el que el aire entra en contacto con el ozono hasta el punto inmediatamente antes de someterse a UV. El tiempo t₁ necesario depende de diversos factores incluyendo el tipo de de contaminación, la fuente de ozono y la temperatura. Basándose en los caudales requeridos en un sistema HVAC y en las dimensiones, t₁ normalmente será menor de 15 segundos, preferiblemente menor de 10 segundos, tal como menor de 8 segundos. Normalmente t₁ debe ser de más de 1 segundo, preferiblemente de más de 5 segundos.

40 b) Segunda zona: irradiación con luz ultravioleta

La fuente de luz ultravioleta usada en la segunda zona puede ser cualquier fuente convencional que proporcione luz UV-C. Tal luz UV-C es en sí misma un biocida porque desnaturaliza el ADN.

45 La luz ultravioleta de amplio espectro con una longitud de onda de entre 100 y 330 nm hace que reaccionen el ozono y el agua formando productos intermedios de radicales libres basados en ozono altamente reactivos, tales como radicales hidroxilo, que reaccionan a su vez con y neutralizan patógenos transmitidos por el aire.

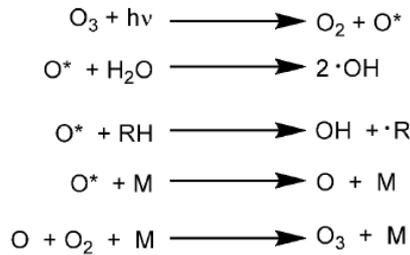
50 La luz UV-C descompone inicialmente el ozono, que sale de la primera zona, en oxígeno (O₂) y un átomo de oxígeno excitado electrónicamente (O*) también denominado radical de oxígeno.

En presencia de agua, este radical de oxígeno excitado puede reaccionar con agua (humedad) en el aire y formar radicales hidroxilo:



55 Además, el radical de oxígeno excitado puede reaccionar con un hidrocarburo o con una molécula de oxígeno para volver a formar ozono:

ES 2 661 740 T3



donde

5 $h\nu$ es un fotón con una longitud de onda inferior a 330 nm,

OH es un radical hidroxilo,

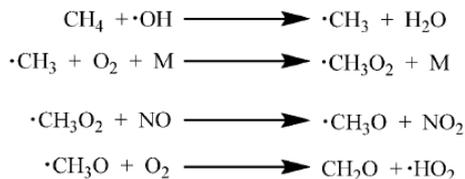
RH es un hidrocarburo y

10 M es una pareja de colisión, habitualmente N_2 o O_2 .

Los radicales de hidrocarburo ($\cdot\text{R}$) pueden reaccionar mediante adición o fragmentación para obtener aldehídos, cetonas, ácidos, alcoholes u otros hidrocarburos funcionalizados.

15 Por tanto, en la segunda zona, parte del ozono se descompondrá en gas de oxígeno y radicales hidroxilo. Los expertos en la técnica también reconocerán que los radicales hidroxilo también pueden formar peróxidos, que pueden actuar a su vez como biocidas. Por tanto, estos peróxidos, además de los radicales hidroxilo, ayudan a eliminar cualquier material biológico que pueda entrar en la zona.

20 Los hidrocarburos pueden reaccionar con radicales hidroxilo:



25 NO está presente en el aire de fondo. Cualquier clase de hidrocarburo producirá un radical oxilo como el radical metoxilo anterior, y este radical puede donar un H a O_2 para formar un aldehído/cetona estable y $\cdot\text{HO}_2$. Otra fuente de H_2O_2 será:



30 El ozono en combinación con radiación UV, que puede formar radicales hidroxilo y/o peróxidos, destruye los microorganismos que no se eliminan por la radiación UV tal cual.

35 Los radicales libres formados mediante la interacción de ozono con agua en presencia de luz UV, actúan como oxidantes en paredes celulares incluso antes de penetrar en el interior de los microorganismos donde oxidan componentes esenciales tales como enzimas y proteínas.

40 El propio ozono no reacciona significativamente ni con agua ni con oxígeno en ausencia de irradiación con radiación UV. El agua y el aire proporcionan meramente el medio en el que difunde el ozono para reaccionar con moléculas orgánicas tales como las que se encuentran en el exterior de la pared celular de patógenos tales como bacterias, virus, mohos o polen. La irradiación con radiación UV hace que el ozono reaccione con agua y se descomponga en diversos radicales libres altamente reactivos, tales como radicales hidroxilo.

45 Las dimensiones de la segunda zona deben diseñarse para garantizar el tiempo de tratamiento t_2 necesario en esta zona definido como el tiempo desde el punto en el que se somete el aire a UV hasta el punto en que sale de la radiación UV. El tiempo t_2 requerido depende de diversos factores incluyendo el tipo de contaminación, el tratamiento en la primera zona, la fuente de radiación UV y la temperatura. Normalmente t_2 debe ser menor de cinco minutos, preferiblemente menor de 10 segundos, tal como menor de 8 segundos. Normalmente t_2 debe ser mayor

de 50 ms, preferiblemente de más de 0,1 segundo, tal como de más de 5 segundos.

t₂ debe ser un tiempo relativamente largo ya que el monóxido de carbono reacciona bastante lentamente con OH, con el fin de retirarlo puede ser necesario un tiempo de tratamiento de hasta cinco minutos.

5

c) Tercera zona: Crecimiento de aerosoles

Una importante característica del método de la invención es que se proporciona una zona de crecimiento de aerosoles después de la segunda zona de tratamiento con UV. El propósito de esta zona es permitir que crezcan partículas, retirando contaminación de la fase gaseosa. Un problema de la purificación de aire mediante la técnica anterior es que no pueden eliminarse olores de aceite de cocina o gasóleo o combustible para calefacción, ni siquiera mediante ozono. Debido al uso y la formación de ·OH, otros radicales derivados de ozono u otras fuentes y aerosoles pueden retirarse estos contaminantes mediante el método de la invención.

15 La cámara de crecimiento de aerosoles puede implicar aumentar el área de la sección transversal del conducto de flujo para disminuir el caudal, dejando tiempo para que crezcan los aerosoles.

Por consiguiente, las dimensiones de la tercera zona deben diseñarse para garantizar el tiempo de retención t₃ necesario en esta zona definido como el tiempo desde el punto en el que el aire sale de la segunda zona de radiación UV hasta el punto inmediatamente antes de que entre en el filtro electrostático en la cuarta zona. El tiempo t₃ necesario depende de diversos factores incluyendo el tipo de contaminación, los tratamientos en las zonas primera y segunda, y la temperatura. Normalmente t₃ debe ser menor de cinco minutos, preferiblemente menor de 10 segundos, tal como menor de 8 segundos. Normalmente t₃ debe ser mayor de 50 ms, preferiblemente de más de 0,1 segundo, tal como de más de 5 segundos.

25

d) Cuarta zona: carga eléctrica

En la cuarta zona, el aire que sale de la segunda zona se somete a una fuente que proporciona a las moléculas, partículas y gotitas una carga eléctrica que permite la retirada de las mismas con un filtro electrostático en la siguiente zona. En una realización preferida, la fuente de carga eléctrica es una descarga por efecto corona.

30

Se produce una pequeña cantidad, insignificante, de ozono mediante los hilos de descarga por efecto corona. Sin embargo, esto es un subproducto y solo contribuye con una cantidad minoritaria del ozono total.

35 La descarga por efecto corona en la cuarta zona proporciona una carga eléctrica a las partículas en la corriente de aire permitiendo que se retiren mediante el filtro electrostático en la quinta zona.

Es posible que cargar las partículas mejorará el atrapamiento de partículas de aerosol porque la aglomeración de partículas con carga opuesta aumentará el tamaño de partícula, y la presencia de carga mejorará la termodinámica del crecimiento de partículas.

40

Partículas combinadas más pesadas pueden precipitar (caer) desde el aire cuando se aglomeran dos partículas más pequeñas.

45 Las dimensiones de la cuarta zona deben diseñarse para garantizar el tiempo de tratamiento t₄ necesario en esta zona definido como el tiempo desde el punto en el que el aire se somete a una carga eléctrica hasta el punto inmediatamente antes de que entre en el filtro electrostático. El tiempo t₄ necesario depende de diversos factores incluyendo el tipo de contaminación, los tratamientos en las zonas primera y segunda, la fuente de la carga eléctrica y la temperatura. Es necesario que este tiempo no sea largo. El requisito es que los aerosoles se carguen antes del filtro electrostático en la quinta zona, y esto es un proceso rápido. En la mayoría de los casos, t₄ debe ser de entre 0,01 y 2 segundos, preferiblemente 0,05 - 1,0 segundos, tal como 0,1 - 0,8 segundos.

50

e) Quinta zona: paso a través del filtro electrostático

55 Puede usarse cualquier precipitador electrostático en la presente invención. Un precipitador electrostático es un dispositivo de recogida de material particulado que retira partículas de un gas que fluye (tal como aire) usando la fuerza de una carga electrostática inducida. Los precipitadores electrostáticos son dispositivos de filtración altamente eficaces que impiden de forma mínima el flujo de gases a través de la zona, y pueden retirar eficazmente materia particulada fina tal como humo o polvo de la corriente de aire.

60

Partículas más pequeñas, que no son lo suficiente pesadas como para precipitar, se expulsan a través de filtración electrostática. La filtración electrostática comprende placas metálicas cargadas, con cargas positivas y negativas alternas, en las que las partículas de aerosol positivas se acelerarán en las placas negativas y las partículas de aerosol negativas se acelerarán en las placas positivas.

65

La adición de humedad, amoníaco y/u otros agentes al aire entrante mejora la eficacia de atrapamiento de

contaminación y productos de oxidación de contaminación a través del mecanismo de crecimiento de aerosoles.

Las dimensiones de la quinta zona deben diseñarse para garantizar el tiempo de tratamiento t_5 necesario en esta zona definido como el tiempo desde el punto en el que el aire entra en el filtro electrostático hasta el punto inmediatamente antes de que entre en contacto con el catalizador para la retirada del ozono residual. El tiempo t_5 necesario depende de diversos factores incluyendo el tipo de contaminación, los tratamientos y las reacciones en las zonas primera, segunda, tercera y cuarta, el tipo de filtro electrostático y la temperatura. Generalmente, es necesario que este tiempo no sea largo.

10 f) Sexta zona: retirada de ozono residual

15 Un catalizador para la retirada del ozono residual es esencial para la presente invención, puesto que la exposición prolongada a concentraciones elevadas de ozono puede irritar el aparato respiratorio y dañar los pulmones. La Agencia de Protección del Medio Ambiente estadounidense clasifica las exposiciones durante 8 horas promedio de 85 a 105 partes por billón como insalubres para grupos sensibles. Concentraciones mayores que esto aumentan los riesgos.

20 Para garantizar que ozono residual perjudicial no contaminará el aire que sale de la sexta zona, pueden colocarse uno o más catalizadores de retirada de ozono conocidos en la técnica en esa zona. Los catalizadores de retirada de ozono que pueden usarse en diversas realizaciones incluyen, dióxido de manganeso, catalizador de aluminio puro, un óxido de metal soportado sobre carbono, fibras de carbono recubiertas con cloruro de cobre, partículas en aerosol de carbono-hierro y catalizadores de metal. CA-RULITE® (un óxido inorgánico) fabricado por Carus Chemical Company es otro catalizador de retirada de ozono. El catalizador puede tener un soporte sólido, y puede usarse cualquier soporte sólido, especialmente vidrio o sílice, sustancias que catalizan la descomposición de ozono. El catalizador también podría comprender una pintura que contiene dióxido de manganeso.

30 El catalizador para la retirada del ozono residual tendrá una gran área superficial para el contacto con el aire que contiene el ozono residual. La sexta zona también debe tener una caída de presión mínima. Para ello, el material catalizador puede aplicarse en forma de panal de abejas (forma hexagonal).

35 Los productos intermedios de radicales libres inestables y altamente reactivos obtenidos a partir de ozono, por ejemplo radicales hidroxilo, forman productos estables incluyendo agua y dióxido de carbono que no están asociados con riesgos para la salud cuando están presentes en el aire a pequeñas concentraciones. La descomposición de ozono en oxígeno estable se acelera mediante superficies que actúan como sustratos y/o sitios de reacción para el proceso de descomposición.

Sistema de retroalimentación / sensores de ozono:

40 El dispositivo estará equipado con sensores de ozono para seguridad y un control eficiente. Por ejemplo un sensor de ozono en la cámara de crecimiento de aerosoles (tercera zona) ayudaría a controlar la dosificación de ozono en respuesta a niveles de contaminación cambiantes, y un sensor en la salida del dispositivo garantizará el funcionamiento seguro de modo global. Los ejemplos de las reacciones químicas y/o físicas que se cree que se producen durante el método de la invención incluyen:

45 A. Los hidrocarburos insaturados (incluyendo aromáticos), por ejemplo benceno e isopreno, reaccionan directamente con ozono en la primera zona (a) en la que se añade ozono, o con ozono que se encuentra más adelante en el sistema, por ejemplo, en la cámara de crecimiento de aerosoles de la tercera zona (c). En principio, la reacción con ozono podría tener lugar en cualquier parte en la que esté presente ozono que procede de la primera zona (a) en la que se añade ozono hasta que se retira mediante el catalizador en la sexta zona (f).

50 B. Los hidrocarburos saturados incluyendo pequeñas especies tales como metano o propano y moléculas más grandes tales como gasóleo o aceite de cocina, y algunas otras especies incluyendo monóxido de carbono y formaldehído reaccionarán con el radical hidroxilo $\cdot\text{OH}$ u otros radicales basados en ozono formados cuando se fotoliza O_3 mediante las lámparas UV en presencia de vapor de agua.

55 C. Los productos de las reacciones de tipo A y B se condensarán normalmente sobre partículas en aerosol, o bien partículas preexistentes o bien partículas recién nucleadas. (Sin embargo, a veces los productos incluirán especies volátiles como CO_2 que son menos contaminantes que los precursores). Se retirarán todas las partículas de la corriente de aire mediante el filtro electrostático.

60 La presente invención puede aplicarse en una variedad de lugares tales como, pero sin limitarse a:

65 1) limpiar aire en edificios o salas, por ejemplo oficinas, cocinas y apartamentos, para mejorar la calidad del aire y reducir el coste de incorporar aire fresco;

2) limpiar aire en aviones u otros vehículos que tienen espacios confinados sin acceso o con acceso limitado a aire

fresco/limpio lo que reducirá la transmisión de enfermedades, reducirá la cantidad de aire fresco incorporado desde el exterior;

3) proporcionar aire limpio para personas con alergias a productos químicos o partículas;

4) proporcionar aire estéril limpio en hospitales; y

5) en fuentes puntuales de contaminación de aire, retirar por ejemplo aceite usado como parte de un procedimiento de fabricación o humos de fueloil/gasóleo.

En la descripción anterior, se ha descrito la invención con referencia a realizaciones específicas de la misma. Sin embargo, resultará evidente que pueden realizarse diversas modificaciones y cambios a la invención sin apartarse del alcance más amplio de la presente invención. Se describirá la presente solicitud en mayor detalle, mediante los siguientes ejemplos no limitativos.

Ejemplos

Ejemplo 1

En un edificio con un volumen total de espacio libre de 60.000 m³ y dotado de un sistema de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire (HVAC) convencional, se instala el dispositivo de limpieza de aire descrito en la figura 1 en el sistema HVAC. El flujo de aire a través del dispositivo es de 7200 m³/h proporcionando una velocidad de flujo de 5 m/s en las zonas primera y segunda garantizando los tiempos de tratamiento requeridos en las zonas primera, segunda, cuarta y quinta.

La fuente de ozono en la primera zona proporciona 200 g/h de ozono, proporcionando una concentración de ozono de 14 ppm en el interior del dispositivo.

El aire de salida, en comparación con el aire de entrada, muestra concentraciones significativamente reducidas de varias clases de contaminación incluyendo partículas, aromas incluyendo perfumes, hidrocarburos, compuestos orgánicos volátiles, monóxido de carbono y formaldehído.

Ejemplo 2

Se instala el sistema de limpieza de aire descrito en la figura 1 en una oficina, un apartamento, una sala de hospital, cocina u otra sala más pequeña con un volumen de aproximadamente 100 metros cúbicos. Se coloca en la sala una unidad de limpieza de aire cerrada autónoma descrita en la figura 1 que incluye un ventilador. Tiene un caudal de 2 m/s y una sección transversal de 0,02 metros cuadrados, lo que proporciona un caudal de 0,04 metros cúbicos por segundo, lo que significa que circulará aire en promedio a través del dispositivo cada 40 minutos. El dispositivo puede usarse para eliminar la contaminación del aire de la sala, incluyendo productos químicos volátiles, humo, olores y alérgenos.

Ejemplo 3

Se usa el sistema de limpieza de aire en la figura 1 para tratar aire de una fuente local de contaminación, por ejemplo vapores de aceite desprendidos por la herramienta de corte de un torno o una fresa, en asociación con el uso de gasóleo o combustible para calefacción en un edificio, o cuando se usan disolventes para pintado o encolado. El aire del proceso se introduce a través del dispositivo mediante un ventilador y se impide que entre la contaminación del resto de la sala o el edificio.

La descripción anterior de la invención revela que es obvio que puede variarse de muchas maneras. Tales variaciones no han de considerarse una desviación del alcance de la invención, y todas de tales modificaciones que son obvias para los expertos en la técnica también han de considerarse comprendidas dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Método para limpiar aire en el que el aire que va a limpiarse se dirige como un flujo continuo en sucesión a través de
 - a) una primera zona en la que el aire se trata con ozono;
 - b) una segunda zona en la que el aire se somete a luz ultravioleta;
 - c) una tercera zona en la que el aire se mantiene durante un tiempo suficiente como para permitir el crecimiento de aerosoles;
 - d) una cuarta zona en la que las partículas en el aire se dotan de una carga eléctrica;
 - e) una quinta zona en la que el aire se hace pasar a través de un filtro electrostático; y
 - f) una sexta zona en la que el aire fluye sobre un catalizador para descomponer el ozono residual.
2. Método según la reivindicación 1, en el que el aire en la primera zona (a) se trata adicionalmente con agua y/o amoníaco y/u otros promotores de aerosol.
3. Método según la reivindicación 1, en el que la contaminación de corriente de aire se convierte en aerosoles mediante oxidación con ozono o radicales basados en ozono y mediante el control de la temperatura y/o la carga eléctrica y/o la adición de promotores del crecimiento de aerosoles.
4. Método según la reivindicación 1, en el que la cantidad de ozono suministrado en la primera zona (a) se regula a través de un sistema de retroalimentación basado en mediciones realizadas por un sensor de ozono situado en la tercera zona (c) y/o un sensor de ozono situado en la quinta zona (e) y/o un sensor de ozono situado en la sexta zona (f), sensor(es) de ozono que garantiza(n) que no escape ozono residual al entorno desde la sexta zona (f).
5. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la carga eléctrica en la cuarta zona (d) se proporciona mediante una descarga por efecto corona.
6. Dispositivo (1) de limpieza de aire que incluye un canal con entrada (2) de aire para aire que va a limpiarse y una salida (3) de aire para aire limpio y medios para conducir aire a través del canal desde la entrada hasta la salida en el que el canal tiene las siguientes zonas en sucesión:
 - a) una primera zona que tiene una fuente (4) de ozono;
 - b) una segunda zona que tiene una fuente de luz (6) ultravioleta;
 - c) una tercera zona que tiene unas dimensiones que dejan tiempo para el crecimiento de aerosoles;
 - d) una cuarta zona que tiene un generador (7) de descarga eléctrica;
 - e) una quinta zona que tiene uno o más filtros (8) electrostáticos; y
 - f) una sexta zona que tiene un catalizador (9) para la retirada del ozono residual.
7. Dispositivo de limpieza de aire según la reivindicación 6, en el que la primera zona (a) incluye además un sistema de inyección para la inyección de vapor de agua y/o amoníaco.
8. Dispositivo de limpieza de aire según la reivindicación 7 u 8, en el que la cantidad de ozono suministrado en la primera zona (a) se regula a través de un sistema de retroalimentación basado en mediciones realizadas por un sensor (10) de ozono situado en la tercera zona (c) y/o un sensor (11) de ozono situado entre la quinta zona (e) y la sexta zona (f) y/o un sensor (12) de ozono situado en la sexta zona (f) después del catalizador (9).
9. Dispositivo de limpieza de aire según la reivindicación 8, que comprende un sensor (12) de ozono colocado después de la sexta zona (f) y opcionalmente un sensor (11) de ozono entre la quinta zona (e) y la sexta zona (f).
10. Dispositivo de limpieza de aire según la reivindicación 8 ó 9, que comprende además un sistema de retroalimentación para la regulación de la formación de ozono según la cantidad de ozono detectada por uno de los sensores (10, 11 ó 12) de ozono y combinada opcionalmente con la cantidad de ozono detectada por uno o más de los sensores de ozono adicionales.
11. Dispositivo de limpieza de aire según cualquiera de las reivindicaciones 6 – 10, en el que el catalizador para la retirada del ozono residual es dióxido de manganeso u óxido de cerio.
12. Uso del dispositivo de limpieza de aire según cualquiera de las reivindicaciones 6 – 11, para la limpieza de aire.
13. Uso según la reivindicación 12, para limpiar aire en edificios y salas para mejorar la calidad del aire y

5

reducir el coste de incorporar aire fresco; limpiar aire en aviones u otros vehículos que tienen espacios confinados sin acceso o con acceso limitado a aire fresco/limpio; limpiar aire para personas con alergias a productos químicos o partículas; para proporcionar aire estéril limpio en hospitales; para limpiar aire en fuentes puntuales de contaminación de aire; o para retirar el aceite usado como parte de un procedimiento de fabricación o humos de fueloil/gasóleo.

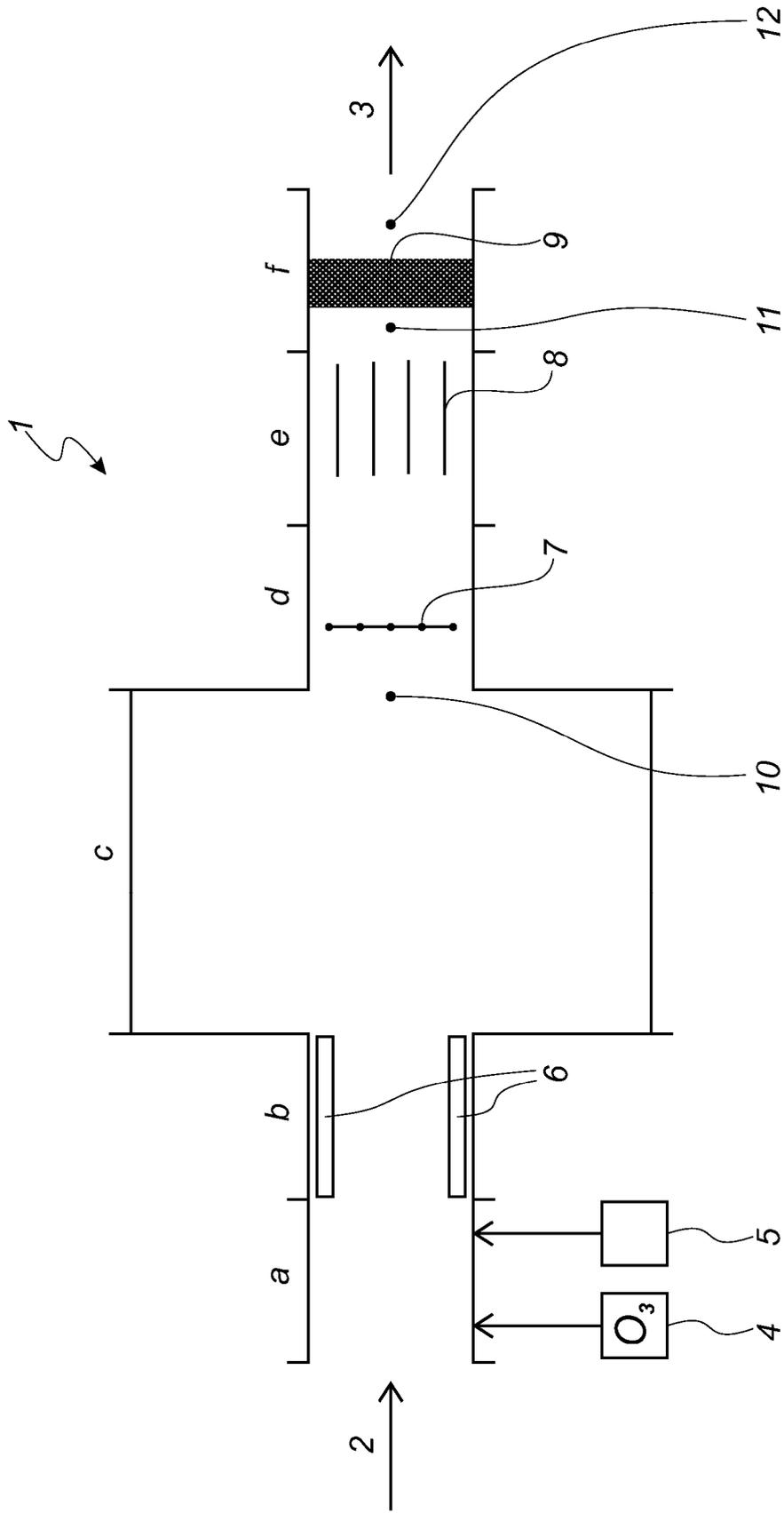


Fig. 1