



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 358 484**

51 Int. Cl.:
B01D 53/86 (2006.01)
B64D 13/06 (2006.01)
B64D 37/32 (2006.01)
B01J 23/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07808572 .7**
96 Fecha de presentación : **07.09.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2059330**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.05.2009**

54 Título: **Utilización de un medio de conversión de ozono para la inertización de un depósito de combustible de aeronave.**

30 Prioridad: **08.09.2006 EP 06120347**
08.09.2006 US 842916 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
11.05.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
11.05.2011

73 Titular/es:
PARKER FILTRATION & SEPARATION B.V.
Oude Kerkstraat 4
4878 AA Etten-Leur, NL

72 Inventor/es: **Leenders, Paulus Hendrikus Maria;**
Roks, Martinus Franciscus Maria;
Rathfelder, Robert William;
Ault, Brian Andrew y
Van Oers, Jacobus Petrus Cornelis Maria

74 Agente: **Tomás Gil, Tesifonte Enrique**

ES 2 358 484 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

Utilización de un medio de conversión de ozono para la inertización de un depósito de combustible de aeronave.

5 **Campo de la invención**

La invención pertenece a un medio de conversión de ozono y su uso en la gestión del aire en la inertización de los depósitos de combustible. La invención también pertenece a una unidad de separación de gas que comprende unos medios de conversión de ozono y una membrana de fibras huecas adecuada para la eliminación selectiva de oxígeno de una cámara de aire de un depósito de combustible.

Antecedentes de la invención

Las aeronaves comerciales introducen aire purgado de un motor de turbina de gas a un sistema de control medioambiental (ECS), en el que el aire trata de obtener una calidad de aire en la cabina para la comodidad de la tripulación y de los pasajeros del vuelo. En esto, los transformadores de ozono se consideran necesarios para hacer desaparecer la concentración de ozono en cabina o en el vuelo del contenido relativamente alto de ozono atmosférico en la altitud de vuelo a una media ponderada de tiempo de 0.1 ppm, el límite máximo permitido por Reglamentos de la FAA.

Los transformadores de ozono convencionales trabajan típicamente a una temperatura alta para reducir las concentraciones de ozono hasta alcanzar unos niveles aceptables. La US 5,620,672 ilustra esto particularmente bien para un catalizador estratificado de ozono. Globalmente, la conversión de ozono suficiente solo se consigue a temperaturas más altas y en periodos de tiempo largos.

Por esta razón, estos transformadores de ozono catalíticos siempre están colocados cerca de las salidas de purga, utilizando la alta temperatura de aire purgado que típicamente asciende a más de 200°C. Después de la descomposición del ozono, el aire tratado se enfriará para acondicionarlo adecuadamente para la cabina de pasajeros.

Además, la misma purga de aire de motor o aire presurizado se utiliza hoy en día en sistemas de inertización del depósito de combustible, frecuentemente mencionado como Onboard Inert Gas Generating System (OBIGGS, sistema generador de gas inerte a bordo). Estos sistemas de inertización de depósito de combustible son la respuesta a un número de accidentes que han tenido lugar recientemente a causa de algunas fuentes de ignición desconocidas en un depósito de combustible de avión, a pesar de todos los intentos precedentes para prevenir explosiones de depósito de combustible descartando posibles fuentes de ignición en los tanques de combustible. Con la tecnología de membrana de fibras huecas se ha demostrado que es posible crear una atmósfera pobre de oxígeno en la cámara de aire de un depósito de combustible, eliminando así otro factor importante en el triángulo de fuego. La US-A-2005/173017 divulga tal sistema de inertización para un avión que incluye una fuente de aire que incorpora un módulo de separación de aire. Aire purgado del motor o aire presurizado de otra fuente se suministra al módulo de separación de aire.

La mayoría de las membranas de separación de gas convencionales tienen un rendimiento óptimo a temperaturas muy inferiores a la temperatura de purga de aire, y tienen un tiempo de vida limitado debido a la intolerancia de las membranas a las altas actividades de ozono reportadas en una altitud alta. Por lo tanto, como el sistema de control ambiental, OBIGGS también exige una reducción del ozono, y aplica los mismos transformadores de ozono de alta temperatura. La US-A-2005/173017 intenta mejorar la vida y fiabilidad de los módulos de separación de aire posicionándolos después de los medios de conversión de ozono y de los pre-enfriadores o intercambiadores térmicos ya implementados en el avión para las cuestiones precedentes relacionadas con el sistema de control ambiental. Desventajosamente, en concentraciones de ozono de 0,1 ppm el tiempo de vida de un módulo de separación de aire dista mucho de las 30.000 horas medias de vuelo que pretende lograr la industria.

No obstante, el mantenimiento periódico es desventajosamente requerido para los transformadores de ozono típicos de alta temperatura hoy en día, debido a la acumulación de contaminantes, es decir lubricantes y compuestos volátiles orgánicos (VOC), de la corriente de purga de aire en las superficies del catalizador. Los filtros existentes no pueden proteger los transformadores de ozono, porque éstos no toleran la temperatura alta, y por eso se colocan debajo del intercambiador térmico, y por lo tanto debajo del convertidor de ozono también.

Además, hay una investigación actual dirigida a la reducción de la cantidad de purga de aire de motor utilizada con varios propósitos en el avión, posiblemente para lograr una conmutación por un avión más eléctrico. El sistema de control ambiental (ECS) y el OBIGGS necesitan ser alimentados por otras fuentes de aire, por ejemplo por el aire de baja temperatura del exterior del avión. Todavía serían requeridos los intercambiadores térmicos para el acondicionamiento del aire para la cabina de pasajeros y para el módulo de separación de aire, pero ahora para calentar el aire. Desventajosamente, con la tecnología de conversión de ozono de alta temperatura, tal fase de acondicionamiento previo primero requeriría un tratamiento térmico para alcanzar la alta temperatura requerida para conseguir una eficiencia satisfactoria de la descomposición del ozono, y de nuevo el consiguiente paso de enfriamiento.

La WO-A-2006/015858 divulga el pasaje del aire de proceso enfriado, preferiblemente purga de aire, sobre un módulo de separación de aire. Se reconoce en esto que el OBIGGS requiere un proceso de aire libre de ozono, para evitar que se dañe el módulo de separación de aire. En cuanto a esto, la WO-A-2006/015858 sugiere filtrar el proceso de aire del ozono bien antes o después del enfriamiento. No obstante, la publicación carece de cualquier detalle acerca

ES 2 358 484 T3

de la catálisis del ozono, y menos aún enseña al experto en la materia cómo conseguir una conversión suficiente del ozono a temperaturas bajas.

5 En cuanto al sistema de control ambiental, la WO-A-2005/097303 al menos trata parcialmente el problema de conversión del ozono de alta temperatura, e intenta solucionarlo. Por eso, utiliza un sistema de eliminación de ozono que comprende una primera composición catalítica que contiene Ag o AgO, que trabaja con un registro de temperatura de 100 - 300°F (38 - 149°C), y una segunda composición catalítica basada en paladio, localizada debajo, con un registro de temperatura de trabajo de 300 - 500°F (149 - 260°C). Reivindica que el catalizador combinado tiene una eficacia que hace que sea posible reducir los niveles de ozono o bien en aire purgado del motor o bien en el aire derivado de un compresor de aire dedicado al ambiente 20 veces, a 0.1 ppm o menos, como requiere en la actualidad la FAA. La WO-A-2005/097303 enseña a evitar que los metales de transición tales como el Mn, base su catalizador en un soporte de un espesor de 10 -100 μm , y en una cantidad de 1000 - 5000 g/ft^3 de sustrato.

15 Focalizando en el catalizador de ozono de baja temperatura de la WO-A-2005/097303, los inventores descubrieron que los soportes de conversión de ozono se quedan atrás en los flujos más altos. Para compensarlo, se requieren cantidades de consumición del espacio del catalizador. Ante todo, la durabilidad del catalizador de ozono también estaba limitada, como hemos demostrado en los ejemplos anexos.

20 Por otra parte, en un futuro próximo es muy posible que el límite superior establecido por la FAA baje, dado que los niveles de ozono de 0.1 ppm son todavía considerados perjudiciales para la salud de los seres humanos cuando nos exponemos a él durante un largo intervalo de tiempo. Es discutible si se pueden alcanzar unos niveles de ozono más bajos con la composición de catalizador de la WO-A- 2005/097303, basado en los soportes convencionales. Requeriría de nuevo grandes cantidades de catalizador para compensar.

25 Por lo tanto, son necesarios los transformadores de ozono de baja temperatura que se pueden aplicar como una alternativa a los transformadores de ozono existentes de alta temperatura en la industria aeronáutica, y que pueden ser protegidos de mejor manera de cualquier contaminación, y que tienen una alta eficiencia de conversión de ozono, que requiere así solo cantidades mínimas. También se necesitan medios de conversión de ozono que permitan al experto en la materia cambiar a otras fuentes de aire para el acondicionamiento de la cabina o la inertización del depósito de combustible, en particular fuentes de aire de temperatura baja, siendo así necesario el intercambio térmico a un mínimo. Además, hay una necesidad de convertidores de ozono con alta eficiencia de conversión, que pueden prolongar el tiempo de duración de un módulo de separación de aire en OBIGGS hasta más de 30.000 horas de vuelo promedio. Después, hay también una necesidad continua en la industria aeronáutica para minimizar el peso, tamaño y complejidad, y la urgencia para facilitar el acceso al mantenimiento y reducir los costes de mantenimiento directos.

35 **Resumen de la invención**

Es un primer objeto de la invención proporcionar unos medios de conversión de ozono de baja temperatura que es conveniente para el uso en tanques de combustibles inertizantes, tiene bajo coste de mantenimiento, una alta durabilidad y eficiencia de conversión de ozono, y reduce el intercambio de calor requerida en las aplicaciones actuales basadas en aire purgado y en las futuras aplicaciones de fuentes de agua de baja temperatura.

45 Es un segundo objeto proporcionar unos medios de conversión de ozono que mejoren la durabilidad y fiabilidad de cualquier equipamiento posteriormente instalado, más en particular un módulo de separación de aire adecuado en sistemas de inertización de depósito de combustible reduciendo las concentraciones de ozono a niveles medios por debajo de 0.05 ppm, preferiblemente incluso por debajo de 0.02 ppm, ya sean solos o en combinación con los transformadores de ozono existentes.

50 Es un tercer objeto de la invención proporcionar un dispositivo de inertización de depósito de combustible que proteja a los tanques de combustible del vehículo de los riesgos de explosionar manteniendo la concentración de oxígeno en la cámara de aire de un depósito de combustible a un continuo nivel seguro, preferiblemente 9 vol% o menos, con una alta durabilidad, preferiblemente de al menos 30.000 horas de vuelo de promedio sin ningún mantenimiento intermedio o incluso con sustituciones, pero que, si se considerara necesario, fuera fácil de instalar y eliminar, con costes de instalación e impacto de peso mínimos.

55 Es un cuarto objeto de la invención proporcionar una combinación de un módulo de separación de aire y un dispositivo de conversión de ozono en un único embalaje integrado, para simplificar el ensamblaje, la instalación, el mantenimiento y la sustitución de dispositivos similares pero separados actualmente empleados en sistemas de inertización de depósitos de combustible.

60 Se descubrió que los inconvenientes mencionados se resuelven y los objetos anteriores se alcanzan hasta cierto punto si se aplica un convertidor de ozono de baja temperatura especial, basado en óxido de manganeso, particularmente del tipo amorfo. La eficiencia de la conversión del ozono fue inmensamente mejor que la que realizan los catalizadores basados en plata de la WO-A-2005/097303. Podemos observar la prueba de la evidencia en los ejemplos.

65 La estructura portadora y la configuración del catalizador especial están descritos abajo.

Descripción detallada de la invención

Así, en un primer aspecto, la invención pertenece al uso de unos medios de conversión de ozono de baja temperatura que contienen una composición de catalizador de ozono en tanques de combustible inertizantes, donde dichos medios de conversión de ozono contienen un catalizador agrietado de ozono que comprende óxido de magnesio activo, donde dicha estructura de panal comprende una fibra total tal como para proporcionar más de 0.02 cm³/g de microporos de 10 - 200 nm de diámetro, donde dicha fibra total está compuesta de paredes que tienen poros libres mayores de 500 nm de diámetro y en una cantidad superior a 0.1 cm³/g.

“Medios de conversión de ozono de baja temperatura” se refiere a aquellos transformadores y catalizadores que tienen una eficiencia de conversión de ozono superior al 95%, preferentemente superior al 97% a una temperatura inferior a los 120°C, preferiblemente a una temperatura en el registro de 20 - 100°C, preferiblemente entre 40 - 90°C.

En otro aspecto, la invención pertenece a un sistema generador de gas inerte a bordo (OBIGGS) para tanques de combustible de inertización, tal y como se define en las reivindicaciones.

Composición de catalizador preferida

Los medios de conversión de ozono son preferentemente un catalizador de agrietado de ozono como se describe en la GB 2,208,207 y la US 4,871,709. El catalizador de agrietado de ozono comprende óxido de manganeso activo que comprende preferiblemente α -MnO₂ particularmente óxido de manganeso amorfo.

Los catalizadores de agrietado de ozono que contienen óxido de magnesio amorfo enseñadas en las publicaciones de las patentes mencionadas muestran una eficiencia de agrietado de ozono alta de menos de 120°C, específicamente a 25 - 100°C.

Estos catalizadores de ozono convierten el ozono en oxígeno a temperatura ambiente, y están siendo ahora utilizados en fotocopiadoras, impresoras láser, lámparas UV, barras electrónicas, desodorantes de ozono, equipamiento bactericida/esterilizador, procesadores de superficie de película, sistemas de tratamiento de agua de ozono y procesadores semiconductores de ozono. No obstante, actualmente, no hay ningún incentivo para un experto en la materia de la industria aeronáutica, especialmente en el campo del control de la gestión de aire, que le hiciera decantarse por el uso de catalizadores de agrietado de ozono de temperatura soportada por panal en el medio ambiente aeronáutico de sistemas de control de aire. De hecho, la WO-A-2005/097303 enseña metales de transición asociados tales como el Mn contaminado. Basado en ello, un experto en la materia no tendría ninguna razón para comenzar a usar catalizadores de óxido de manganeso.

Por lo tanto, generalmente, la invención pertenece al uso de unos medios de conversión de ozono de baja temperatura que contienen una composición de catalizador de ozono en tanques de combustible de inertización, la baja temperatura se traduce por una eficiencia de conversión de ozono superior al 95 0.% en una temperatura inferior a los 120°C, donde dichos medios de conversión de ozono contienen un catalizador de agrietado de ozono comprendiendo óxido de manganeso activo, preferiblemente, óxido de manganeso amorfo.

El catalizador de ozono preferido de la invención puede tener una o más de las siguientes características.

Los catalizadores de agrietado de ozono preferidos comprenden γ -MnO₂ de peso, que tiene 0.2 - 0.5 cm³/g de volumen de poro, al menos 80 m²/g de superficie específica del área 0.7-2.0 cm²/g de volumen específico.

El catalizador de agrietado de ozono de la invención contiene preferiblemente óxido de manganeso amorfo, mostrado como MnO_x (x aproximadamente 1.8 - 2.0), con un diámetro de microporo medio de 400-800 nm, área de superficie específica BET superior a 200 m²/g preferiblemente 220 - 300 m²/g. Son especialmente preferidos los que no muestran un valor máximo de difracción particular en la gama de ángulo de difracción 2 θ 20 - 80° en un modelo de difracción por rayos X.

SopORTE

Se ha descubierto que el catalizador de ozono de baja temperatura de la invención muestra una eficiencia de agrietado de ozono mejorada si se soporta por una estructura de panal particular. Tal estructura de panal, preparada laminando una chapa tipo placa con una chapa tipo onda, tiene la ventaja sobre otras formas en que ésta reduce la pérdida de presión durante el funcionamiento y es conveniente para tratar una gran cantidad de gas.

Tal vez una estructura de panal no es especial por sí sola. No obstante, se descubrió que el método para preparar la composición del catalizador en una estructura de panal tiene un efecto predominante en la eficiencia del agrietado de ozono, y sólo si el método para preparar el catalizador que nos enseñan en la GB 2,208,207 y en la US 4,871,709 se aplica, se obtendrá una distribución ventajosa uniforme del catalizador.

La estructura de panal comprende un cuerpo monolítico con una pluralidad de canales de flujo de gas paralelo que se extienden a través de ello. Honeycomb, fabricado por Nichias Corporation es un buen ejemplo de un portador de estructura de panal adecuado. Comprende preferiblemente un conjunto de fibras tipo chapa, preferiblemente fibras

ES 2 358 484 T3

cerámicas, con un porcentaje de vacío superior al 75% y una densidad de masa aparente (de ahora en adelante referida como ABD inferior a 0.4, preferiblemente 0.28 - 0.35).

5 En principio, se puede aplicar una estructura de carbono. Preferentemente, los sustratos se pueden extrudir de las composiciones como de cerámica tales como la alfa-álumina, la cordierita o mullita, u otros materiales similares altamente refractarios. Los soportes de este tipo de catalizador se discuten en gran detalle, pero en relación con el material catalítico de desodorización, en la EP-A-909.583 y EP-A-1.142.635.

10 La presente invención emplea preferiblemente un conjunto de fibras cerámicas como un portador, algunos ejemplos han sido descritos en la publicación de la patente japonesa nº. 59-15028. Dicho conjunto de fibras cerámicas es preferiblemente un conjunto tipo chapa de fibras cerámicas seleccionadas de fibras de zirconio, fibras de aluminosilicato, fibras de alúmina, y fibras de sílice, preferiblemente conectadas entre sí por un gel de ácido silícico. Otros portadores de catalizador preferidos son el metal, la cordierita o las estructuras de panal de mullita, preferiblemente con 0.01 - 0.2 mm de espesor. El aluminio, el titanio, o aleaciones de las mismas, o acero inoxidable son usados preferiblemente como metal. El material de titanio es uno de los portadores preferidos, dado que es ligero en peso y tiene una resistencia de corrosión alta. Por lo tanto, un catalizador expandido con la composición de catalizador con un portador de titanio es particularmente útil en la industria aeronáutica.

15 La pared del conjunto de fibras se caracteriza por el hecho de que tiene poros vacantes de un diámetro superior a los 500 nm y está compuesto por una cantidad de espacios entre fibras superior a 0.1 cm²/g preferiblemente más que 0.2 cm²/g.

20 El catalizador de agrietado de ozono se soporta por una estructura de panal que comprende agregados de fibra, preferiblemente agregados de fibra cerámica, tales como para proporcionar más de 0.02 cm³/g, más preferiblemente 0.05 - 0.15 cm³/g de microporos de 10 - 200 nm de diámetro, donde el agregado de fibra está compuesto de paredes que tienen poros vacantes más grandes que los 500 nm de diámetro y en una cantidad superior a 0.1 cm³/g más preferiblemente más que 0.2 cm³/g, preferiblemente 0.5 - 1.0 cm³/g. La composición de catalizador activa, preferiblemente óxido de manganeso, está preferiblemente presente en el conjunto de fibras en una cantidad superior a 20 g/l, más preferiblemente 70 - 200 g/l, calculado basándose en dicha composición de catalizador, en el caso del óxido de manganeso basándose en Mn. El agregado de fibras tiene una estructura en panal que comprende agregados de fibra tipo chapa. Tiene preferiblemente un área de superficie específica BET de 200 - 300 cm²/g, y un volumen de microporo de 0.2 - 0.5 cm³/g. El diámetro medio del microporo es aproximadamente de 510 - 530 nm. Tal estructura en panal tiene una caída de presión baja, es de peso ligero, tiene una alta resistencia a la corrosión, y el catalizador soportado por un panal tiene una alta eficiencia de conversión de ozono y es conveniente para tratar cantidades grandes de gas.

25 El método para preparar las micropartículas catalíticas de soporte de catalizador está descrito en detalle en la US 4,871,709, su contenido por la presente incorporado por referencia.

30 En resumen, el método implica inmersión del portador de estructura en panal descrito más adelante en una solución acuosa de nitrato de manganeso [Mn(NO₃)₂·6H₂O] con una concentración de 10 - 18% en peso (calculado basándose en Mn). El portador de estructura en panal sumergida se elimina luego de la solución, y una cantidad excesiva de la solución sale volando fuera del portador con el aire, dejando así el nitrato de manganeso en el portador en una cantidad superior a 20 g/l, preferiblemente 20 - 90 g/l. El portador que contiene nitrato de manganeso es luego mantenido en una corriente de gas de amonio de alta concentración a 20 - 40°C durante más de 2 horas, neutralizando y envejeciendo así el nitrato de manganeso para convertir el nitrato de manganeso en hidróxido de manganeso. La concentración del gas de amonio usado es de al menos 10% o más, preferiblemente superior al 40%, y la velocidad lineal (L) de la corriente de gas de amonio que pasa a través del catalizador es preferiblemente superior a 0.25 m/s.

35 El catalizador así obtenido se seca en aire a una temperatura de 130 - 150°C, y el catalizador seco es luego calcinado en el aire a una temperatura de 300°C durante 2 horas, obteniendo así el catalizador deseado que contiene óxido de manganeso activo, particularmente del tipo amorfo.

40 Si la composición de catalizador tiene que ser del tipo cristalino, el tratamiento de gas de amonio se puede sustituir por un tratamiento térmico, para eliminar agua residual y el agua de cristalización por secado, y el catalizador seco es luego calcinado a una temperatura de 200 - 400°C, para descomponer térmicamente el nitrato de manganeso en óxido de manganeso.

45 Obviamente, el experto en la materia verá fácilmente algunas modificaciones, sin salirse de la invención. Se descubrió que el método anterior para llevar un componente de catalizador activo en un portador resulta en una distribución uniforme, sin bloqueo y sin reducir sustancialmente el área de superficie del portador en comparación con el de los métodos de soporte convencionales.

50 Para llevar el óxido de manganeso mencionado en un panal metálico, aglutinantes inorgánicos, tales como sol de sílice y sol de alúmina, o se puede utilizar aglutinante orgánico en el método descrito más adelante. Resinas hidrosolubles tales como la resina alquídica soluble en agua, la resina de epóxido, la resina de acrílico acuosa, la resina de uretano acuoso o la resina de uretano de acrílico acuosa son eficaces para restringir la rotura o abrupción de los estratos de catalizador. Para mejorar la adhesividad del estrato de catalizador y la superficie metálica, se prefiere espumar un estrato de catalizador en una capa de resina termoinduciendo o termocondensando la resina, o revistiendo la superficie

ES 2 358 484 T3

metálica con el compuesto acuoso que contiene el catalizador mezclado con tales resinas. Un ejemplo de una resina termoestable es la resina de úrea acrílica, y algunos ejemplos de resinas termocondensables son la resina alquídica (como la resina alquídica de melamina) y la resina epoxi (como la resina de epoxi-fenol, la resina de epoxi-úrea).

5 El solicitante puede observar que los catalizadores de agrietado de ozono que trabajan particularmente bien son aquellos que están disponibles comercialmente gracias a Nikki-Universal Co. Ltd., por ejemplo los catalizadores en serie NHC.

10 Con los medios de conversión de ozono de la invención es posible tratar el aire que tiene concentraciones de ozono altas, para reducir la concentración de ozono de éste a menos de 0.05 ppm, más en particular debajo de 0.02 ppm.

Aplicaciones

15 La invención también pertenece a un sistema generador de gas inerte a bordo (OBIGGS) para inertizar tanques de combustible, donde el aire se pasa a través de unos medios de conversión de ozono que contienen una composición de catalizador de ozono soportada en una estructura en panal, y donde el aire tratado de ozono se pasa a través de una membrana de fibras huecas, para la eliminación de al menos una parte del oxígeno presente en el aire tratado de ozono.

20 El aire puede ser aire purgado proporcionado por las turbinas de motor o aire presurizado por otra fuente. Alternativamente, el aire proporcionado al OBIGGS puede ser aire proporcionado por el sistema de control ambiental (ECS), que es referido como aire de cabina. También puede ser posible reemplazar al menos parte del aire purgado proporcionado a OBIGGS por aire de temperatura baja, preferiblemente debajo de 120°C, de la forma más preferible inferior a 100°C, por ejemplo aire de pistón u otra fuente de aire de baja temperatura del interior o del exterior del avión.

25 El OBIGGS que contiene los medios de conversión de ozono de la invención reduce las concentraciones de ozono por debajo de 0.05 ppm, más preferiblemente debajo de 0.02 ppm a la salida, y a una temperatura inferior a los 120°C, preferiblemente a una temperatura inferior a 100°C, si se mide conforme al método dado en el informe n° DOT-P-15-89-5 del United States Department of Transportation (Departamento de Transporte de los Estados Unidos), Airliner Cabin Environment: Contaminant Measurements, Health Risks and Mitigation Options (Entorno de cabina de avión de transporte: medidas contaminantes, riesgos de salud y opciones de mitigación), diciembre 1989.

30 Los medios de conversión de ozono de la invención pueden reemplazar a los transformadores de ozono existentes, o se pueden aplicar en serie. Es incluso posible reducir la concentración de salida de ozono aún más que los límites mencionados, dependiendo de la concentración de entrada, el número de discos de convertidor de ozono aplicados en serie, y además la optimización de temperatura de trabajo y concentración de catalizador.

Conversión VOC

40 Ahora se observa que la eficiencia de los medios de conversión de ozono, especialmente su durabilidad, y - asociado con ello - el tiempo de vida de cualquier equipamiento de avión posterior, en particular módulos de separación de aire, puede ser mejorado con el vapor de hidrocarburo de filtración, lubricantes y otros contaminantes de partícula sólida de aire antes de ser proporcionada a los medios de conversión de ozono.

45 Si los convertidores de ozono anteriores se preceden por un filtro, la acumulación de contaminación en el catalizador se reduce o incluso se evita, extendiendo la eficacia del convertidor de ozono sobre un periodo temporal más largo.

50 Es especialmente preferible usar un medio de conversión en serie VOC con los medios de conversión de ozono en el caso de que la fuente de aire sea aire purgado y/o el módulo de separación de aire deba tener un tiempo de vida extenso de unas 30.000 horas de vuelo de promedio. Por cuestiones obvias, los medios de conversión VOC están localizados arriba de los medios de conversión de ozono. Alternativamente, la composición del catalizador VOC puede estar presente encima de la misma o de otra estructura de panal de los medios de conversión de ozono reteniendo la composición de catalizador de ozono.

55 El uso de filtros para la eliminación de VOC en la industria aeronáutica es conocida. No obstante, como la tecnología de conversión de ozono existente, estos funcionan apropiadamente con temperatura alta, preferiblemente de 150 - 200°C. Hemos constatado ahora que los medios de conversión VOC se pueden aplicar reduciendo a la mitad una mejor eficiencia. Un ejemplo de ello puede ser el VOC convertido en un catalizador activado por plasma de temperatura baja como se describe en la JP-A-11-319486. Otro medio de conversión VOC adecuado puede ser un catalizador de la serie NH como el obtenido por Nikki Universal Co. Ltd. Incluso más preferiblemente, los medios de conversión VOC se pueden aplicar a temperatura baja, donde "temperatura baja" tiene el significado tal como se ha definido anteriormente en relación a los medios de conversión de ozono.

OBIGGS

65 Si los medios de conversión de ozono se aplican en el OBIGGS, es preferible que surta efecto inmediatamente por una membrana de fibras huecas implicada en el tratamiento de separación de gas, que no tiene preenfriadores

ES 2 358 484 T3

o unidades de intercambio térmico entremedias. Más convenientemente, los medios de conversión de ozono y la membrana de fibras huecas se pueden integrar en un único alojamiento, opcionalmente además conteniendo medios de conversión VOC, para minimizar peso, tamaño y complejidad, y facilitar el acceso para mantenimiento.

5 Por lo tanto, la invención también pertenece a una unidad de separación de gas adecuada para generar gas inerte, preferiblemente aire enriquecido de nitrógeno, en un vehículo con un depósito de combustible, preferiblemente un avión, cuya unidad contiene los medios de conversión de ozono de la invención, y unos medios de separación de gas adecuados para eliminación selectiva de oxígeno, localizado debajo de los medios de conversión de ozono, y donde la
10 unidad no tiene medios para calentamiento o enfriamiento. La unidad de separación de gas OBIGGS de la invención es un diseño ligero y fiable que es práctico para el reajuste dentro de un avión. Los medios de separación de gas pueden ser basados en cerámica. No obstante, en la forma de realización preferida, los medios de separación de gas es una membrana de fibras huecas.

15 En el contexto de la invención, donde el foco está sobre la eliminación del oxígeno del aire, la “separación de aire” y la “separación de gas” son considerados intercambiables.

Los medios de separación de gas comprenden membranas selectivamente permeables que diferencian entre oxígeno y gases inertes, de la forma más preferible nitrógeno. Siendo más permeable al oxígeno que al nitrógeno, la membrana se puede utilizar para separar el oxígeno de una corriente de aire (es decir, aire purgado) de aproximadamente 79 vol%
20 de nitrógeno y 21 vol% de oxígeno fluyendo el aire a través de tal membrana. El oxígeno pasará preferentemente y se puede recapturar por otro lado de la membrana, mientras el nitrógeno pasará menos preferentemente, creando así una corriente de aire enriquecida de oxígeno en el lado impregnado de la membrana y una corriente de aire enriquecida de nitrógeno en el lado retenido. La proporción de permeabilidades para ambos gases determina la eficiencia de la membrana.

25 Preferiblemente la membrana permeable de gas es muy fina para promover un flujo de gas alto. Se prefiere un perfil de densidad no uniforme o estructura de membrana compuesta. En una membrana de perfil de densidad no uniforme el cuerpo de la membrana contiene poros de vacíos de manera que la densidad de la estructura varía con la distancia desde un lado de la membrana al otro en la dirección del flujo de transmembrana. La no uniformidad es asimétrica preferiblemente en que la membrana tiene una piel densa en un lado e incorpora vacíos que aumentan en concentración
30 con distancia desde el otro lado. Tales fibras huecas se fabrican por hilatura de solución asimétrica, que es un proceso tipo coextrusión que permite que fibras de “tipo compuesto” se formen en un proceso continuo.

35 Para que un módulo de separación de gas sea seleccionado para el uso en combinación con los medios de conversión de ozono de la invención y en sistemas de inertización de depósito de combustible en un vehículo, preferiblemente un avión, el módulo de separación de aire tiene que cumplir el siguiente criterio: la membrana de separación de gas debería tener una selectividad de oxígeno/nitrógeno de al menos 3, a una temperatura entre 20-120°C, más preferiblemente debajo de 100°C.

40 Se obtienen resultados buenos mientras se usa una membrana de fibras huecas formada de óxido de polifenileno (PPO) como preparado según la EP-A-298,531, construido de óxido poli(2,6-dimetil-p-polifenileno) u óxido poli(2,6-dimetil-1,4-polifenileno) con un alto peso molecular, del orden de 10^5 - 10^6 . El estrato superior tiene un espesor inferior a los 100 nm, más preferiblemente menos que 50 nm. Estas fibras asimétricas huecas pueden estar ensambladas en fajos de 2 - 20,000 fibras en un módulo. Estos fajos de fibras son considerados sinónimos con la membrana de separación
45 de gas o membrana de fibras huecas en el contexto de la invención. El diámetro grande de las fibras hace que sean mucho menos vulnerables frente a daños de contaminación o fluctuaciones en la presión de suministro.

El módulo comprende preferiblemente una entrada para que la mezcla gaseosa sea separada y dos salidas, para el permeado de una parte, y el retenido en otra parte. Si se desea, diferentes módulos pueden también ser conectados en serie o en paralelo entre sí para obtener una separación de gas inmóvil más óptima.
50

La unidad de separación de gas reduce los riesgos de explosión de un depósito de combustible de avión mediante un vapor no explosivo de combustible sobre el depósito de combustible líquido, a veces referido como lavado de la cámara de aire. Para el propósito de la invención, un tanque es considerado inerte cuando el promedio de la concentración de
55 masa de oxígeno en los compartimentos del tanque es un 12 vol% o menos del nivel del mar. A medida que se consume el combustible, el nivel de combustible líquido en el tanque baja y se sustituye por la corriente de aire enriquecida de nitrógeno de aire purgado enfriado o tratado o aire de otra fuente presurizada. El OBIGGS así mantiene los tanques en unos niveles de inertización apropiados durante el vuelo.

60 En una forma de realización de la presente invención la unidad de separación de aire además contiene un medio de conversión VOC como se ha descrito anteriormente.

La invención también se refiere a un método para la inertización de la cámara de aire de un depósito de combustible de un vehículo, donde el método implica el suministro de aire a una temperatura en la gama de 20-120°C, preferiblemente inferior a 100°C, más preferiblemente incluso inferior a 70°C, a través de la unidad de separación de gas mencionada, para obtener una corriente de aire enriquecida de nitrógeno y una corriente de aire enriquecida de oxígeno, donde el aire enriquecido de nitrógeno está provisto al depósito de combustible.
65

ES 2 358 484 T3

Aunque el principio de inertización de depósito de combustible se puede aplicar a cualquier vehículo con un depósito de combustible, el impacto de mezclas de vapor de combustible explosivo y potencialmente inflamable que existen en tanques de combustible es de interés particular para aplicaciones de avión. El vehículo puede ser un avión comercial o militar.

5 Actualmente, el OBIGGS utiliza aire del(de los) motor(es) o de otra fuente de aire presurizada, cuya corriente de aire es antes sometida a un tratamiento de ozono de alta temperatura, enfriamiento, y filtración, respectivamente, antes de ser transferido a la unidad de separación de gas. El OBIGGS de la invención es diferente en que éste puede ahora incluir i) una entrada para recibir una corriente de aire del motor u otra fuente de aire presurizado; ii) un intercambiador 10 térmico debajo de la entrada; iii) opcionalmente un filtro; (iv) un convertidor de ozono de baja temperatura; y (v) una membrana de separación de aire. En otras palabras, la corriente de aire es antes sometida a un tratamiento de intercambio térmico y luego a un tratamiento de ozono, opcionalmente precedido por una filtración, y una separación de gas. El intercambio térmico se puede aplicar para calentar o refrescar el aire para ser sometido al tratamiento de ozono, dependiendo de la elección de fuente de aire. En una forma de realización preferida al menos los pasos 15 (iv) y (v), y opcionalmente también el paso (iii) se combinan en una unidad de separación de gas, cuya unidad de separación de gas está localizada debajo del intercambiador térmico y es conveniente para suministrar con un flujo de gas enriquecido de nitrógeno a un depósito de combustible. El filtro ahora protege la membrana de separación de aire y el convertidor de ozono, aumentando la eficiencia del convertidor de ozono y alargando el tiempo de vida de la unidad de la separación de gas, reduciendo así el mantenimiento.

20 La unidad de separación de gas de la invención permite ventajosamente al experto en la materia usar aire de baja temperatura, tal como aire de cabina o aire de pistón, como la fuente de aire para aire enriquecido de nitrógeno, en vez de aire purgado presurizado contaminado de alta temperatura de los motores. Hasta ahora, la cabina y aire de pistón no han sido utilizados como una alternativa razonable para la purga de aire, al menos parcialmente debido al requisito 25 de alta temperatura en la eliminación de ozono. Por lo tanto, en una forma de realización preferida el OBIGGS usa aire de cabina y/o aire dinámico, de la forma más preferible aire de cabina, como fuente de aire proporcionada a la unidad de separación de gas de la invención.

30 El sistema de inertización de depósito de combustible u OBIGGS que incorpora la unidad de separación de gas de la invención puede ser principalmente localizado dentro de un compartimento de paquete de aire acondicionado, en el área de carenado adyacente al ala, o en otras áreas adecuadas del avión. La unidad de separación de gas se puede implementar en la proximidad de uno o más de los tanques de combustible presentes a bordo, incluyendo tanques de combustible centrales y del ala. Será capaz de ser adaptado para varias aplicaciones y OBIGGS conocidos en la técnica, como los descritos en la US-A-2005/0247197 y US-A-2005/0173017. Estos documentos también enseñan 35 al experto en la materia cómo controlar los índices de flujo de gas enriquecido de nitrógeno durante las diferentes etapas del vuelo. Si la unidad de separación de gas se implementa en los sistemas de inertización de depósito de combustibles existentes usando aire presurizado para una fuente de aire, hay un pequeño motivo para cambiar cualquiera de los pasos procesales conocidos en la técnica. No obstante, si una fuente de aire diferente al aire purgado es seleccionada, se considera en el ámbito de un experto en la materia adaptar el OBIGGS a la nueva fuente de aire. 40 De hecho, el OBIGGS será una versión simplificada de su homólogo existente, dado que las diferencias en las condiciones atmosféricas durante el ascenso, el vuelo y el descenso se aprovechan ya para en el suministro de aire de cabina.

45 Además, es también evidente que la unidad de separación de gas de la invención podría ser perfectamente empleada para inertizar un entorno de tanque sin combustible como una bodega de equipaje, o para proporcionar un sistema de supresión de fuego para áreas seleccionadas del vehículo. De la forma más preferible, la unidad de separación de gas de la invención será simultáneamente adaptada para proporcionar un sistema de supresión de fuego en otras regiones del avión, tal como la bodega de equipaje.

50 Ejemplos

Ejemplo 1

Medios de conversión de ozono

55 Un convertidor de ozono adecuado es el RIHO-05-0801 disponible gracias a Nikki-Universal Co. Ltd. (Japón), siendo Al_2O_3 , SiO_2 y MnO_2 los ingredientes activos.

60 El convertidor de ozono y su proceso de preparación está descrito en gran detalle en el ejemplo 1 de la GB-A-2,208,207 y la US 4,871,709.

Ejemplo 2a

Eficiencia del catalizador de ozono

65 El índice de conversión de ozono del convertidor de ozono según el Ejemplo 1 fue determinado a varias temperaturas y concentraciones de ozono, dándole un flujo de entrada de $60 \text{ m}^3/\text{h}$ y una presión de entrada de 2.5 bar.

ES 2 358 484 T3

La concentración de ozono en la entrada fue variada de 0.05, 0.1, 0,3 a 1,5 ppm y el ozono y la temperatura del aire fue 50, 60, 70 y 80°C. Los experimentos fueron realizados con transformadores de ozono únicos y series de los mismos.

5 La eficiencia de conversión de ozono en la salida del convertidor de ozono se resume en la tabla 1.

TABLA 1

Eficiencia de la conversión de ozono a varias temperaturas

10

T (°C)	Disco único	Dos discos en serie
50	97 %	>99%
60	97.6%	>99%
70	98.9%	>99%
80	99%	>99%

15

20

Ejemplo 2b

Eficiencia del catalizador de ozono

25

En un entorno cerrado de 15 L se generó una concentración de ozono de aproximadamente 1000 ppm. Luego, el aire que tiene una concentración de ozono alta fue recirculado a temperatura ambiente sobre el convertidor de ozono según el Ejemplo 1, hasta que se obtuvo una concentración de ozono inferior a 1 ppm.

30

La prueba fue repetida con otro convertidor de ozono.

Los resultados de la prueba se catalogan en la tabla 2a y 2b para ambos catalizadores respectivos, medido a humedades diferentes relativas. En esto, cuando el periodo de tiempo en el que se realiza la reducción de ozono es más corto, el convertidor de ozono es más eficaz.

35

TABLA 2

Eficiencia de conversión de ozono en TR en humedades relativas diferentes (%RH)

40

	vez (veces) a 45 %RH	Ve z (veces) a 95 %RH
Convertidor de ozono según ej. 1	41 - 51	82 - 92
Convertidor de ozono 11 11	323 - 385	1510

45

Ejemplo comparativo 1

50

El índice de conversión de ozono del convertidor de ozono según el Ejemplo 1 fue determinado y comparado con 2 transformadores preparados conforme a las instrucciones dadas en la US 4,871,709, que tienen Ag/TiO₂ y AgO/TiO₂ como ingredientes activos a varias temperaturas, concentraciones de ozono y velocidades de flujo, dada una presión de entrada de 2,5 bar. En cuanto a la integridad, se menciona que el tamaño de los catalizadores usados aquí es mucho más pequeño que el del ejemplo 2, donde los índices de flujo de 60 m³/h fueron aplicados. Las pautas están disponibles en la técnica para seleccionar el tamaño de la corriente para ser tratada (el llamado valor GHSV, que es el inverso del tiempo de estancia).

55

Los transformadores de ozono basados en plata representan los descritos en la WO-A-2005/097303.

60

La concentración de ozono en la entrada fue variada de 0.02, 0.1 a 1.0 ppm, la velocidad de flujo de 0.8, 5 a 10 m³/h, donde los Índices de flujo fueron normalizados a estándares STP, es decir temperatura estándar y presión: 0°C y 1.013 bar absoluto (1 atm). El ozono y la temperatura del aire fue de 25 y 60°C. Los experimentos fueron realizados con transformadores de ozono únicos de 22 mm de diámetro y 50 mm de longitud. La densidad de célula del convertidor de ozono, que contiene MnO₂ como sustancia activa, según el ejemplo 1a es 500 cpi² (células por pulgada cuadrada), mientras que la densidad de la célula del Ag y AgO que contiene muestras es de 800 cpi².

65

Experimentos blancos fueron realizados con concentración de entrada de ozono de 10 ppb a 60°C y 0.8 m³/h; mostró una pérdida de ozono menor que 0.5 ppb, y dos puntos más a 25°C y 0.8 m³/h con concentraciones de entrada de ozono de 134.2 y 34.5 ppb, que resultó en concentraciones de salida de 133 y 33.6 ppb, respectivamente. Por lo tanto, la pérdida de ozono es insignificante.

ES 2 358 484 T3

Los resultados fueron catalogados en la tabla 3. En esto, la eficiencia de la conversión de ozono de las diferentes muestras en la salida de los transformadores de ozono fue normalizado para la densidad de célula. La normalización fue hecha con la división del tipo de conversión por la densidad de célula de la muestra multiplicado por la densidad de célula del catalizador de MnO₂ para obtener valores comparables. La normalización fue convalidada por muestreo de un catalizador de Ag a 500 cpi²; la conversión de ozono correspondía a aquel de una muestra de 800 cpi² normalizada.

Los resultados demuestran claramente una conversión de ozono mucho mejor del catalizador de MnO₂ de la invención, a diferentes índices de flujo, temperaturas y concentraciones de ozono de entrada.

TABLA 3

Eficiencia de conversión de ozono de varios catalizadores bajo varias condiciones

T (°C)	[O ₃] (ppm)	Fluido de volumen (m ³ /h)	MnO ₂ (%)	Ag (%)	AgO (%)
25	0.02	0.8	90.4	57.6	54.0
"	"	5	67.6	40.3	34.8
"	"	10	56.0	23.4	32.4
"	0.1	0.8	98.7	61.4	59.6
"	"	5	80.8	47.6	38.0
"	"	10	63.0	41.2	21.7
"	1.0	0.8	99.8	62.2	55.5
"	"	5	82.2	40.3	43.1
"	"	10	61.7	23.4	19.9
60	0.1	0.8	97.2	60.7	60.7
"	"	5	85.2	47.1	48.8
"	"	10	73.8	39.2	36.0

TABLA 4

Eficiencia de conversión de ozono de varios catalizadores

tiempo (min)	MnO ₂ (%)	Ag (%)	AgO (%)
1200	95	48	38
1300	95	38	25

Ejemplo comparativo II

El índice de conversión de ozono para catalizadores MnO₂, Ag y AgO preparados conforme a las instrucciones dadas en el ejemplo comparativo fue evaluado a tiempo. En cualquier caso, las densidades de célula fueron aproximadamente 500 cpi².

La prueba implicaba un pretratamiento durante 1200 mins. a una concentración de entrada de ozono de 6 ppm, a 25°C y 25%RH. La velocidad de flujo fue 72,000l/hr. Después de este periodo de tiempo, la durabilidad fue evaluada disminuyendo la concentración de ozono a 0.5 ppm.

Los resultados se muestran en la tabla 4, nuevamente demuestra claramente el efecto sorprendente del catalizador de la invención. El pretratamiento (periodo temporal corto a niveles de ozono altos) simula una historia larga de exposición de ozono a la que el catalizador de ozono se enfrentará en la industria aeronáutica. La historia del catalizador - en cuanto a exposición de ozono - muestra un efecto espectacular en los catalizadores basados en plata, mientras el catalizador de la invención permanece estable a medida que pasa el tiempo.

REIVINDICACIONES

5 1. Uso de un medio de conversión de ozono de baja temperatura que contiene una composición de catalizador de ozono soportada por una estructura en panal en tanques de combustible de inertización, temperatura baja significando una eficiencia de conversión de ozono superior al 95% a una temperatura inferior a 120°C, donde dichos medios de conversión de ozono contienen un catalizador de agrietado de ozono que comprende óxido de manganeso activo, donde dicha estructura en panal comprende un conjunto de fibra para proporcionar más de 0.02 cm³/g de microporos 10 - 200 nm de diámetro, donde dicho conjunto de fibras está compuesto por paredes que tienen poros vacantes más grandes que 500 nm de diámetro y en una cantidad superior a 0.1 cm³/g.

15 2. Sistema generador de gas inerte a bordo (OBIGGS) para tanques de combustible de inertización, donde el aire con una temperatura debajo de 120°C se pasa a través de unos medios de conversión de ozono conteniendo una composición de catalizador de ozono soportada por una estructura en panal, donde dichos medios de conversión de ozono contienen un catalizador de agrietado de ozono que comprende óxido de manganeso activo, donde dicha estructura en panal comprende un conjunto de fibra que proporciona más de 0.02 cm³/g de microporos 10 - 200 nm de diámetro, donde dicho conjunto de fibra está compuesto por paredes que tienen poros vacantes más grandes de 500 nm de diámetro y en una cantidad superior a 0.1 cm³/g, y donde el aire tratado de ozono se pasa a través de una membrana de fibras huecas, para eliminar al menos una parte del oxígeno presente en el aire tratado de ozono.

20 3. OBIGGS según la reivindicación 2, donde dichos medios de conversión de ozono son sucedidos inmediatamente por dicha membrana de fibras huecas.

25 4. OBIGGS según la reivindicación 2 o 3, donde dicho aire es aire de cabina.

30 5. Unidad de separación de gas adecuada para generar gas inerte para la inertización de un depósito de combustible de un vehículo, donde dicha unidad de separación de gas comprende unos medios de conversión de ozono que contienen una composición de catalizador de ozono en un soporte de panal, y una membrana de fibras huecas adecuada para la eliminación selectiva de oxígeno localizado debajo de dichos medios de conversión de ozono, y donde dicha unidad de separación de gas no tiene medios para el enfriamiento, donde dichos medios de conversión de ozono contienen un catalizador de agrietado de ozono que comprende óxido de manganeso activo, donde dicha estructura en panal comprende un conjunto de fibra para proporcionar más de 0.02 cm³/g de microporos 10 - 200 nm de diámetro, donde dicho conjunto de fibra está compuesto por paredes que tienen poros vacantes más grandes que 500 nm de diámetro y en una cantidad superior a 0.1 cm³/g.

35 6. Unidad de separación de gas según la reivindicación 5, donde dicha membrana de fibras huecas está formada por óxido poli(2,6-dimetil-p-polifenileno) con un peso molecular de 10⁵ - 10⁶, y donde el estrato superior de dicha membrana tiene un espesor inferior a 100 nm.

40 7. OBIGGS según cualquiera de las reivindicaciones 2 - 4, o la unidad de separación de gas según la reivindicación 4 o 5, donde dicho óxido de manganeso activo es amorfo.

45 8. Método para la inertización de un depósito de combustible de un vehículo, donde dicho método implica suministrar aire a una temperatura en la gama de 20 - 120°C a través de una unidad de separación de gas según la reivindicación 5 o 6, para obtener una corriente de aire enriquecida de nitrógeno y una corriente de aire enriquecido de oxígeno, donde dicho aire enriquecido de nitrógeno está provisto al depósito de combustible.

50

55

60

65