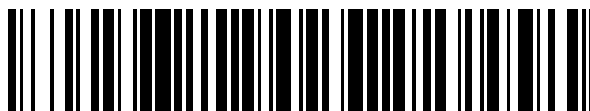


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 381 455**

51 Int. Cl.:
F16K 24/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **02778735 .7**
96 Fecha de presentación: **06.11.2002**
97 Número de publicación de la solicitud: **1461553**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **29.09.2004**

54 Título: **Sistema de inertización de combustible a bordo**

30 Prioridad:
28.11.2001 US 994714

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.05.2012

73 Titular/es:
**KENNETH SUSKO
AVIATION SAFETY FACILITATORS CORP., 30
AMETHYST ST.
ELMONT, NY 11003, US**

72 Inventor/es:
Susko, Kenneth

74 Agente/Representante:
Carvajal y Urquijo, Isabel

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).

ES 2 381 455 T3

DESCRIPCIÓN

Sistema de inertización de combustible a bordo

La presente invención hace referencia a un novedoso sistema de inertización de combustible y suministros de combustible potencialmente explosivos en vehículos tales como aeronaves. Más específicamente, la presente invención proporciona un sistema novedoso de inertización de combustible con nitrógeno que llenará el espacio vacío (es decir, el volumen de vapores dentro de un tanque de combustible por encima del combustible líquido) de un tanque de combustible de una aeronave u otro tanque de combustible con un gas inerte no comburente. La invención proporciona, de manera concomitante, la capacidad de controlar de forma activa el contenido de oxígeno del vapor y el gas en el espacio vacío de un tanque de combustible para mantener el estado inerte de los vapores sobre el combustible y permitir la dispersión eficiente del gas inerte.

Antecedentes y arte previo.

Desde 1959, han tenido lugar una serie de explosiones del tanque central del ala en aeronaves militares y comerciales dando como resultado informes de la muerte de hasta 550 personas. Se cree que estos casos, poco frecuentes pero que siguen ocurriendo y que implican explosiones del tanque de combustible, fueron ocasionados por fuentes desconocidas de ignición, posiblemente iniciadas por hilos conductores expuestos a la mezcla de aire/vapor de combustible explosivo en el tanque. Estos accidentes han impulsado la búsqueda de un sistema efectivo para la inertización de vapores inflamables y potencialmente explosivos en tanques de combustible, particularmente en aeronaves. Se conocen sistemas de inertización que emplean gases halógenos para la utilización en aeronaves militares. Pero la utilización de gases halógenos no es viable en aeronaves comerciales ni en la aviación en general debido a sus efectos en la disminución de la capa de ozono. Además, un sistema no basado en halógenos también sería ventajoso en aplicaciones militares, ya que un sistema de inertización basado en gases no halógenos es menos nocivo para el medio ambiente.

Una breve discusión de la historia del problema de explosiones en el tanque de combustible central, y del creciente interés en la implementación de un sistema inerte en aeronaves comerciales, puede verse en "Air Safety Week" (Semana de la seguridad aérea), Vol. 15 Nº 16, 16 de abril de 2001, "Fatal Explosion Highlights Hazard of Flammable Vapors in Fuel Tanks" (Explosión mortal pone en evidencia los riesgos de los vapores inflamables en tanques de combustible). La discusión en ese artículo indicó que, en particular, el tanque central del ala de aeronaves comerciales puede alcanzar altas temperaturas cuando la aeronave debe esperar en hilera sobre el asfalto caliente de un aeropuerto con las altas temperaturas del verano, y que tales condiciones se han asociado a algunas explosiones. El ejemplar de "Air Safety Week" antes indicado también discute una serie de sistemas de inertización basados en nitrógeno que fueron considerados por el "Aviation Rulemaking Advisory Committee" (Comité Asesor de Regulaciones de Aviación) en su reunión del 4 de abril de 2001. Entre esos sistemas se incluyó una breve discusión del sistema de la presente invención.

La patente WO-A-01/54979 revela un sistema de inertización de combustible que comprende un primer medio de suministro (2) para suministrar un gas inerte a un tanque de combustible (8) para limpiar el combustible en su interior cuando el espacio vacío (16) del tanque de combustible es inerte, y un segundo medio de suministro de combustible (4) para suministrar el gas inerte para limpiar el combustible (6) en su interior cuando el espacio vacío del tanque de combustible no es inerte, siendo el primero y segundo medio de suministro (2, 4) operables de modo individual mediante un sistema de válvulas (10), de modo tal que sólo uno de los medios de suministro sea operable en un momento dado. El gas inerte consiste en aire enriquecido con nitrógeno, producido al pasar aire desde un área presurizada de la aeronave a través de un separador de nitrógeno ubicado en el interior, pero de manera que se pueda extraer, de la aeronave.

La patente US-A-3628758 revela un sistema de inertización de tanque de combustible que comprende un tanque que tiene un puerto de carga de combustible incluyendo medios de pulverización a través de los cuales el combustible es pulverizado en el espacio de vapor en dicho tanque; y medios para suministrar un gas inerte en dicho espacio de vapor para desoxigenar el combustible y diluir el contenido de oxígeno del espacio de vapor a un grado incapaz de provocar la combustión del vapor de combustible en dicho espacio de vapor; donde dichos medios de pulverización comprenden una válvula que tiene un puerto de entrada para recibir combustible de una boquilla de carga de combustible y salidas circunferenciales a través de las cuales puede descargarse el combustible en el espacio de vapor, con forma generalmente cónica.

La patente US-A-5708957 revela un sensor óptico que utiliza una fuente de luz radioluminiscente para suministrar la radiación incidente para detectar una sustancia seleccionada en un medio de prueba. La fuente radioluminiscente incluye un radioisótopo que emite radiaciones beta que da energía a un luminóforo co-inmovilizado para liberar luz en una longitud de onda dada para la operación de un sensor químico. La fuente radioluminiscente se acopla con una matriz de detección para la detección y cuantificación del analito de interés. La matriz de detección produce una señal característica basada en absorbancia o fluorescencia que varía según la concentración del analito

seleccionado en la muestra. Un fotodetector mide la señal óptica resultante a partir de la cual se determina la concentración de analito.

Resumen de la invención.

Por lo tanto, la presente invención proporciona un sistema de inertización con nitrógeno para mezclas de combustible y vapor potencialmente inflamables y explosivos que existen en tanques de combustible, en particular en tanques de combustible de aeronaves. Sin embargo, será evidente que los sistemas de la presente invención se podrán adaptar para la inertización de tanques de combustible en cualquier tipo de vehículo y, por lo tanto, la presente invención puede ser de utilidad en diversos tipos de vehículos militares, o en vehículos destinados para su operación en entornos peligrosos o bajo otras circunstancias donde hay suficiente peligro de explosión del tanque de combustible, o donde el deseo de descartar tal posibilidad es tal que justifica la instalación del sistema. También es evidente que el sistema de la presente invención podría ser empleado para la inertización de un entorno que no sea un tanque de combustible, tal como por ejemplo una bodega de carga, o para proporcionar un sistema de extinción de incendios para áreas seleccionadas de la aeronave u otro vehículo. En tal caso, el gas nitrógeno para la inertización de un área puede liberarse sólo después de que el riesgo de incendio sea detectado en otro lugar del vehículo. Por lo tanto, aunque la presente invención se explicará en la presente memoria en el contexto de un sistema de inertización con nitrógeno a bordo, para un tanque central del ala de una aeronave, debe entenderse que el sistema puede adaptarse a otros tanques de combustibles o a múltiples tanques de combustible en aeronaves y otros vehículos, y también puede adaptarse para crear un entorno inertizado o un sistema de extinción de incendios complementario en un volumen que no sea un tanque de combustible. Lo más probable es que este sistema se utilice, principalmente, como sistema de inertización del tanque de combustible, y al mismo tiempo se adapte para proporcionar además un sistema de extinción de incendios en otras regiones de la aeronave, tal como por ejemplo una bodega de carga.

En particular, la presente invención proporciona un sistema que ofrece una protección inerte con una atmósfera gaseosa rica en nitrógeno a un tanque de combustible u otro entorno, para inertizar dicho entorno ante una posible explosión. La presente invención proporciona un sistema con control seguro y efectivo de la concentración de oxígeno en la atmósfera en un tanque u otra área a ser inertizada, de tal modo que pueda dosificarse el nitrógeno de manera eficiente de una fuente de nitrógeno líquida para mantener la atmósfera a una baja concentración de oxígeno deseada de manera que se minimice o elimine el riesgo potencial de explosiones. La temperatura del tanque también puede controlarse para evaluar la naturaleza potencialmente explosiva de los contenidos del tanque. También se proporciona una sonda efectiva que puede controlar de manera efectiva el contenido de oxígeno de la atmósfera dentro de un tanque de combustible, y que puede lograr la función de control de manera precisa sin crear un peligro de que la propia sonda sea una fuente de chispas que puedan comenzar una explosión. La sonda es una sonda de fibra óptica pasiva que puede extenderse hasta el interior del tanque de combustible u otro entorno para controlar el contenido de oxígeno, y proporcionar una base para controlar la concentración de oxígeno. Dado que, en la realización particular de la presente invención, la salida de la sonda de fibra óptica que indica la concentración de oxígeno depende de la temperatura, también se proporciona una cubierta o dispositivo en el presente sistema para mantener la sonda a una temperatura uniforme conocida, para garantizar que pueda obtenerse una medición de oxígeno adecuada.

El sistema de la presente invención utiliza un suministro de nitrógeno líquido a bordo, en forma de un vaso Dewar o contenedor similar que almacena nitrógeno líquido que se encuentre aislado de forma adecuada para mantener el nitrógeno líquido a una temperatura reducida durante un largo período de tiempo. El contenedor, de manera preferente, tiene el tamaño deseado para proporcionar el suficiente suministro de nitrógeno para inertizar el tanque de combustible, por ejemplo, el tanque central del ala o múltiples tanques de combustible de una aeronave, preferentemente muchas veces tal como se explicará a continuación. El suministro de nitrógeno a bordo se encuentra en comunicación fluida mediante válvula con el tanque o tanques de combustible u otros entornos que deban ser inertes, de manera habitual el tanque central del ala de la aeronave. Una sonda de fibra óptica pasiva que se extiende en el tanque controla la presión parcial de oxígeno dentro del tanque. La salida de la sonda pueden suministrarse a un espectrómetro o instrumento similar que se adapta para convertir la salida análoga de la sonda en una señal digital que puede suministrarse a un controlador adecuado, tal como un controlador basado en un microprocesador. El microprocesador puede controlar válvulas a través de las cuales fluye el nitrógeno de la fuente de nitrógeno de a bordo para suministrar nitrógeno al tanque según se necesite, para mantener la atmósfera por encima del combustible en una condición inerte. El aparato puede controlar ese flujo y mantener una condición inerte controlando una señal de la sonda y utilizando adaptaciones de software que son conocidas por los expertos en el arte para permitir que el microprocesador controle el contenido de nitrógeno en el espacio vacío de los tanques.

Las sondas precisas contempladas por la presente invención proporcionan una salida que da una señal de la presión parcial de oxígeno que depende de la temperatura, y por lo tanto la invención también proporciona un receptáculo o cubierta para proporcionar un entorno de temperatura estable que pueda utilizarse en el caso de un sistema que está sujeto a la gran variedad de temperaturas a las que está sometida una aeronave comercial. Es decir, la invención proporciona un receptáculo térmicamente estable o alojamiento para revestir la sonda, que se extiende hasta el interior del tanque de combustible, para mantener dicha sonda a una temperatura lo

suficientemente constante para garantizar que pueda hacer lecturas de oxígeno precisas. El tanque de combustible tiene una válvula de alivio adecuada que expulsará la mezcla de vapor y combustible sobre el nivel de combustible a medida que se mide el nitrógeno del suministro de a bordo al tanque. Sin embargo, todo el sistema puede operarse a presiones pico relativamente bajas de 20 psi (138kPa) sobre el entorno o menos. El sistema de la presente invención supera las desventajas de algunos de los sistemas sugeridos que requieren compresores a bordo para la separación del nitrógeno del aire.

Por lo tanto, en resumen, la presente invención proporciona un sistema de inertización de combustible a bordo para un vehículo sujeto a chispas eléctricas, u otra introducción de ocurrencias potencialmente explosivas dentro de un tanque de combustible del vehículo que comprende: (a) un detector de presión parcial de oxígeno que se mantiene en contacto con los vapores en el espacio vacío del tanque de combustible, en donde el detector de presión parcial de oxígeno es un detector de fibra óptica que detecta la presión parcial de oxígeno detectando los efectos del oxígeno en la fluorescencia de un material que se mantiene en la sonda y sujeto al contacto con el volumen libre; (b) una fuente de gas inerte mantenida a bordo del vehículo que se comunica mediante válvula con el volumen libre del tanque de combustible; y (c) un controlador que responde a la detección de una presión parcial de oxígeno dentro de dicho volumen libre que es mayor que un nivel predeterminado para hacer que el gas inerte fluya al volumen libre de dicha fuente para establecer la presión parcial de oxígeno por debajo de dicho nivel predeterminado. En las realizaciones preferentes, el sistema se adapta a una aeronave que utiliza nitrógeno como agente de inertización. La utilización de una sonda de fibra óptica que detecta oxígeno hace posible detectar la presión parcial de oxígeno dentro del tanque sin exponer el volumen libre a la electricidad y a una fuente adicional de chispas.

Breve descripción de los dibujos.

La presente invención se ejemplificará y explicará mejor con referencia a los dibujos adjuntos que se describen a continuación:

La figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema según la presente invención dispuesto para mantener una atmósfera inerte en el tanque central del ala de una aeronave comercial.

La figura 2 es una vista de corte transversal de una cubierta o receptáculo de una sonda de fibra óptica según la presente invención, el alojamiento o receptáculo está adaptado para mantener la sonda a una temperatura relativamente constante para asegurar de manera apropiada lecturas precisas del contenido de oxígeno del tanque que se inertiza.

La figura 3 muestra un sistema deflector que puede emplearse como alternativa al sistema que se muestra en la figura 2 para crear una atmósfera que reflejará de manera precisa la concentración de oxígeno en el tanque que se inertiza, pero que permite evitar que la sonda entre en contacto con el combustible líquido.

Descripción de las realizaciones preferentes.

Con referencia a la figura 1, se muestra de forma esquemática un tanque de combustible 11 que tiene combustible en la parte baja del mismo. El volumen libre o espacio por encima del combustible del tanque 12 también conocido como espacio vacío, normalmente se llenaría con mezcla de vapor de combustible y aire que posiblemente sería combustible y explosivo si los vapores de combustible se combinaran con el aire ambiente. El conducto de gas nitrógeno 15 es capaz de conducir nitrógeno a la parte más superior del tanque y se comunica mediante una válvula con el vaso Dewar con nitrógeno 13. Puede utilizarse cualquier contenedor aislado apropiado, sin embargo, se prefiere un vaso Dewar del tipo normalmente utilizado para almacenar gases licuados. Tal contenedor puede tener, por ejemplo, una pared doble con espacio evacuado entre las paredes y superficies reflectantes o plateadas. Aunque puede utilizarse cualquier contenedor aislante adecuado para almacenar el gas licuado, en la presente invención se hará referencia al contenedor de nitrógeno conocido como vaso Dewar.

Según un aspecto particular de la invención, el nitrógeno líquido superenfriado se mantiene en el vaso Dewar o contenedor aislante capaz de almacenar aproximadamente 100 galones de nitrógeno líquido. Tal contenedor es capaz de generar alrededor de 9300 pies cúbicos de gas nitrógeno a aproximadamente la presión atmosférica. Tal cantidad de gas será suficiente para llenar el tanque central del ala de una aeronave tipo 747 (que tiene un volumen de aproximadamente 2100 pies cúbicos) más de tres veces. Por lo tanto, la utilización de tal vaso Dewar incluso en una aeronave tan grande como un avión comercial 747 significaría que el tanque central del ala podría ser inertizado para tres vuelos con el suministro de nitrógeno líquido proporcionado al vaso Dewar.

Una válvula 17, tal como por ejemplo una válvula de solenoide, se proporciona en el conducto 15 entre el vaso Dewar 13 y el tanque de combustible 11. La válvula 17 es controlada por el sistema de control que se discute a continuación en la presente patente para suministrar nitrógeno al volumen libre por encima del combustible o espacio vacío del tanque de combustible 11 cuando se detecta que la concentración de oxígeno 9 en el volumen libre ha subido lo suficiente para hacer que la mezcla de vapor del espacio vacío sea potencialmente explosiva.

El vaso Dewar de nitrógeno 13 se proporciona con una conexión de llenado 14 adecuada, que termina en la superficie externa de la aeronave, a otro punto accesible de la aeronave para permitir que el personal técnico del aeropuerto llene el vaso Dewar utilizando un camión de suministro de nitrógeno líquido o similar según sea necesario.

- 5 Conductos adicionales tales como 15 pueden comunicar desde el vaso Dewar de nitrógeno a otros tanques de combustible en la aeronave. Sin embargo, se destaca que el tanque central del ala probablemente es el principal candidato para esta operación de inertización.

10 El detector del nivel 29 es un aparato que detecta el nivel de nitrógeno líquido en el vaso Dewar. La salida del nivel 29 se comunica con el controlador basado en el microprocesador dando la señal de la necesidad de llenar el vaso Dewar cuando se vacía el suministro de nitrógeno.

15 El conducto 21 es un conducto alternativo que lleva gas nitrógeno que puede estar comunicado con otras partes de la aeronave, por ejemplo, áreas de la bodega de carga donde un incendio puede ser un problema potencial. Bajo tales circunstancias, la válvula de control 25, por ejemplo, otra válvula de solenoide, y válvula regulada por presión 23 puede operarse para permitir que el gas nitrógeno llene las regiones comunicadas con el conducto 21, suprimiendo de este modo el riesgo de incendio en esas áreas. El regulador de presión 23 puede ser una válvula autoregulada que se abre cuando la diferencia de presión entre los puertos aguas arriba y aguas abajo de la válvula excedan el valor fijado de la válvula, la cual puede ajustarse a presiones operativas deseables como comprenderán los expertos en el arte. No se proporciona gas inerte a través de las áreas de la bodega de carga de forma continua, sino que sólo se proporciona si y cuando se detecta un riesgo potencial de incendio en dichas áreas y el sistema de control abre la válvula de solenoide 25. Por lo tanto, puede o no ser necesario instalar una sonda de detección de oxígeno, tal como se discute a continuación, en esa bodega de carga u otras regiones de tanques no de combustible, dado que el riesgo en esas áreas será señalado por otros factores y no la presión parcial de oxígeno. Sin embargo, será evidente para los expertos en el arte que la instalación de una sonda de oxígeno en cualquier área para la cual puede suministrarse oxígeno puede ser efectiva para indicar al controlador la presión parcial de oxígeno. Puede implementarse capacidad de detección de oxígeno en el área de la bodega de carga utilizando la sonda que se discute a continuación, y el alojamiento o receptáculo a temperatura constante que mantiene tal sonda a una temperatura lo suficientemente uniforme para que la sonda pueda detectar con precisión la presión parcial de oxígeno. Debe comprenderse que una aeronave está sujeta a una gran variedad de temperaturas a medida que pasa por el ciclo del despegue hacia una gran altitud y regresa a un aeropuerto, y según la presente invención es deseable mantener las sondas de medición de oxígeno a una temperatura relativamente uniforme.

Volviendo a la región del tanque de combustible, se discutirán los aspectos del aparato de control del sistema de inertización de la presente invención. En este contexto, cabe destacar que las líneas continuas en la figura 1 indican que el conducto es capaz de transmitir fluido tal como gas nitrógeno u otras corrientes de gas como se discutirá en la presente patente. Las líneas de puntos indican que los conductos no llevan fluidos sino que son para fines de comunicación y control. Tales conductos son capaces de proporcionar señales para detectar presiones, temperaturas y similares y suministran dichas señales al aparato de control basado en un microprocesador según la presente invención.

Normalmente, el sistema de inertización de la presente invención puede operar a presiones relativamente bajas, a tan sólo aproximadamente 20 ó 25 psi (138 ó 172kPa) sobre la presión ambiente. Por lo tanto, una válvula reguladora de presión 27 es una válvula de alivio de presión que alivia la acumulación de presión en el vaso Dewar y ventila el gas inerte a través de un conducto 26 en el volumen sobre el combustible dentro del tanque de combustible. El valor de presión fijado en la válvula 27 normalmente es más alto que la configuración en el regulador de presión 23, ya que la válvula 27 es un puerto de alivio diseñado para aliviar y la válvula 23 suministra gas inerte al tanque de combustible cuando hay al menos una caída de presión mínima entre el vaso Dewar y el tanque de combustible que se inertiza. Esta información se suministra nuevamente al microprocesador controlador 41, que puede ser un controlador tipo ordenador personal, de modo tal que la válvula 17 puede operarse de manera apropiada para dosificar nitrógeno al tanque de combustible cuando se desee. El nitrógeno líquido en el vaso Dewar puede proporcionar suficiente presión positiva para que el nitrógeno fluya del vaso Dewar al tanque cuando se abra la válvula 17, y la caída de presión entre el Dewar y el tanque exceda el valor fijado de la válvula 23. El tanque 11, de manera preferente, tiene un conducto de ventilación 42 que liberará los gases del espacio vacío de cualquier tipo a la atmósfera, cuando la presión de dichos gases en el tanque de combustible exceda un máximo deseado. Si se desea puede insertarse una válvula en el conducto de ventilación para establecer ese diferencial de presión.

Un aspecto clave del sistema de la presente invención es la sonda de oxígeno 51 que se extiende a través de un receptáculo de temperatura constante 59 al tanque de combustible 11. La sonda 51 sirve para controlar la concentración de oxígeno como presión parcial de oxígeno en el tanque de combustible en todo momento. Simultáneamente, el interior del tanque de combustible es controlado por el sensor de temperatura 31, que puede ser un termopar u otro sensor de temperatura habitual conocido por los expertos en el arte. Por lo tanto, el microprocesador controlador 41 recibe información sobre la temperatura y la presión parcial de oxígeno del tanque de forma continua. Cuando el sistema de control detecta que la presión parcial de oxígeno dentro del tanque se

acerca a un nivel potencialmente peligroso en vista de la temperatura del tanque, el sistema de control puede activar el suministro de nitrógeno a través de las válvulas que se discuten con anterioridad y puede suministrar nitrógeno al volumen libre del tanque, expulsando gas a través de la ventilación del tanque hasta alcanzar el nivel bajo deseado de presión parcial de oxígeno.

- 5 Las sondas de oxígeno utilizadas según la invención son sensores de fibra óptica que utilizan fluorescencia química que puede ser generada en la punta del sensor para medir la presión parcial de oxígeno. Por lo tanto, los sensores utilizados según la presente invención no incluyen ningún hilo conductor de corriente que se extienda hasta o cerca del tanque central del ala u otro tanque de combustible que sea controlado para detectar el desarrollo de una mezcla de vapor de combustible y aire potencialmente explosiva. Los sensores de fibra óptica se utilizan en combinación con un espectrómetro para lograr una medición en tiempo real de la presión parcial de oxígeno en la mezcla del espacio vacío sobre el combustible en el tanque 11. Los sensores ópticos utilizados según la presente invención son adaptados a partir de los sensores ópticos que se utilizan en la actualidad, por ejemplo, para controlar la respiración. Estos sensores normalmente consisten en una sonda reflectante con un espectrofotómetro o monocromador adecuado 43 para el análisis específico de longitud de onda.
- 10
- 15 Las sondas que se ilustran en la figura 2 con el número 51 están disponibles comercialmente. Las sondas operan llevando a través de fibra óptica la luz de excitación producida, por ejemplo, por un LED azul a una película delgada recubierta de sol-gel en la membrana en la punta de la sonda, la cual se extiende a la atmósfera que se controla para detectar la presión parcial de oxígeno. La fluorescencia generada en la punta es recogida por la sonda y transportada por la fibra óptica al detector (el espectrómetro o monocromador 43). Cuando el oxígeno en la muestra que se controla se difunde en el recubrimiento, reduce la fluorescencia. El grado de reducción corresponde al nivel de presión parcial de oxígeno. La medición de la presión de oxígeno puede obtenerse en un entorno de gas seco o húmedo. Por lo tanto, al montar las sondas por el tanque de combustible de modo tal que la punta se exponga a la mezcla vaporosa en el espacio vacío del tanque de combustible, las sondas pueden proporcionar de manera efectiva una medición de la presión parcial de oxígeno dentro del tanque.
- 20
- 25 Un sensor de oxígeno de fibra óptica totalmente adecuado que puede utilizarse con la presente invención es el Sensor de oxígeno de fibra óptica FOXY, que actualmente fabrica y vende Ocean Optics, Inc, de Dunedin, Florida. Estos sensores de fibra óptica FOXY utilizan fluorescencia de un complejo de rutenio en un proceso sol-gel para medir la presión parcial de oxígeno. A continuación se proporciona una breve descripción del modo de operación de estos sensores ópticos:
- 30 Primero, un LED azul pulsado, ubicado en el espectrómetro 43 envía luz que tiene una longitud de onda de aproximadamente 475 nanómetros a una fibra óptica. La línea de fibra óptica 55 lleva la luz a la sonda, el extremo distal de la cual está expuesto a la atmósfera a ser medida. El extremo distal de la punta de la sonda consiste en una capa fina de material de sol-gel hidrofóbico que se extiende dentro del tanque de combustible cuyo contenido de oxígeno es controlado. Un complejo de rutenio es atrapado en la matriz de sol gel en la punta 53, inmovilizado de manera efectiva y protegido del agua. La luz del LED, comunicada por líneas de fibra óptica a la punta de la sonda excita el complejo de rutenio que se vuelve fluorescente, emitiendo energía a una longitud de onda de aproximadamente 600 nanómetros. Si el complejo de rutenio encuentra una molécula de oxígeno, hay un descenso o detención de la señal fluorescente. El grado de reducción corresponde al nivel de concentración de oxígeno o presión parcial de oxígeno en la película delgada, que está en equilibrio dinámico con el oxígeno en la muestra, en este caso el volumen 57. La energía es recogida por la sonda y se transmite por las fibras conductoras de luz de regreso en la línea de fibra óptica 55 al espectrómetro 43. Un convertidor analógico-digital dentro del espectrómetro 43 convierte estos datos analógicos en datos digitales, que se suministran a un microprocesador, por ejemplo, tipo ordenador personal y pueden visualizarse utilizando el software adecuado. Ocean Optics proporciona tal software como software OOISensors.
- 35
- 40
- 45 Sin embargo, se sabe que la temperatura afecta al tiempo de desintegración de la fluorescencia, la intensidad de fluorescencia, y la frecuencia de colisión de las moléculas de oxígeno con el fluoróforo en la punta de la sonda 51. La temperatura afecta al coeficiente de difusión de oxígeno y a la solubilidad del oxígeno en las muestras. Por lo tanto, para mejores resultados es necesario mantener la muestra a una temperatura constante que varíe no más de aproximadamente $\pm 3^{\circ}\text{C}$, de manera preferente no más de $\pm 1^{\circ}\text{C}$. En vista de las grandes variaciones de temperatura a las que están sometidos los tanques centrales del ala, es sumamente deseable que cuando se utilizan las sondas de oxígeno, tales como las preferentes de la presente invención, se inserten en el tanque central del ala utilizando una cubierta o receptáculo que permita mantener la sonda a temperaturas que sean lo suficientemente uniformes para garantizar la precisión de la medición de la presión parcial de oxígeno. La temperatura uniforme de la sonda se alcanza utilizando una cubierta o un entorno de temperatura uniforme que puede utilizar un calentador eléctrico o a gas con temperatura controlada para mantener la temperatura uniforme deseada. En la figura 1 se muestra una fuente de gas 33 con temperatura controlada que en la realización ilustrada puede ser un colector que contiene, por ejemplo, gases de escape residuales del motor de la aeronave. El conducto 67, que está adecuadamente aislado, conduce el gas a una temperatura controlada desde la fuente 33 hasta la cubierta 59, tal como se discutirá en más detalle a continuación con referencia a la realización de la cubierta. Un sensor de temperatura 83 detecta la temperatura en el punto más lejano del sensor de oxígeno 51 y regula esa temperatura
- 50
- 55
- 60

regulando la operación de una válvula proporcional 36 adecuada que puede controlarse para mezclar gas de la fuente a temperatura controlada y el aire ambiente, para lograr la entrada de temperatura de gas deseada a la cubierta. Las válvulas apropiadas son las que vende Asco Pneumatic Controls de Fort Mill, South Carolina con la marca registrada Sentronic.

5 Las sondas de fibra óptica que pueden utilizarse para determinar la presión parcial de oxígeno en los tanques de combustible que utilizan el aparato de la presente invención se describen en los siguientes artículos que se incorporan a la presente patente a modo de referencia:

10 1. Krihak, M. et al., A Highly Sensitive, All Solid State Fiber Optic Oxygen Sensor Based on the Sol-Gel Coating Technique (Sensor de oxígeno de fibra óptica en estado totalmente sólido basado en la técnica de recubrimiento de sol gel), Electronics Letters 1996, Vol. 32, No. 3.

2. Wang, W. et al., Applying Fiber Optic Sensors for Monitoring Dissolved Oxygen (Aplicación de sensores de fibra óptica para el control del oxígeno disuelto), Sea Technology, Marzo de 1999, Vol. 40, No. 3, pp. 69-74.

15 3. Krihak, M, et al., Fiber Optic Sensors Based on the Sol-Gel Coating Technique, Chemical, Biochemical and Environmental Fiber Sensors VIII (Sensores de fibra óptica basados en la técnica de recubrimiento de sol gel, sensores de fibra para aplicaciones químicas, bioquímicas y del medio ambiente VIII), 1996, Vol. 2836, pp. 87-98,

4. Sharihari, M.R. et al., Ormosil Thin Films For Chemical Sensing Platforms, Chemical, Biochemical and Environmental Fiber Sensors IX (Películas delgadas de ormosiles para plataformas de detección química, sensores de fibra para aplicaciones químicas, bioquímicas y del medio ambiente IX), Vol. 3105, pp. 40-51.

20 Estos artículos representan revelaciones de la utilización de estas sondas de fibra óptica sensibles y los expertos en el arte comprenderán cómo estas sondas reveladas pueden adaptarse para determinar la presión parcial de oxígeno en el entorno del tanque central del ala según la presente invención.

Según la presente invención, puede ser deseable extender más de una sola sonda hasta el tanque central del ala. Con fines de seguridad y disponibilidad, resulta preferente utilizar al menos dos sondas para lograr el control efectivo de un solo tanque de combustible.

25 Los sensores de fibra óptica de Ocean Optics, Inc., específicamente los sensores de oxígeno de fibra óptica FOXY, pueden utilizarse con la fuente de luz pulsada LFD azul LES-450 de Ocean Optics y el espectrómetro miniatura de fibra óptica ST2000 adaptado para la utilización en la aviación.

30 Las señales que indican la presión parcial de oxígeno son suministradas de nuevo al espectrómetro 43, tal como se indica. Los espectrómetros de Ocean Optics están adaptados para funcionar utilizando el software adecuado disponible de la compañía en un ordenador personal. Por lo tanto el sistema de Ocean Optics que utiliza sondas de fibra óptica proporciona un medio listo para generar una señal digital que indica la concentración de oxígeno dentro del tanque 11 a un microprocesador, por ejemplo, un ordenador personal 41, que puede programarse de manera adecuada para controlar y monitorear el flujo de nitrógeno a los tanques de combustibles, de modo tal que la presión parcial de oxígeno no exceda los niveles deseados. Los datos recogidos por el ordenador personal sobre la
35 concentración de oxígeno también se suministran continuamente al registrador de datos de vuelo 47 o "caja negra", que habitualmente llevan las aeronaves comerciales en los Estados Unidos para permitir rastrear cualquier mal funcionamiento del sistema después del hecho. Una luz de visualización del estado en la cabina 45, con o sin visualizador, muestra una lectura actual de señales de la presión parcial de oxígeno (no se muestra) al piloto e indica que el sistema de control de oxígeno en el tanque combustible está activo y en funcionamiento cuando es el caso.
40 La activación del visualizador de la luz del estado en la cabina señalará que el sistema está en funcionamiento o no, y advertirá al piloto sobre un posible mal funcionamiento o falta de respuesta del sistema de inertización, y en general es un indicador de estado preferente para la utilización con este sistema, aunque también puede proporcionarse una lectura constante de la presión parcial de oxígeno.

45 Tal como se indica con anterioridad, las sondas de fibra óptica del tipo que se recomienda para la utilización con la presente invención deben mantenerse dentro de un rango de temperatura para garantizar lecturas precisas. La tolerancia a la variación de temperatura dependerá de la sonda elegida y las recomendaciones del fabricante con respecto a tales asuntos deberán tenerse en cuenta. El entorno de temperatura constante de la sonda se mantiene montando la sonda dentro de una cubierta o receptáculo aislado que se mantiene en forma activa a una temperatura elevada que está, de manera preferente, en el extremo superior del rango de temperatura que se anticipa que
50 experimentará la aeronave (que claramente será más alto en verano que en invierno). El receptáculo o cubierta puede ser calentado mediante gas calentado de, por ejemplo, los motores de las aeronaves, tal como se ilustra a continuación o utilizando un calentador de resistencia eléctrica para mantener la sonda a una temperatura constante deseable. Tal receptáculo o cubierta se muestra en la figura 2.

Con referencia ahora a la figura 2, se muestra un receptáculo o cubierta 59 que es calentado mediante gas en cuyo centro se monta el sensor de fibra óptica 51. En general, la cubierta comprende un elemento cilíndrico que tiene un orificio a través del cual el sensor de fibra óptica 51 puede montarse en el centro utilizando casquillos herméticamente sellados, estancos al gas, tales como 58 y 58a que pueden ser de plástico o metal. En general, la cubierta cilíndrica está compuesta por varias regiones concéntricas, la más externa de las cuales 54 es una cámara vacía que sirve para aislar las partes internas de la cubierta de la temperatura exterior por conducción o convección. Concéntricamente, dentro de la cámara vacía más externa, que es sellada durante la construcción de la cubierta, se encuentra una segunda cámara concéntrica para recibir los gases calentados, por ejemplo gases residuales calentados de motores de aeronaves a través de un conducto de gas calentado al puerto 65. El puerto 65 se comunica con la cámara anular concéntrica 61 a la que fluyen los gases calentados. Los puertos 63 permiten que el gas fluya de la cámara 61 al orificio central 65 de la cubierta que rodea el sensor de fibra óptica. Un casquillo de alimentación herméticamente sellado 58a, en el extremo opuesto de la cubierta, centra la parte posterior de la sonda. Por lo tanto, los gases calentados tal como aire, nitrógeno o gases de escape del motor, pueden fluir por la región de aire calentado y de allí al orificio para llenar la sonda 51 con gas a temperatura uniforme. Generalmente, las sondas de acuerdo con la presente invención pueden ser calibradas y operadas a temperaturas que representan el extremo superior dentro del rango de temperatura al que puede ser sometido el tanque central del ala durante las demoras antes del vuelo sobre el asfalto de una vía de despegue, que generalmente pueden llegar a 120-140° Fahrenheit (49-60°C). La razón de esto es que, en muchos vuelos, la temperatura más alta a la que será sometido el combustible es la temperatura de la pista en verano o en invierno. Por lo tanto, el sistema debe ser ajustable de modo tal que la temperatura máxima a la que puede medirse la presión parcial de oxígeno generalmente sea de 30 a 40° F en invierno y de 130-140° F (54-60°C) en verano. Cuando se programa para funcionar a una temperatura adecuada dentro de ese rango, la sonda puede mantenerse a una temperatura calentando la sonda con gas caliente o utilizando un calentador de resistencia eléctrica para mantener la precisión en todo el rango de temperaturas que puede experimentar el tanque central del ala dentro de lo razonable. Por lo tanto, en verano los aviones pueden estar estandarizados para medir la presión parcial de oxígeno a 135° F (57°C).

Cuando la sonda se monta en el tanque de combustible, es deseable que una parte de detección y medición de la sonda se extienda hasta el interior del volumen del tanque de combustible. Puede proporcionarse una capa termoaislante 50 si se desea, que puede ser una espuma plástica rígida que rodea la cubierta. La capa 50 puede sellar la sonda al tanque de combustible utilizando un acoplamiento de compresión en cualquier lugar apropiado en la región anterior de la cubierta, por ejemplo en la región indicada como 71 en la figura 2. Cabe destacar que la cubierta se extiende más allá del extremo 53 de la sonda 51 para crear un volumen 57 que puede ser calentado de manera efectiva por la cubierta. El gas dentro del volumen 57 tendrá la misma presión parcial de oxígeno que el tanque hasta donde se extiende la sonda. Una capa permeable al gas 69, que puede ser una malla metálica o estructura de tela o espuma permeable al gas, rodea el volumen 57 y protege la sonda contra el contacto del combustible líquido dentro del tanque mientras ayuda a estabilizar la temperatura del volumen 57. La flecha en dos sentidos indica la permeabilidad al gas de la capa 69.

Con referencia a la figura 3 en la cual se utilizan números similares para designar partes similares de la cubierta, se muestra una estructura defletores alternativa que puede utilizarse para definir un volumen 57a que puede ser calentado de manera efectiva por la cubierta 59. La cubierta se ajusta por compresión por la pared 48 del tanque de combustible que se está controlando. Un sistema deflector comprende un primer elemento frustocónico 73 que monta en forma concéntrica un deflector cónico 75 con montantes 77. El sistema deflector protege la punta de la sonda del contacto con el combustible, pero permite que el gas del tanque circule libremente al volumen 57a como lo indica la flecha 81. Ranuras alrededor de la periferia del elemento 73 en la región de 79 evitan que el combustible líquido quede atrapado dentro del sistema deflector.

En funcionamiento, se prefiere operar las sondas de fibra óptica a una temperatura de aproximadamente 120-135 grados Fahrenheit (49-57°C) en verano, pero a tan sólo 45-60 grados Fahrenheit (7-16°C) en invierno. El rango dependerá de la temperatura máxima anticipada. Las sondas de la presente invención pueden proporcionar una medición precisa de la presión parcial de oxígeno sobre todo ese rango e incluso sobre un rango mayor de temperaturas. Si tal es la temperatura deseada de operación, se comprenderá que una fuente de gas calentado puede operarse en forma continua y contener un flujo de gas a una temperatura al área calentada y que lleva al volumen de aire calentado de la cubierta. La utilización de una protección alrededor de la punta de medición de oxígeno 53 de la sonda, en la forma de una capa permeable o un sistema deflector que puede ser configurado por los expertos en el arte, puede proporcionar un volumen que equilibrará la temperatura con la temperatura de vapor y protegerá de forma sustancial a la punta 53 para que no entre en contacto con el combustible líquido en el tanque. La utilización de tal protección permitirá por lo tanto la medición del contenido de oxígeno en la proximidad inmediata de la región de medición de oxígeno de la sonda que está en la punta 53 de la sonda que será muy representativo del contenido de oxígeno de todo el tanque, mientras proporciona protección contra el contacto con el combustible líquido. Como se indica con anterioridad, puede utilizarse nitrógeno calentado si se desea, aunque la cubierta puede construirse de manera apropiada para garantizar dentro de lo razonable que el aire no pasará al tanque de combustible.

La operación del sistema en general se explicará en el contexto de la sonda y cubierta discutidas con anterioridad. Generalmente, se reconoce que el mayor peligro potencial del tanque central del ala (y otras explosiones de tanques de combustible) probablemente se produce durante las estaciones de más temperatura cuando la aeronave pasa tiempo en la pista y las temperaturas de los tanques de combustible superan los 85-100° Fahrenheit (29-38°C) o más. En tales condiciones, el sistema de la presente invención inundará con nitrógeno los tanques de combustible que se controlan para minimizar la naturaleza explosiva del vapor en el espacio vacío de dichos tanques. A medida que la aeronave sube y la temperatura se incrementa, la temperatura del combustible bajará con la altitud y el nitrógeno fluirá al tanque a través del conducto 26 porque la presión en el tanque bajará a medida que bajan la temperatura y el volumen. El conducto 42 está equipado con una válvula de retención que permite la salida, pero no la entrada de aire atmosférico, cuando la presión en el tanque es varios psi más que el aire atmosférico. Por lo tanto, el nitrógeno fluirá a través de la válvula autoregulada 27 al tanque cuando la presión de gas en el espacio vacío del tanque desciende hasta un nivel predeterminado permitido por la válvula. Aunque no se muestra, la válvula puede adaptarse para estar bajo el control del controlador 41, aunque será suficiente el control del flujo al tanque 11 a través de la válvula controlada 17. Además, durante todo el vuelo la presión parcial de oxígeno en el espacio vacío será medida por la sonda de oxígeno 51 en el receptáculo o cubierta 59 y la información sobre el contenido de oxígeno del volumen libre es leída por un espectrómetro 43 de modo tal que el nitrógeno pueda ser suministrado mediante un conducto 15 controlado por una válvula de solenoide 17 al tanque para mantener la presión parcial de oxígeno baja deseada en el tanque. Como se indica con anterioridad, la presión de gas en el tanque 11 está ligeramente por encima de la presión ambiente, y cuando el flujo de nitrógeno pasa el conducto 15, el gas rico en oxígeno en el volumen libre se limpia a través del conducto de ventilación 42. Los gases calentados de la fuente 33 (por ejemplo, gases residuales del motor) bajo el control del controlador 41 a través del espectrómetro 43 que puede modular el flujo de gas calentado a través de la válvula 36 en respuesta a la temperatura detectada por el sensor de temperatura 34, mantienen la cubierta a una temperatura relativamente constante. El control de temperatura de la cubierta puede mantenerse de otra forma utilizando un calentador de resistencia eléctrica con hilos de resistencia en un núcleo sólido y rodeando la sonda 51, pero en los demás sentidos conforme a la configuración general que se muestra en la figura 2. Por lo tanto, el sistema puede proporcionar una forma eficiente de mantener un contenido de oxígeno bajo en el tanque en todo momento durante un vuelo, desde el rodaje por la pista hasta el aterrizaje.

La adaptación del sistema al control de las bodegas de carga también será evidente para los expertos en el arte. Las bodegas de carga pueden estar equipadas con sondas según la presente invención o con detectores de humo más convencionales, que en caso de activarse harán que el sistema inunde el volumen de la bodega donde puedan detectarse dificultades con el nitrógeno.

La discusión anterior de las realizaciones específicas de la presente invención no debe considerarse limitativa, y los expertos en el arte comprenderán que pueden realizarse variaciones en la configuración de los componentes sin afectar al espíritu ni al alcance de la invención que se revela. Por ejemplo, el sistema de válvulas que se emplea para conducir el nitrógeno u otro gas inerte al tanque puede variarse como será evidente. Como otro ejemplo, las cubiertas a temperatura uniforme pueden ubicarse en el exterior del tanque que se controla, siendo las muestras tomadas del tanque y conducidas a un detector de oxígeno o múltiples detectores de oxígeno que se mantienen en un entorno a temperatura uniforme. En tales condiciones las muestras pueden tomarse en forma continua y enviarse a múltiples detectores, o bien las muestras pueden tomarse en forma secuencial de los tanques utilizando uno o pocos detectores para minimizar los requerimientos de temperatura uniforme. Si la unidad de detección se mantiene en el entorno presurizado y a temperatura controlada de la cabina de pasajeros o la cabina del piloto de una aeronave, sería posible transmitir las muestras de los tanques que se controlan en forma continua o intermitente a una estación que mide el contenido de oxígeno en, por ejemplo, la cabina donde un detector de oxígeno según la presente invención controlaría constantemente la presión parcial de oxígeno dentro de los tanques de combustible, para mantener los vapores en una condición relativamente no explosiva. Tal sistema simplificaría el esfuerzo necesario para mantener la sonda a una temperatura uniforme ya que las temperaturas de la cabina no fluctuarían tanto como las temperaturas del tanque durante el vuelo. Finalmente, será evidente que el presente sistema podrá adaptarse para inertizar el tanque de combustible de otro tipo de vehículos, tal como un vehículo de combate donde el tanque de combustible está sujeto a eventos potencialmente explosivos en el tanque. Por lo tanto, la revelación en la presente invención que está dirigida a los expertos en el arte no deberá considerarse limitativa sino que deberá considerarse a modo de ejemplo y la invención estará definida por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de inertización de combustible a bordo para un vehículo sometido a chispas eléctricas u otra introducción de elementos potencialmente explosivos dentro del tanque de combustible (11) del vehículo que comprende: (a) un detector de la presión parcial de oxígeno (15) que se mantiene en contacto con los vapores del espacio vacío (12) del tanque de combustible (11); (b) una fuente de gas inerte (13) que se mantiene a bordo del vehículo y en comunicación mediante una válvula con el volumen libre del tanque de combustible (11); y (c) un controlador (41) que responde a la detección de una presión parcial de oxígeno dentro de dicho volumen libre que es mayor que un nivel predeterminado para hacer que el gas inerte fluya al volumen libre (12) de dicha fuente para establecer la presión parcial de oxígeno en dicho volumen a un nivel más bajo.
- 5 **caracterizado porque** el detector de la presión parcial de oxígeno es un detector de fibra óptica (51) que detecta la presión parcial de oxígeno detectando los efectos del oxígeno en la fluorescencia de un material que se mantiene en la sonda (51) y está en contacto con el volumen libre (12).
- 10 **2.** Sistema según la reivindicación 1, en donde dicho gas inerte es nitrógeno.
- 3.** Sistema según la reivindicación 1, en donde dicha fuente de gas inerte es un contenedor (13) que mantiene dicho gas inerte en estado líquido.
- 15 **4.** Sistema según la reivindicación 1, en donde el sistema de inertización de combustible a bordo está a bordo de una aeronave y en donde la sonda de presión parcial de oxígeno se mantiene en un receptáculo (59) capaz de ser mantenido a una temperatura sustancialmente uniforme durante todo un vuelo de la aeronave.
- 5.** Aeronave que comprende un sistema tal como se reivindica en la reivindicación 1.
- 20 **6.** Aeronave según la reivindicación 5, en donde dicho gas inerte es nitrógeno.
- 7.** Aeronave según la reivindicación 6, en donde dicha fuente de gas inerte es un contenedor (13) que mantiene dicha fuente de gas inerte en estado líquido.
- 8.** Aeronave según la reivindicación 5, donde el sistema además incluye (d) un receptáculo a temperatura uniforme (59), donde el receptáculo rodea a temperatura uniforme (59) una parte de la sonda de fibra óptica (51), estando el receptáculo a temperatura uniforme en contacto con dicho volumen libre para estabilizar la temperatura de la sonda (51) a una temperatura sustancialmente constante durante todo el vuelo.
- 25 **9.** Aeronave según la reivindicación 8, en donde el receptáculo a temperatura uniforme (59) rodea una región de medición de oxígeno de la sonda para crear un volumen de temperatura relativamente constante.
- 10.** Aeronave según la reivindicación 9, en donde la sonda (51) se extiende hasta el volumen libre (12) del tanque de combustible de la aeronave y dicho receptáculo a temperatura uniforme (59) es una cubierta térmica que rodea dicha sonda de fibra óptica.
- 30 **11.** Aeronave según la reivindicación 10, en donde la región que mide el oxígeno de dicha sonda (51) está rodeada por una protección que permite que la entrada de vapor en el volumen libre se encuentre próxima a la región de la sonda que mide el oxígeno, en donde la protección protege la sonda del contacto con el combustible líquido dentro del tanque.
- 35 **12.** Sistema según la reivindicación 1 para un tanque de combustible de una aeronave, en donde la fuente de gas inerte es una fuente de gas de nitrógeno líquido, y en donde el nivel predeterminado es mayor que la proporción que permitiría la combustión.

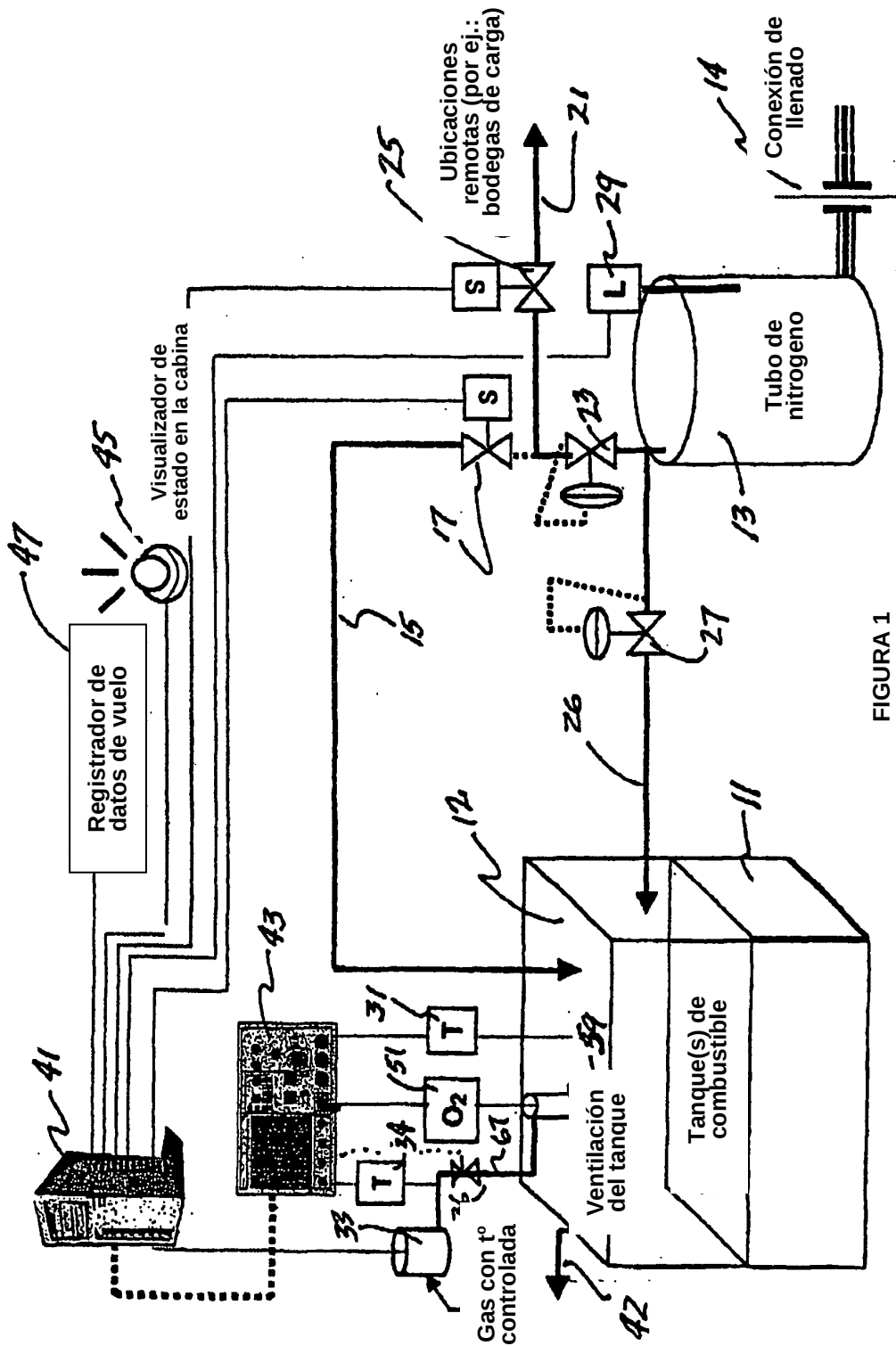


FIGURA 2

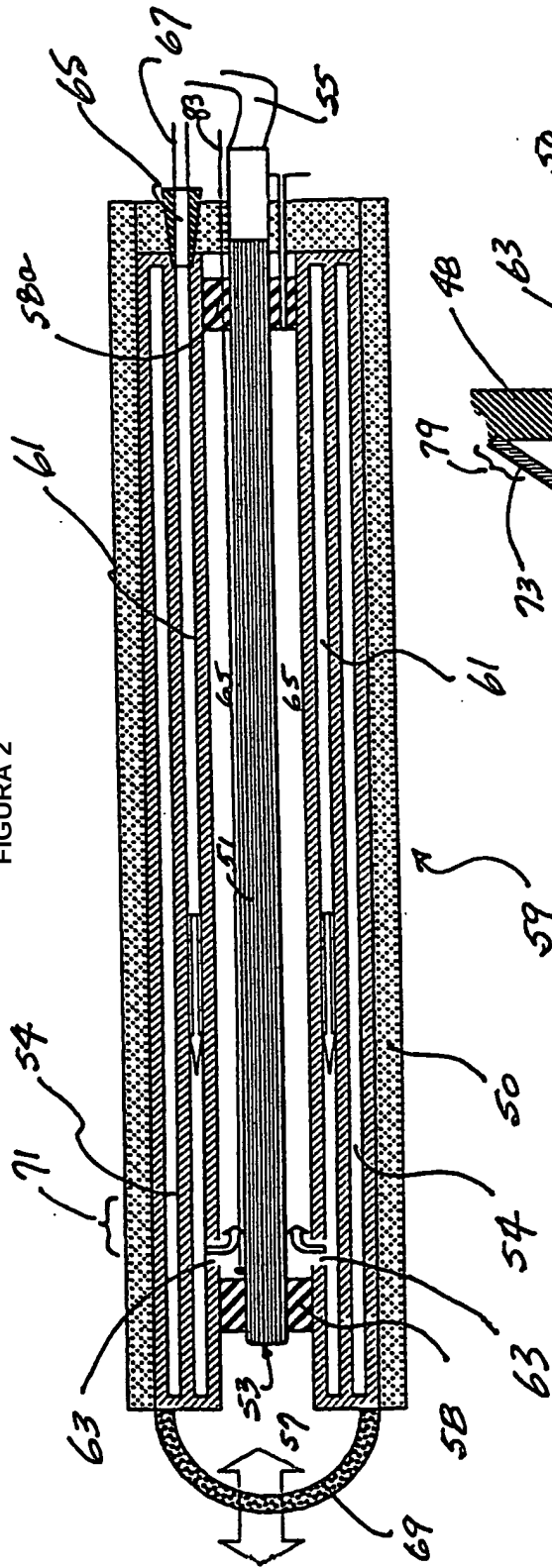


FIGURA 3

