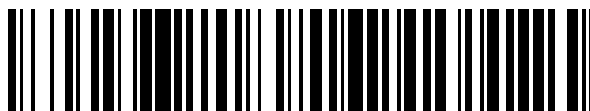


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 873 173**

51 Int. Cl.:

G21C 9/06 (2006.01)

G21C 19/317 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.04.2018** **PCT/US2018/029022**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.11.2018** **WO18208495**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.04.2018** **E 18798854 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.03.2021** **EP 3622536**

54 Título: **Un recombinador de hidrógeno pasivo accionado por vórtice y dispositivo de ignición**

30 Prioridad:

10.05.2017 US 201715591450

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

03.11.2021

73 Titular/es:

WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC
(100.0%)

1000 Westinghouse Drive Suite 141
Cranberry Township, PA 16066, US

72 Inventor/es:

ARAFAT, YASIR y
LYONS, JOHN L.

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 873 173 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

Un recombinador de hidrógeno pasivo accionado por vórtice y dispositivo de ignición

Antecedentes

1. Campo

- 5 La presente invención se refiere en general a sistemas de eliminación de hidrógeno y, más en particular, a los dispositivos de ignición de hidrógeno y a los recombinadores de hidrógeno para centrales nucleares.

2. Técnica relacionada

10 Los reactores nucleares convencionales refrigerados por agua están diseñados para minimizar la amenaza a la integridad de la contención debido a un accidente de pérdida de refrigerante ("LOCA"). Un LOCA puede dar lugar a dos problemas distintos. En primer lugar, una rotura del circuito de refrigeración del reactor provoca la expulsión de agua caliente y vapor al interior de la atmósfera de la contención. A menos que se empleen sistemas para eliminar el calor de la contención, la presión y la temperatura en el interior de la contención pueden aumentar más allá de los límites de diseño de la vasija de la contención. En segundo lugar, en un LOCA grave que implique no sólo la pérdida de refrigerante sino también la falta de inyección de refrigerante de emergencia en el sistema de refrigeración, el aumento resultante de la temperatura del combustible conduce a una reacción a alta temperatura entre el vapor residual del sistema primario y el circonio del revestimiento del combustible. En casos graves, puede producirse la oxidación completa del revestimiento del combustible. La reacción es exotérmica y produce hidrógeno. El hidrógeno producido por la reacción escapa junto con el vapor del punto de rotura desde el sistema primario a la atmósfera de la contención. En un accidente grave, la tasa de liberación en masa de hidrógeno puede ser del orden de un kilogramo por segundo. A menos que se empleen sistemas para mantener las concentraciones de hidrógeno por debajo de los límites de autoinflamación, se puede crear una mezcla de gases potencialmente explosiva en la contención del reactor.

25 Los nuevos diseños de reactores nucleares refrigerados por agua evitan la dependencia de los suministros eléctricos, del agua de servicio y de la acción del operador para mitigar los efectos de un LOCA. Tales diseños emplean medios pasivos para transferir el calor desde la atmósfera de la contención a través de las paredes de la misma para mantener la presión de la contención dentro de los límites de diseño. Por ejemplo, las paredes de acero de la contención y la refrigeración externa por agua de los tanques elevados se utilizan para promover la transferencia de calor. El calor de la atmósfera de la contención se transfiere a las paredes de la contención por convección natural. El vapor caliente por la ruptura se mezcla con el aire y sube a la parte superior de la contención y se enfría al entrar en contacto con la pared fría de la contención. La mezcla más densa y más fría cae y se inicia un proceso de circulación natural en el que el flujo cerca de las paredes es descendente y el flujo en la zona central es ascendente. Tras el periodo inicial de purga, la presión y la temperatura en el interior de la contención aumentan hasta que la tasa de condensación del vapor en la pared fría de la contención, y en cualquier otra superficie fría, es igual a la tasa de descarga de vapor procedente de la rotura.

35 El diseño convencional de los reactores emplea una serie de medios para mitigar la acumulación de hidrógeno. La preinertización es uno de los medios e implica la generación de una atmósfera sin oxígeno en la contención antes o durante la puesta en marcha para el funcionamiento normal de la planta. Se inyecta un gas inerte (normalmente nitrógeno) en la contención para sustituir el aire que se deja salir simultáneamente al ambiente y para reducir la concentración de oxígeno por debajo del nivel necesario para la combustión del hidrógeno. La preinertización normalmente se aplica sólo a las contenciones pequeñas en vista de las dificultades prácticas inherentes a los diseños grandes.

45 En los diseños de contenciones medianas y grandes, se suelen considerar los dispositivos de ignición de hidrógeno para la mitigación del hidrógeno. Los dispositivos de ignición de hidrógeno se distribuyen convencionalmente por toda la contención, en particular en las zonas de concentración de hidrógeno probablemente alta. Los dispositivos de ignición de hidrógeno inician la combustión tan pronto como su concentración supera el umbral de ignición, eliminando de esta manera el hidrógeno mediante una deflagración lenta y distribuyendo la liberación de energía espacial y temporalmente. Sin embargo, existe el riesgo de que la deflagración iniciada en un lugar se propague a una región cercana más sensible (es decir, más próxima al punto de liberación del hidrógeno) o se ventile a volúmenes adyacentes inflamables (lo que se denomina encendido por chorro) y se propague con más fuerza de la esperada. Esto puede conducir a la transición desde la deflagración a la detonación, lo que puede inducir cargas muy elevadas en la estructura de la contención y en el equipo. Una desventaja adicional del procedimiento de ignición intencional es la imprevisibilidad del comportamiento de la mezcla y el tipo de combustión que puede resultar de la ignición intencional de la mezcla. Esta incertidumbre ha alimentado la búsqueda de un procedimiento para eliminar el hidrógeno sin deflagración. Además, los dispositivos de ignición que dependen de la corriente alterna podrían no estar disponibles

en caso de pérdida de suministro eléctrico, los dispositivos de ignición alimentados por baterías están limitados a un funcionamiento intermitente en vista de la escasa potencia disponible y los dispositivos de ignición catalíticos tienen limitaciones relacionadas con la gama de mezclas que se pueden encender, su tiempo de respuesta y su susceptibilidad a la intoxicación, el ensuciamiento o los daños mecánicos. En consecuencia, una práctica convencional es proporcionar algún otro medio para mantener las concentraciones de hidrógeno por debajo de los límites de deflagración, y confiar en la ignición intencional sólo si esos otros medios son ineficaces.

Uno de tales otros medios es el uso de recombinadores de hidrógeno. Los recombinadores de hidrógeno combinan hidrógeno y oxígeno para producir agua, reduciendo de esta manera la concentración de hidrógeno en la contención. Los recombinadores catalíticos, a diferencia de los recombinadores térmicos, son de auto - arranque y no requieren energía externa y, por consiguiente, pueden ser utilizados como parte de un sistema pasivo. Aunque los recombinadores catalíticos de hidrógeno se han propuesto para su uso en la contención, no se han empleado ampliamente en la práctica debido a una serie de factores. La práctica convencional en los diseños de grandes reactores es utilizar la mezcla de la atmósfera de la contención para diluir el hidrógeno generado en el origen de la rotura en toda la contención. Esto se considera eficaz ya que el gran volumen de la contención es capaz de diluir cantidades muy grandes de hidrógeno antes de que los niveles alcancen los límites de deflagración. Esto permite un período de tiempo razonable en el que se pueden tomar medidas de emergencia para hacer frente al LOCA.

Con el fin de operar eficazmente, los recombinadores de hidrógeno requieren un caudal de aire relativamente alto. El uso convencional de la circulación natural de la atmósfera de la contención para efectuar la refrigeración de la contención no suele producir caudales suficientemente altos para que los recombinadores de hidrógeno pasivos sean eficaces para tratar los grandes volúmenes de la contención. Además, debido a la presencia de maquinaria y espacios dentro de la contención, los patrones de flujo convectivo natural inducidos por un LOCA son extremadamente difíciles de predecir o modelar, con el resultado de que la elección de las ubicaciones óptimas para los recombinadores de hidrógeno pasivos es una ciencia imprecisa en el mejor de los casos. En consecuencia, los recombinadores de hidrógeno se suelen colocar en conductos de ventilación por los que circula una parte de la atmósfera de la contención mediante ventiladores. Por supuesto, este sistema no es pasivo y es ineficaz en caso de pérdida de energía para accionar los ventiladores de circulación. Se han propuesto varios procedimientos para mejorar el flujo de aire hacia los recombinadores. En el documento DE 3035103, se describe el uso de ejes verticales y dispositivos de calentamiento en los ejes para mejorar el flujo hacia los recombinadores mediante un efecto chimenea. Aunque los ejes son eficaces para canalizar el flujo hacia los recombinadores, los calentadores eléctricos utilizados para generar el flujo de aire ascendente dependen de la energía externa. Además, los grandes ejes presentan dificultades físicas evidentes en su integración con los equipos en la contención.

El documento US5592521 es otro ejemplo del estado de la técnica y divulga un proceso y un dispositivo para recombinar y/o producir la ignición del hidrógeno contenido en una mezcla de H₂ - aire - vapor, preferentemente para centrales nucleares.

En vista de sus numerosas limitaciones, los recombinadores de hidrógeno han sido aceptados únicamente para la eliminación rutinaria del hidrógeno producido por la radiólisis y la corrosión. Para las aplicaciones de control de accidentes, los reactores comerciales no han confiado hasta ahora exclusivamente en los recombinadores de hidrógeno, sino que han previsto adicionalmente dispositivos de ignición y/o inertización. Por lo tanto, es necesario mejorar las condiciones en las que se puede eliminar el hidrógeno mediante recombinadores catalíticos.

Sumario

La invención alcanza el objetivo anterior proporcionando un recombinador de hidrógeno y un dispositivo de ignición pasivos que comprende una placa metálica sustancialmente horizontal que tiene una cara inferior recubierta con un catalizador de recombinación de hidrógeno, soportada en una carcasa periférica que tiene una primera admisión de gas debajo de la placa metálica sustancialmente horizontal y una primera salida de gas alrededor de una periferia de la placa metálica sustancialmente horizontal. Una segunda admisión de gas a través de la carcasa y a través de un primer conjunto de paletas de remolino se proporciona sustancialmente próxima a y en comunicación con un lado superior de la placa metálica sustancialmente horizontal, estando configurado el primer conjunto de paletas de remolino para crear un vórtice de un segundo gas que atraviesa la segunda admisión de gas. Se proporciona una segunda salida de gas a través de una porción superior de la carcasa a través de la cual sale el vórtice. Un primer dispositivo de ignición pasivo se encuentra cerca de la primera admisión de gas y un segundo dispositivo de ignición pasivo se encuentra cerca de la segunda salida de gas.

Preferiblemente, el catalizador de recombinación de hidrógeno es platino o paladio o una combinación de los mismos y la parte inferior de la placa metálica sustancialmente horizontal incluye paletas que se proyectan hacia abajo cubiertas con el catalizador de recombinación de hidrógeno, estructuradas para dirigir un primer gas que entra en la primera admisión de gas a la primera salida de gas. En una realización, la primera salida de gas se extiende hacia arriba a través de una parte interior de al menos algunos del primer conjunto de paletas de remolino y sale fuera por la segunda salida de gas. De manera deseable, el primer conjunto de paletas de remolino está estructurado para

transferir el calor del primer gas que se desplaza a través de las paletas de remolino al segundo gas que entra en la segunda admisión de gas. Preferentemente, el primer dispositivo de ignición es un alambre de platino o paladio que se enrolla como un resorte para aumentar su superficie y el segundo dispositivo de ignición es alimentado por el remolino. El segundo dispositivo de ignición puede ser un dispositivo rotativo que acumula carga, similar a un generador Van de Graf, para crear una chispa como energía de activación del encendido, un dispositivo rotativo que acciona un generador eléctrico que carga un condensador, que está estructurado para lanzar una chispa una vez que se alcanza una tensión determinada, o un dispositivo rotativo que acciona una pieza piezoeléctrica para crear una chispa.

En otra realización, la segunda salida de gas incluye una cubierta separada de la segunda salida de gas para que el segundo gas pueda salir por debajo de la cubierta. Un lado superior de la placa metálica sustancialmente horizontal puede tener un segundo conjunto de paletas de remolino unido a su superficie y el segundo conjunto de paletas de remolino está configurado para ser co - direccional con el vórtice. El lado superior de la placa metálica, sustancialmente horizontal, puede estar también cubierto sustancialmente con un catalizador de recombinación de hidrógeno.

La invención también contempla un procedimiento de recombinación y encendido de hidrógeno que comprende el paso de recoger pasivamente un primer gas, que potencialmente tiene hidrógeno como componente, a través de una primera admisión de gas de una carcasa a través de la cual se procesará el primer gas. El procedimiento dirige el primer gas desde la primera admisión de gas a una parte inferior de una placa metálica sustancialmente horizontal recubierta con un catalizador de recombinación de hidrógeno, a lo largo de una parte inferior de la placa metálica sustancialmente horizontal hasta una primera salida de gas en una periferia de la placa metálica sustancialmente horizontal. El procedimiento también recoge pasivamente un segundo gas, que potencialmente tiene hidrógeno como componente, a través de una segunda admisión de gas a través de la carcasa y a través de un primer conjunto de paletas de remolino sustancialmente próximas y en comunicación con un lado superior de la placa metálica sustancialmente horizontal, estando configuradas las paletas de remolino para crear un vórtice a partir del segundo gas que atraviesa la segunda admisión de gas. El procedimiento hace salir entonces el vórtice por una segunda salida de gas a través de una porción superior de la carcasa y soporta un primer dispositivo de ignición pasivo en una entrada a la primera admisión de gas y un segundo dispositivo de ignición pasivo próximo a la segunda salida de gas. Preferiblemente, el segundo dispositivo de ignición se alimenta del vórtice y puede ser un dispositivo rotativo que acumula una carga para crear una chispa como energía de activación de la ignición. De manera deseable, el procedimiento incluye una cubierta separada de la segunda salida de gas e incluye el paso de blindar el segundo dispositivo de ignición.

Breve descripción de los dibujos

Se puede obtener una mayor comprensión de la invención a partir de la siguiente descripción de las realizaciones preferidas cuando se lee junto con los dibujos que se acompañan en los que:

la figura 1 es una vista tridimensional, con porciones recortadas, de una realización de esta invención;

la figura 2 es una vista bidimensional, con porciones recortadas, del dispositivo de ignición recombinador de esta invención;

la figura 3 es una vista en perspectiva del dispositivo de ignición recombinador de hidrógeno de esta invención; y

la figura 4 es una vista seccionada en planta del dispositivo de ignición recombinador de hidrógeno que se muestra en la figura 3.

Descripción de la realización preferida

Como se ha explicado más arriba, en un escenario de accidente grave en una central nuclear, las explosiones de hidrógeno dentro de la contención se mitigan mediante i) dispositivos PAR (Recombinadores Autocatalíticos Pasivos), que recombinan pasivamente el hidrógeno y el oxígeno del aire para formar vapor de agua (empleados generalmente en contenciones grandes y secas), ii) inertización de la atmósfera (prácticamente útil sólo en contenciones muy pequeñas), y iii) elementos calefactores accionados eléctricamente (dispositivos de ignición activos), que calientan hasta una temperatura superior a la temperatura de ignición del hidrógeno en el límite inferior de inflamabilidad (utilizados en las contenciones de estilo de condensador de hielo, en las contenciones BWR Mark III y en todas las contenciones de los reactores refrigerados por agua autorizadas después del 16 de octubre de 2003). El objetivo de esta invención es sustituir la tecnología de ignición activa.

Los dispositivos de ignición activos actuales son esencialmente bujías de incandescencia térmicas que se colocan en lugares estratégicos dentro de la contención en la que se espera que se forme o acumule el hidrógeno. Durante un accidente en el que se dispone de corriente alterna fuera del emplazamiento, no se necesita la energía de reserva y los dispositivos de ignición son fiables. En los escenarios de accidentes en los que se pierde la alimentación de

CA fuera del emplazamiento, generalmente hay dos grupos de respaldo alimentados de forma independiente, cada uno de los cuales tiene aproximadamente 33 dispositivos de ignición. Un tren tiene generadores diesel de respaldo, mientras que el otro tren se alimenta de baterías. En algunos casos se proporciona un generador diesel redundante o un generador portátil. Si funcionan con baterías, los respaldos suelen estar diseñados para cuatro horas de alimentación continua.

Las principales preocupaciones con los dispositivos de ignición actuales son el extenso cableado que requieren, la dificultad con el mantenimiento durante los cortes y la necesidad de energía externa para operar. Además, con el tiempo, estos cables pueden desgastarse y necesitan ser reemplazados. Por tanto, se necesitan dispositivos de ignición de hidrógeno pasivos y autónomos que no dependan de la energía externa, el cableado asociado y los controles. A diferencia de los dispositivos de ignición actuales, el sistema divulgado en la presente memoria descriptiva cumple estos criterios. Además, el aparato divulgado en la presente memoria descriptiva no requiere la intervención del operador para funcionar.

En el pasado había diseños de dispositivos de ignición pasivos que empleaban un catalizador de recombinación de hidrógeno. El uso de este tipo de dispositivos de ignición pasivos plantea algunos problemas críticos. En primer lugar, el proceso de calentamiento del dispositivo de ignición es lento debido al lento flujo de aire convectivo natural a través del catalizador. En segundo lugar, al comenzar la reacción, se forma agua en la superficie del catalizador que tiende a inhibir la reacción de recombinación. A medida que la reacción continúa, el vapor que se genera a partir de la reacción exotérmica se elimina una vez que la temperatura de las placas aumenta y permite que una mayor velocidad del flujo de aire elimine las moléculas de agua. Esta velocidad se alcanza una vez que las placas alcanzan temperaturas superiores a 500°C aproximadamente.

El dispositivo de ignición pasivo divulgado en la presente memoria descriptiva produce una superficie caliente mediante la oxidación catalítica del hidrógeno en el aire; repone naturalmente un flujo de aire continuo a través de las superficies catalíticas; y forma naturalmente un vórtice que tiene una alta velocidad (en comparación con la flotabilidad vertical) para impulsar el rendimiento autocatalítico mejorando la transferencia de masa hacia y desde el catalizador. Estos tres factores permiten un calentamiento más rápido del dispositivo de ignición pasivo a bajas concentraciones de hidrógeno en comparación con un dispositivo de ignición pasivo que utiliza una simple corriente de aire ascendente.

La invención descrita en la presente memoria descriptiva, que se muestra en las figuras 1 - 4, incluye una placa metálica 14 sustancialmente horizontal, cuya porción inferior 16 está recubierta con un catalizador de recombinación de hidrógeno, tal como platino o paladio o una mezcla de los mismos. La placa, preferentemente, está hecha de un material que tiene una alta conductividad térmica. En presencia de hidrógeno y aire, el fondo de la placa recombina el hidrógeno en su superficie, generando de esta manera calor. Una vez que la parte inferior 16 de la placa 14 se calienta, la parte superior 18 también se calienta. A medida que la parte superior 18 de la placa 14 se calienta, el aire por encima de la parte superior de la placa se calienta y el aire adyacente se eleva debido a su flotabilidad. El aire más frío de los alrededores es atraído para ocupar su lugar. Sin embargo, el paso del aire fresco de admisión alrededor de la placa está en línea con las paletas radialmente en espiral 28. Estas paletas 28 obligan al aire de admisión a converger en un vórtice 24, similar a un remolino de polvo que se produce naturalmente en un desierto. Este vórtice 24 se mueve hacia arriba y sale por la estrecha chimenea 22. En la boca de la chimenea 22 se coloca estratégicamente un "dispositivo de ignición de núcleo" 26. Al igual que la parte inferior de la placa horizontal, el núcleo de ignición también está recubierto con un catalizador de recombinación de hidrógeno. La alta velocidad del vórtice 24 asegura una alta tasa de reacción de recombinación al 1) reponer el catalizador con reactivos nuevos, y 2) eliminar las moléculas de agua (un subproducto de la reacción catalítica) de la superficie del catalizador. Por otra parte, no es necesario calentar la placa horizontal 14 a una temperatura elevada. Estudios anteriores han demostrado que se puede conseguir una formación de vórtices de muy alta velocidad (8 a 10 m/s) con sólo una diferencia de temperatura de 100°C entre una superficie caliente y el aire ambiente. Por lo tanto, a bajas concentraciones de hidrógeno, la placa horizontal 14 puede generar un vórtice de muy alta velocidad (8 a 11 m/s) en comparación con una corriente de aire de convección vertical (0,5 a 1 m/s) que requiere una diferencia de temperatura superior al menos a 200 - 500 °C.

La parte inferior 16 de la placa horizontal 14 necesita salir a través de un pasaje 30 en la carcasa 12 que no obstruya el flujo de vórtice 24. Por lo tanto, el interior 32 de las aletas o paletas guiadas 28 sirve para ese propósito. El interior 32 de las paletas guiadas 28 forma un pasaje para que el aire calentado de debajo de la placa horizontal 14 suba y salga del aparato como se muestra en la figura 2. Esto también permite el precalentamiento del aire de admisión del vórtice 20 a medida que fluye a lo largo del exterior de las paletas 28. La parte inferior 16 de la placa horizontal 14 puede tener aletas 34 para 1) permitir una mayor superficie de catalizador, y 2) guiar el aire caliente en una trayectoria más favorable hidrodinámicamente hacia el interior 32 de las aletas de guiado 28 y salir del aparato 10. Del mismo modo, la parte superior 18 de la placa horizontal 14 puede estar provista de aletas 36, co - direccionales al flujo de vórtice, para permitir una mejor transferencia de calor al aire de la placa horizontal. En lugar de las aletas 36, se pueden emplear clavijas verticales, o placas planas, u otras geometrías de placa para transferir eficazmente el calor de las clavijas o placas al aire. Para mejorar el calentamiento del vórtice 24, la parte superior 18 de la placa horizontal 14 también puede recubrirse con un catalizador de recombinación de hidrógeno. Las figuras 1 - 4 muestran la

realización preferida que utiliza los principios mencionados. También hay un dispositivo de ignición de muelle en espiral 38 en la boca, es decir, en la admisión de aire inferior 42, de la sección de precalentamiento 40 por debajo de la placa horizontal 14, que también puede inducir la ignición al aire nuevo (con hidrógeno) que entra en la admisión 42.

- 5 Una realización alternativa al dispositivo de ignición 26 en la salida del vórtice 44 es utilizar un mecanismo rotativo para acumular carga en un cuerpo (similar a un generador Van de Graf) para crear una chispa como energía de activación del encendido. Además, se puede formar un tercer conjunto de paletas 36 en la superficie superior 18 de la placa metálica 14, sustancialmente horizontal, para forzar la capa de aire flotante y calentado a rotar a medida que se eleva, formando un vórtice de columna que puede ser anclado y que atrae aire caliente adicional para sostenerse y proporcionar un nuevo vínculo termo - mecánico entre la energía química y la energía eléctrica. Además, la superficie superior 18 de la placa metálica 14, sustancialmente horizontal, y el tercer juego de paletas 36 pueden estar recubiertos con el catalizador de recombinación de hidrógeno.

- Otra realización alternativa para el dispositivo de ignición superior 26 es hacer que el vórtice 24 accione un generador eléctrico que cargue un condensador, el cual lanzará una chispa una vez que se alcance un voltaje determinado.
- 15 Una realización adicional y alternativa para el dispositivo de ignición superior 26 es hacer que un mecanismo rotativo accionado por el vórtice 24, accione un dispositivo piezoeléctrico. Uno de estos mecanismos de rotación podría ser un eje unido rotativamente al centro superior de la placa metálica 14, sustancialmente horizontal, extendiéndose el eje verticalmente con una paleta que se extiende radialmente desde y en espiral alrededor de la superficie del eje.

- De esta manera, esta invención proporciona un dispositivo de ignición pasivo de hidrógeno 10 que es autoactivo y autosostenible. El vórtice 24 inducido por la flotabilidad permite que el aire de alta velocidad active el núcleo del dispositivo de ignición, permitiendo de esta manera que el dispositivo de ignición alcance la temperatura de autoencendido más rápidamente y a concentraciones más bajas. El dispositivo de ignición permite que el vórtice 24 se forme por la baja temperatura de la placa, permitiendo de esta manera la ignición a concentraciones más bajas de hidrógeno (por encima del 4%, menos del 8 mol % de hidrógeno en el aire). Las aletas guiadas 28 tienen una doble función: 1) la superficie exterior guía el aire de admisión para formar el vórtice; 2) la superficie interior proporciona el paso del aire caliente de escape de la parte inferior 16 de la placa metálica 14 de reacción de recombinación; y 3) el aire caliente interior precalienta el aire de admisión del vórtice 20, reduciendo de esta manera el tiempo hasta la ignición. El vórtice 24 puede hacer funcionar otros generadores de chispas eléctricas mediante el uso de una paleta rotativa de eje vertical, que también es autoimpulsada. El dispositivo de ignición de muelle 38 también puede provocar la ignición una vez que la velocidad en la admisión del precalentador 42 aumenta. La campana de la chimenea 46 impide la exposición de las superficies catalíticas del núcleo del dispositivo de ignición a las salpicaduras de la contención, al agua, etc., mientras que las demás superficies catalíticas (aletas inferiores 34 de la placa metálica 14, sustancialmente horizontal, y el dispositivo de ignición de muelle 38) están protegidas por el diseño del aparato. Una versión más grande de este diseño puede diseñarse para la doble funcionalidad de los PAR (recombinadores autocatalíticos pasivos) existentes, que se utilizan para desnaturalizar el hidrógeno en grandes cantidades antes de que alcance el límite inferior de inflamabilidad (<4%) y los dispositivos de ignición activos, que encienden el hidrógeno excesivo antes de alcanzar un nivel explosivo (>10%). Los PAR son generalmente más lentos y esta realización puede acelerar el proceso y mejorar la seguridad de la planta para los accidentes base de diseño y más allá de la base de diseño.

- 40 Aunque se han descrito en detalle realizaciones específicas de la invención, los expertos en la materia apreciarán que podrían desarrollarse varias modificaciones y alternativas a esos detalles a la luz de las enseñanzas generales de la divulgación. Por lo tanto, las realizaciones particulares divulgadas son sólo ilustrativas y no limitativas en cuanto al alcance de la invención, a la que se le debe dar toda la amplitud de las reivindicaciones adjuntas y todos sus equivalentes.

45

REIVINDICACIONES

1. Un recombinador de hidrógeno y dispositivo de ignición pasivo (10) que comprende:
 - una placa metálica (14) sustancialmente horizontal que tiene una cara inferior (16) recubierta con un catalizador de recombinación de hidrógeno, soportada en una carcasa periférica (12) que tiene una primera admisión de gases (42) debajo de la placa metálica sustancialmente horizontal y una primera salida de gases (30) alrededor de una periferia de la placa metálica sustancialmente horizontal;
 - una segunda admisión de gas (20) a través de la carcasa (12) y a través de un primer conjunto de paletas de remolino (36) sustancialmente próxima y en comunicación con un lado superior de la placa metálica sustancialmente horizontal (14), con el primer conjunto de paletas de remolino configurado para crear un vórtice (24) de un segundo gas que atraviesa la segunda admisión de gas;
 - una segunda salida de gases (44) a través de una porción superior de la carcasa (12) por la que sale el vórtice (24);
 - un primer dispositivo de ignición pasivo (38) soportado cerca de la primera admisión de gas (42); y
 - un segundo dispositivo de ignición pasivo (26) soportado cerca de la segunda salida de gas (44).
2. El recombinador de hidrógeno y dispositivo de ignición pasivo (10) de la reivindicación 1, en el que el catalizador de recombinación de hidrógeno es de platino o paladio o una combinación de ambos.
3. El recombinador de hidrógeno y dispositivo de ignición pasivo (10) de la reivindicación 1, en el que la parte inferior de la placa metálica (14), sustancialmente horizontal, incluye paletas (34) que se proyectan hacia abajo y están cubiertas por el catalizador de recombinación de hidrógeno, estructuradas para dirigir un primer gas que entra en la primera admisión de gas (42) hacia la primera salida de gas (30).
4. El recombinador de hidrógeno y dispositivo de ignición pasivo de la reivindicación 1, en el que la primera salida de gas (30) se extiende hacia arriba a través de un interior de al menos parte del primer conjunto de paletas de remolino (28) y sale fuera de la segunda salida de gas (44).
5. El recombinador de hidrógeno y dispositivo de ignición pasivo (10) de la reivindicación 4, en el que el primer conjunto de aletas de remolino (28) está estructurado para transferir el calor del primer gas que se desplaza a través de las aletas de remolino al segundo gas que entra en la segunda admisión de gas (20).
6. El recombinador de hidrógeno y dispositivo de ignición pasivo de la reivindicación 1, en el que el segundo dispositivo de ignición está alimentado por el vórtice.
7. El recombinador de hidrógeno y dispositivo de ignición pasivo (10) de la reivindicación 1, en el que la segunda salida de gas incluye una tapa (46) separada de la segunda salida de gas (44), de modo que el segundo gas puede salir por debajo de la tapa.
8. El recombinador de hidrógeno y dispositivo de ignición pasivo (10) de la reivindicación 1, en el que un lado superior de la placa metálica sustancialmente horizontal tiene un segundo conjunto de paletas de remolino (36) unidas a su superficie.
9. El recombinador de hidrógeno y dispositivo de ignición pasivo (10) de la reivindicación 8, en el que el segundo conjunto de paletas (36) es co - direccional con el vórtice (24).
10. El recombinador de hidrógeno y dispositivo de ignición pasivo (10) de la reivindicación 1, en el que un lado superior (18) de la placa metálica sustancialmente horizontal (14) está sustancialmente cubierto con un catalizador de recombinación de hidrógeno.
11. Un procedimiento de recombinación e ignición de hidrógeno que comprende los pasos de:
 - recoger pasivamente un primer gas, que puede tener hidrógeno como componente, a través de una primera admisión de gas (42) de una carcasa (12) a través de la cual se procesará el primer gas;
 - dirigir el primer gas desde la primera admisión de gas (42) a una cara inferior (16) de una placa metálica sustancialmente horizontal (14) recubierta con un catalizador de recombinación de hidrógeno, a lo largo de una cara inferior de la placa metálica sustancialmente horizontal hasta una primera salida de gas (30) en una periferia de la placa metálica sustancialmente horizontal;
 - recoger pasivamente un segundo gas, que puede tener hidrógeno como componente, a través de una segunda admisión de gas (20) a través de la carcasa (12) y a través de un primer conjunto de paletas de re-

molino (28) sustancialmente próximo y en comunicación con un lado superior (18) de la placa metálica sustancialmente horizontal (14), estando configuradas las paletas de remolino para crear un vórtice (24) del segundo gas que atraviesa la segunda admisión de gas;

5 salir del vórtice (24) por una segunda salida de gases (44) a través de una porción superior de la carcasa (12);

soportar un primer dispositivo de ignición pasivo (38) en una entrada de la primera admisión de gas (42); y

soportar un segundo dispositivo de ignición pasivo (26) próximo a la segunda salida de gases (44).

10 12. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que la primera salida de gas (30) se extiende hacia arriba a través de un interior de al menos parte del primer conjunto de paletas de remolino (28) y sale fuera de la segunda salida de gas (44).

13. El procedimiento de la reivindicación 11, incluyendo el paso de alimentar el segundo dispositivo de ignición (26) desde el vórtice (24).

14. El procedimiento de la reivindicación 13, en el que el segundo dispositivo de ignición (26) es un dispositivo rotativo que acumula carga para crear una chispa como energía de activación del dispositivo de ignición.

15 15. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que la segunda salida de gases (44) incluye una cubierta (46) separada de la segunda salida de gases que incluye el paso de blindar el segundo dispositivo de ignición (26).

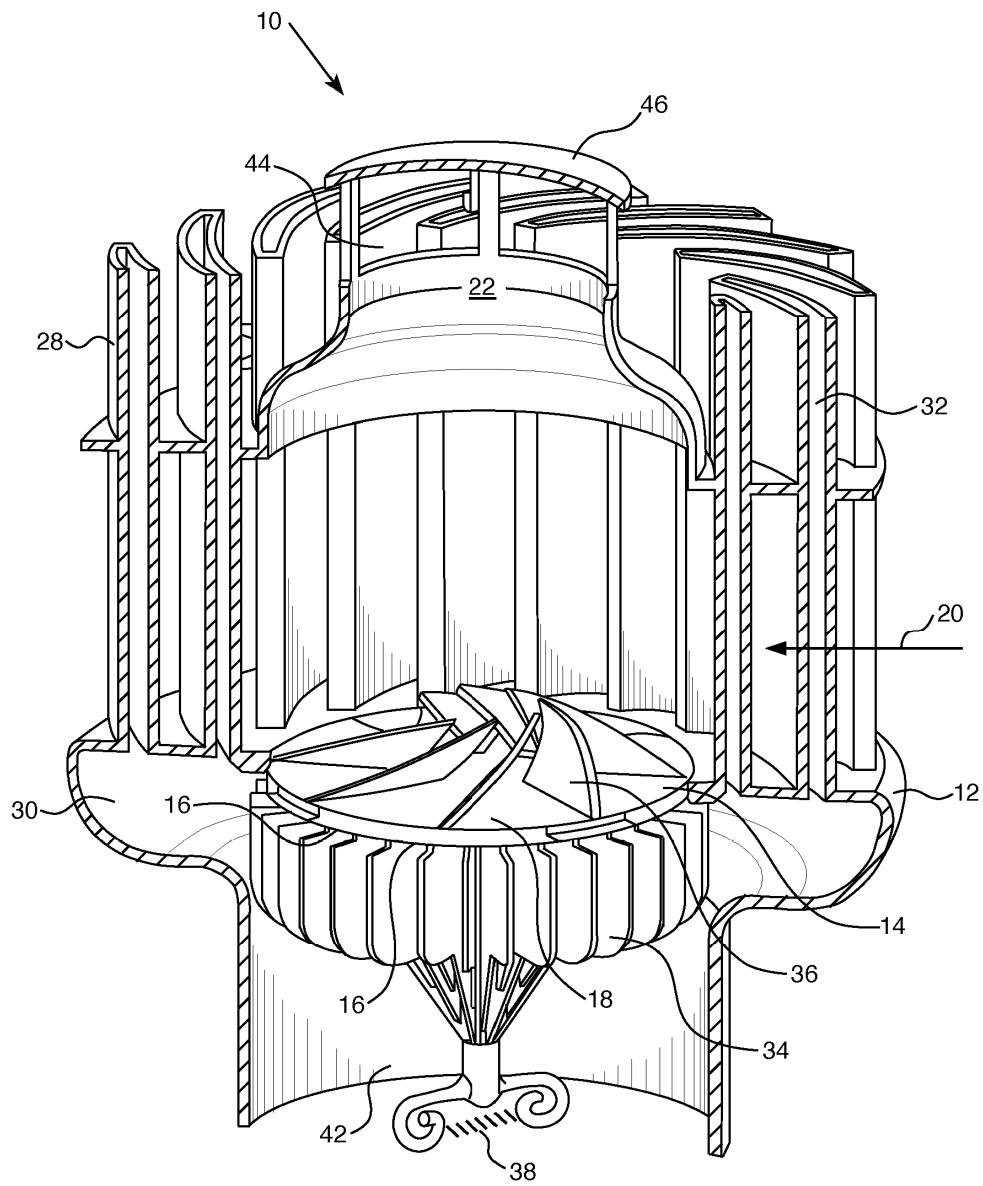


FIG. 1

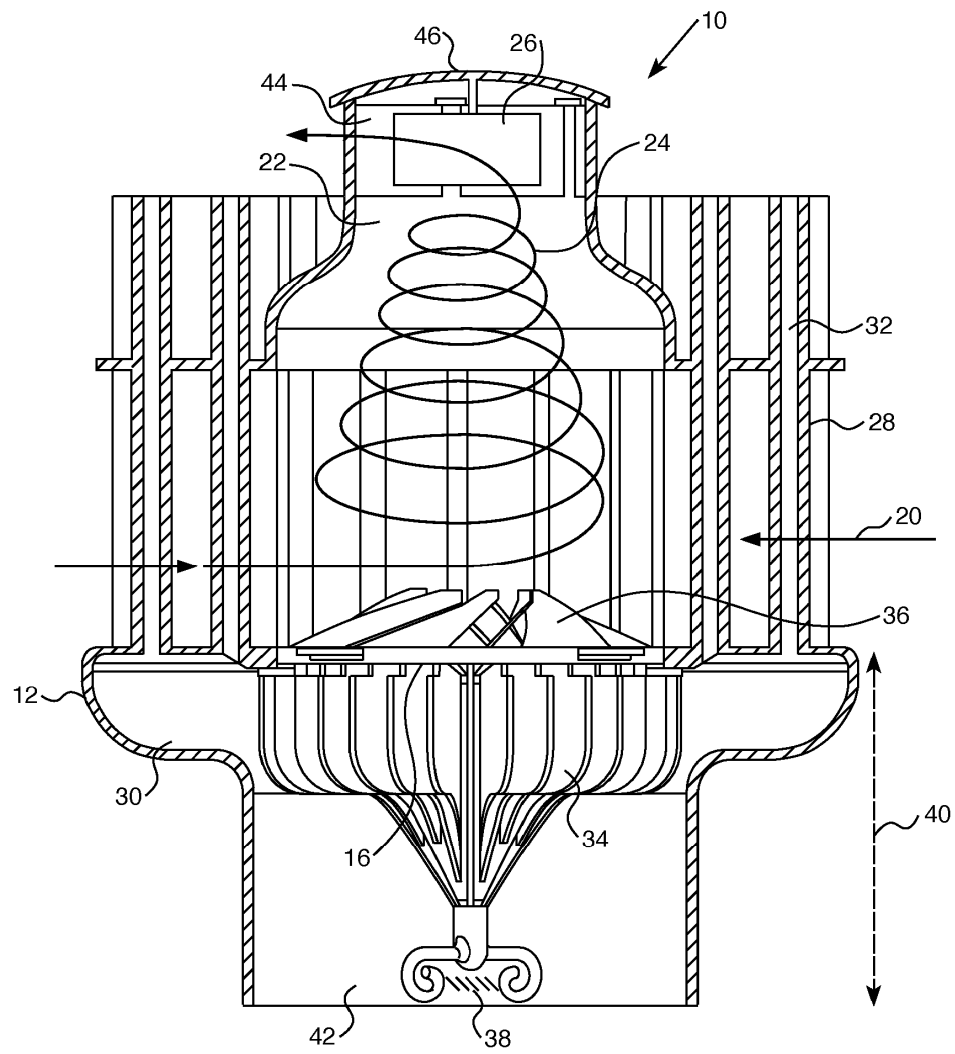


FIG. 2

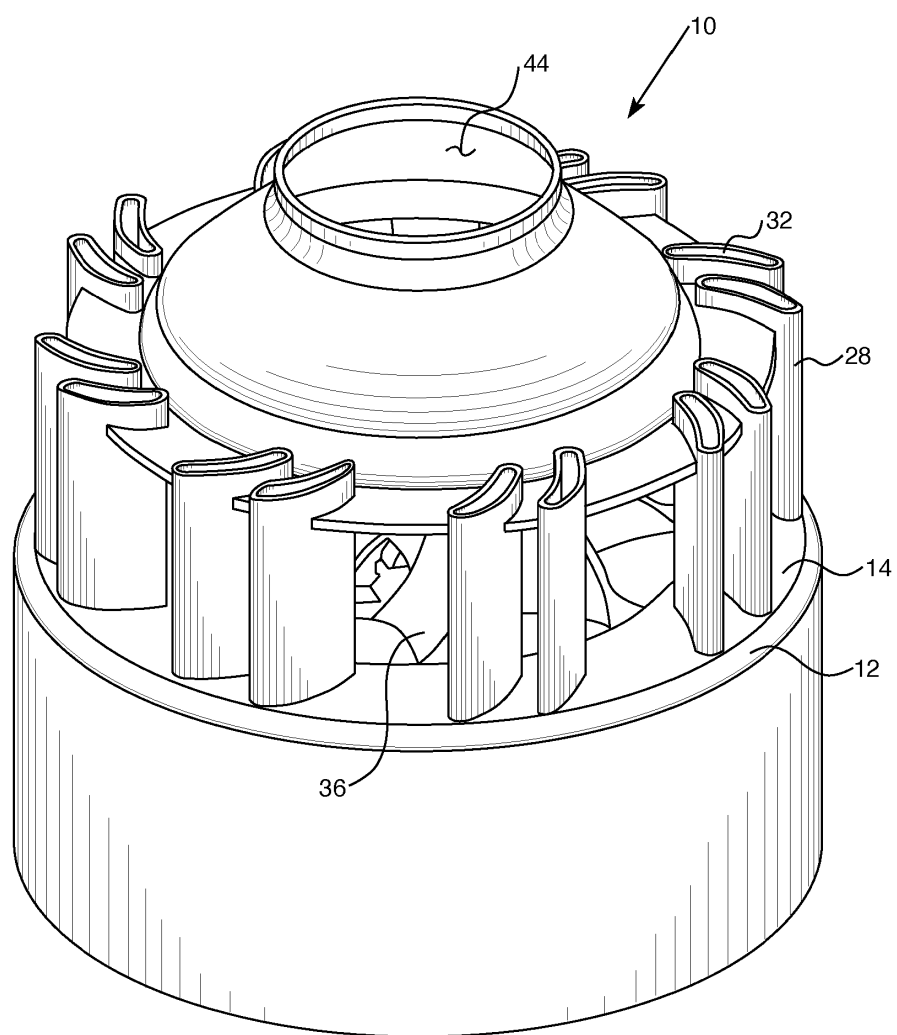


FIG. 3

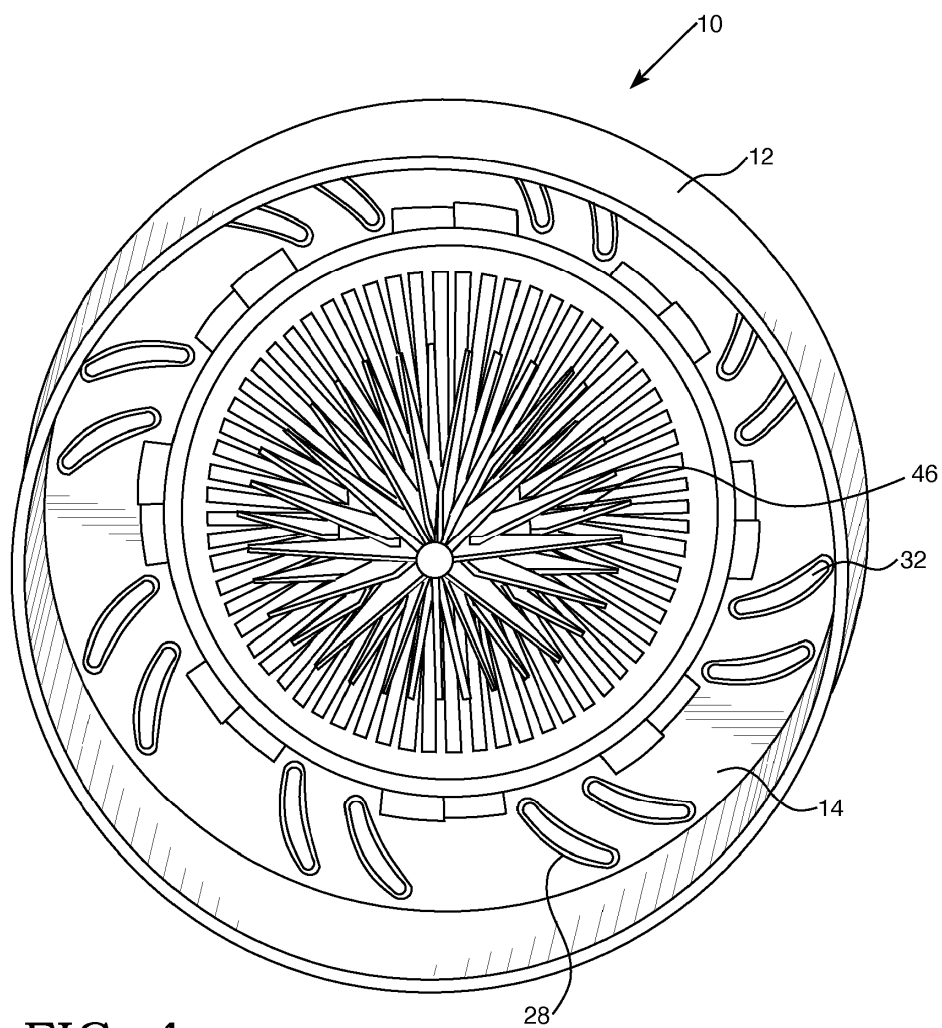


FIG. 4