

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 749 671**

51 Int. Cl.:

**H01M** (2006.01)

**F16K 31/122** (2006.01)

**F16K 1/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.08.2013 PCT/US2013/053278**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.02.2014 WO14025618**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.08.2013 E 13750775 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2019 EP 2883263**

54 Título: **Dispositivo de recirculación pasiva**

30 Prioridad:

**08.08.2012 US 201261680845 P**

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

**23.03.2020**

73 Titular/es:

**NUVERA FUEL CELLS, LLC (100.0%)  
129 Concord Road, Building 1  
Billerica, MA 01821 , US**

72 Inventor/es:

**LUNT, BENJAMIN, S.**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 749 671 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

Dispositivo de recirculación pasiva

5 Campo técnico

La presente divulgación se refiere a un dispositivo de recirculación para controlar pasivamente el flujo de fluido. En algunas realizaciones, el dispositivo de recirculación descrito en el presente documento se puede utilizar para controlar una cantidad de combustible suministrado a un circuito de recirculación de una celda de combustible.

10

Antecedentes

Diversos dispositivos, tales como válvulas o eyectores, se utilizan para controlar el flujo de fluido en forma líquida y gaseosa. Tales dispositivos se incorporan a menudo en un ensamblaje mecánico para controlar el flujo de un fluido dentro del ensamblaje o los flujos de fluido dentro o fuera del ensamblaje. Para aumentar o disminuir dicho flujo de fluido, las válvulas o eyectores pueden tener componentes integrados de control eléctrico, neumático o mecánico. Si bien estos mecanismos de control activo se utilizan comúnmente, el control pasivo basado en la presión del fluido es menos común debido a las dificultades para controlar con precisión el flujo del fluido o dimensionar los componentes para garantizar un funcionamiento efectivo en una amplia gama de condiciones.

15

20

Una celda de combustible es un dispositivo para generar potencia eléctrica. La energía química de un combustible se convierte en electricidad a través de una reacción química con oxígeno u otro agente oxidante. La reacción química generalmente produce electricidad, calor y agua. En funcionamiento, las celdas de combustible generalmente requieren flujos controlados de combustible, agente oxidante o fluido refrigerante.

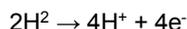
25

Una celda de combustible puede incluir un ánodo en un compartimento anódico, un cátodo en un compartimento catódico y un electrolito que permite que las cargas se muevan entre el ánodo y el cátodo. Los electrones se extraen del ánodo al cátodo a través de un circuito de carga eléctrica, produciendo electricidad. Para variar la salida eléctrica, se pueden configurar válvulas, eyectores u otros dispositivos de flujo para controlar los flujos de fluido a uno o más compartimientos.

30

En algunos ejemplos, se abastece un flujo de combustible a un compartimento anódico, y un flujo de gas que contiene oxígeno (por ejemplo, aire) se alimenta a un compartimento catódico. El combustible puede fluir continuamente a través del compartimento anódico, mientras que una parte del combustible experimenta una reacción electroquímica en el compartimento anódico, como se representa en la siguiente ecuación.

35



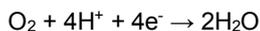
Los electrones producidos por la reacción electroquímica del ánodo se extraen del ánodo al cátodo a través de un circuito de carga eléctrica, produciendo electricidad de corriente continua. Los iones cargados positivamente producidos por la reacción se extraen del ánodo a través del electrolito al cátodo. Se puede configurar un electrolito para evitar el pasaje de electrones cargados negativamente mientras se permite el pasaje de iones cargados positivamente.

40

Después del pasaje de los iones cargados positivamente a través del electrolito, los iones pueden combinarse en el compartimento del cátodo con electrones que han pasado a través del circuito de carga eléctrica. La combinación puede formar una reacción electroquímica del cátodo en la que se produce agua a partir de la reducción de oxígeno, como se representa en la siguiente ecuación.

45

50



La cantidad de combustible oxidado en el compartimento anódico puede depender de la cantidad de potencia requerida del circuito de carga eléctrica. No todo el combustible suministrado al compartimento anódico se oxida cuando una porción del combustible se descarga desde el compartimento anódico.

55

Para aumentar la eficiencia general de la celda de combustible, la salida del compartimento anódico puede fluir de regreso a la entrada del compartimento anódico por medio de un circuito de recirculación. Para permitir que la celda de combustible produzca potencia de salida continuamente, se debe introducir combustible en el circuito de recirculación para reemplazar el combustible que se oxidó en el compartimento anódico. La tasa a la que se introduce combustible en el circuito de recirculación dependerá de la carga que se aplique al circuito eléctrico; cuanto mayor es la carga, más combustible se requiere.

60

Un flujo de combustible introducido en el circuito de recirculación puede controlarse mediante una variedad de dispositivos, incluidas válvulas o eyectores. El suministro de una cantidad adecuada de combustible al circuito de recirculación cuando una celda de combustible aumenta de potencia de salida mínima a máxima, y viceversa, puede requerir múltiples eyectores de diferentes tamaños o una válvula de control capaz de acelerar el flujo. Los eyectores

65

múltiples con boquillas de diferentes tamaños, así como las válvulas de control, pueden ser costosos y pueden aumentar la complejidad de un dispositivo.

5 Algunos dispositivos de la técnica anterior han reducido la necesidad de múltiples eyectores mediante el uso de eyectores de flujo variable, mientras que otros han utilizado una válvula de control en combinación con un eyector. Por ejemplo, la Solicitud de Patente U.S. No. 2010/209818 divulga un eyector con una válvula integrada con tres puertos para (i) entrada de combustible, (ii) entrada de escape del ánodo y (iii) combustible mixto y salida de escape de ánodo, una válvula integrada, el miembro de cierre de la válvula (móvil) es un pistón cónico que forma una boquilla con un orificio, el asiento de la válvula (fijo) es una aguja hueca con punta cerrada, el pistón para cerrar la válvula es accionado por la presión del escape del ánodo para abrir o cerrar el válvula, cuando la presión del escape del ánodo es alta, el pistón cónico se mueve contra la dirección del flujo de combustible. El pistón cónico se empuja hacia atrás hasta que el orificio del pistón cónico se acopla con el pasador central y la válvula se cierra, el pistón se sella contra la pared exterior del dispositivo de recirculación y el movimiento del pistón se amortigua aún más mediante resortes. Y la Patente U.S. No. 6.858.340 divulga un eyector de flujo variable para utilizar en un sistema de celda de combustible. 10 Dos diafragmas dentro del eyector controlan el movimiento de la aguja en relación con la boquilla para regular el flujo de fluido a través del eyector. La Patente U.S. No 7.536.864 y la Patente U.S. No 6.779.360 utilizan un actuador para controlar la abertura de la boquilla. Y la Solicitud de Patente U.S. No. 2010/0068579 divulga una válvula de control utilizada junto con un eyector. El documento US 2008/0199746 divulga un sistema de celda de combustible que es capaz de abastecer gas a través de un eyector de acuerdo con la carga de una celda de combustible. El sistema de celda de combustible utiliza un eyector dispuesto en un sistema de abastecimiento de gas para combinar un nuevo gas que se abastecerá a la celda de combustible con un gas de escape descargado desde la celda de combustible y abastecer la celda de combustible con el gas combinado resultante. El eyector incluye una boquilla para expulsar el nuevo gas y generar una presión negativa para aspirar el gas de escape, y un mecanismo de control de la tasa de flujo para controlar la tasa de flujo del nuevo gas que pasa a través de la boquilla. En el sistema de abastecimiento de gas se proporciona una primera ruta de flujo para conducir el gas de escape al mecanismo de control de la tasa de flujo, y el mecanismo de control de tasa de flujo controla la tasa de flujo del nuevo gas de acuerdo con la presión del gas de escape conducido desde El primer camino de flujo. El documento JP 2007 018831 divulga un sistema de celda de combustible capaz de ampliar el rango de control de volumen de flujo mediante un eyector, capaz de controlar de manera variable y apropiada el volumen de flujo y la presión del gas de reacción que se abastecerá a una celda de combustible. El eyector mezcla un gas suministrado desde una fuente de abastecimiento de gas y gas de escape de la celda de combustible, y abastece el gas mezclado a la celda de combustible como gas de reacción, y tiene una parte de control de volumen de flujo que cambia el volumen de abastecimiento del gas de reacción a ser suministrado a la celda de combustible. SU 1081368 divulga un eyector vertical de inyección de tinta que contiene una cámara de mezcla, un difusor, una boquilla de abastecimiento de medio activo, una boquilla activa dispuesta coaxialmente con la última cámara cilíndrica y una biela axialmente móvil con un pistón y un elemento de bloqueo en el extremo inferior que se superponen al boquilla activa El pistón está montado en la biela con la posibilidad de movimiento axial, y el vástago está provisto de canales axiales y radiales comunicados entre sí y los elementos de bloqueo adicionales dispuestos en su extremo superior que cierran el ramal del abastecimiento de medio activo.

40 Sin embargo, ninguna de estas válvulas y eyectores funciona con control pasivo porque todos requieren algún tipo de sistema de control activo. Por ejemplo, se utilizan múltiples fluidos para deformar múltiples diafragmas, un actuador gestionado maniobra un pistón, un actuador de control coloca una aguja o una válvula de control acelera el flujo con base en la retroalimentación corriente abajo. La presente divulgación supera al menos algunas deficiencias de la técnica anterior.

45 En consideración de las circunstancias mencionadas anteriormente, la presente divulgación proporciona un dispositivo de recirculación que puede integrarse en un sistema de celda de combustible. El dispositivo de recirculación puede controlar pasivamente el flujo de recirculación del ánodo con base en la presión de escape del compartimento anódico. El dispositivo puede abastecer combustible a la celda de combustible para permitir su funcionamiento en un rango de condiciones desde una potencia de salida mínima a máxima.

#### Resumen

55 Un aspecto de la invención proporciona un dispositivo de recirculación, que comprende un cuerpo que comprende: una primera sección del cuerpo y una segunda sección del cuerpo que forma una cavidad interna en el cuerpo, al menos un primer pasaje configurado para recibir un escape, al menos un segundo pasaje configurado para recibir un combustible, al menos un tercer pasaje configurado para recibir una mezcla del escape y el combustible, una cámara de mezcla ubicada dentro del cuerpo configurada para recibir el escape y el combustible, y un eje longitudinal que se extiende desde el segundo pasaje al tercer pasaje; y un pistón ubicado de forma deslizante en la cavidad interna formada en el cuerpo; en donde: el pistón comprende una cavidad de pistón ubicada entre un primer extremo y un segundo extremo, la cavidad de pistón está configurada para recibir una primera sección de aguja a través de la cavidad de pistón, la cavidad de pistón está configurada para dirigir el combustible hacia un orificio ubicado en el área de sección transversal más pequeña de la cavidad central del pistón, y la superficie del pistón está configurada para recibir el escape, por lo que el pistón se activa a lo largo del eje longitudinal del cuerpo por la presión de escape que controla el flujo de combustible que pasa a través del orificio; la cámara de mezcla está configurada para recibir el combustible del orificio; y el primer extremo comprende una cabeza de pistón configurada para recibir una aguja y

5 presión de escape en una superficie de cabeza de pistón creando una fuerza en una dirección generalmente corriente arriba; el dispositivo comprende además: una aguja acoplada fijamente al cuerpo que comprende un primer extremo que tiene un pasaje para recibir el combustible que se alimenta a una cavidad central que se extiende hacia un segundo extremo; y en la región general del segundo extremo, un pasaje de salida que permite que el combustible salga de la cavidad central hacia la cavidad de pistón; en donde el segundo extremo se estrecha en la dirección corriente abajo, por lo que la superficie de la sección de aguja cónica es paralela a la superficie interna cónica del pistón y está configurada para enganchar la superficie interna del pistón a medida que el pistón actúa; y se proporciona un resorte dentro de la cavidad (760) interna entre la segunda sección (780) del cuerpo y la cabeza (830) del pistón para ejercer una fuerza (930) contra la cabeza (830) del pistón para oponerse a la fuerza (850) en el superficie de la cabeza (840) del pistón,

10 caracterizado porque el borde exterior de la cabeza (830) del pistón está configurado para sellar herméticamente contra la superficie interior de la cavidad (760); y en donde la posición del pistón (710) se controla pasivamente de modo que la suma de la fuerza (850) en la cabeza del pistón, la fuerza del resorte (930), y opcionalmente una fuerza hidráulica que presiona la cavidad (760) interna corriente arriba de la cabeza 830 de pistón determina la posición del pistón (710) y la tasa de flujo del combustible (120) a través del orificio (870) en la cámara (790) de mezcla.

15 El dispositivo se puede configurar para funcionar dentro de un sistema de celda de combustible. El combustible expulsado del orificio y el escape pueden ser arrastrados y mezclados dentro de la cámara de mezcla. El escape puede descargarse del compartimento anódico de una celda de combustible y el combustible puede ser un fluido que contiene hidrógeno. Cuando la aguja ingresa al orificio, su área puede reducirse hasta que la aguja llena el orificio y sella el flujo del combustible.

20 La presión de entrada de escape abastecida al primer pasaje del dispositivo de recirculación puede variar entre aproximadamente tres (20,7 kPa) y aproximadamente 60 psig (414 kPa) y la presión de combustible abastecida al segundo pasaje del dispositivo de recirculación puede variar entre aproximadamente 30 (207 kPa) a aproximadamente 500 psig (3.45 MPa).

25 Debe entenderse que tanto la descripción general anterior como la siguiente descripción detallada son solo de ejemplos y explicativas.

Breve descripción de los dibujos

35 La figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema de celda de combustible.

La figura 2A es una vista en sección transversal cortada de un eyector, que incluye una sección ampliada del eyector (no según la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas).

40 La figura 2B es una vista isométrica esquemática de un pistón y un vástago de válvula (no según la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas).

La figura 3A es una vista en sección transversal cortada de un eyector, de acuerdo con una realización de ejemplo.

45 La figura 3B es una vista en sección transversal cortada de un eyector, de acuerdo con otra realización de ejemplo.

Descripción de las realizaciones

50 Para ayudar a comprender el principio subyacente de la invención, se describirán en detalle a continuación diversos dispositivos de recirculación, pero el dispositivo de recirculación que incorpora la invención como se define en la reivindicación 1 es un dispositivo de recirculación divulgado en el párrafo [0069] - párrafo [0085] con referencia a las figuras 3a y 3b de los dibujos.

55 Se hará referencia ahora en detalle a las realizaciones de ejemplos actuales de la divulgación, cuyos ejemplos se ilustran en los dibujos adjuntos. Siempre que sea posible, se utilizarán los mismos números de referencia en todos los dibujos para referirse a las mismas partes o similares.

60 La figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema 100 de celda de combustible. El sistema 100 de celda de combustible puede comprender un dispositivo 110 de recirculación. Por ejemplo, el dispositivo 110 de recirculación puede comprender un eyector de recirculación pasiva como se describe en detalle a continuación. Además del dispositivo 110 de recirculación, el sistema 100 de celda de combustible puede comprender un combustible 120 y una celda 130 de combustible. El combustible 120 puede comprender hidrógeno, monóxido de carbono, metanol e hidrocarburos ligeros diluidos como el metano. Como se explicó anteriormente, la celda 130 de combustible se puede configurar para generar electricidad a través de una reacción química.

65

Como se muestra en la figura 1, la celda 130 de combustible puede comprender un compartimento 140 anódico, un ánodo 150, un electrolito 160, un compartimento 170 catódico, un cátodo 180 y un circuito 190 de carga eléctrica. El electrolito 160 puede comprender una membrana polimérica y una solución alcalina acuosa. En algunas realizaciones, la celda 130 de combustible puede comprender una membrana de intercambio de protones, ácido fosfórico, óxido sólido o carbonato fundido.

Se puede abastecer un flujo continuo de un combustible 200 mezclado al compartimento 140 anódico. Se puede abastecer un flujo de oxígeno 210 al compartimento 170 catódico. Una vez que el combustible 210 mixto entra en el compartimento 140 anódico, una porción del combustible 200 mezclado puede sufrir una reacción electroquímica del ánodo en el ánodo 150.

No todo el combustible 200 mezclado suministrado al compartimento 140 anódico se consume necesariamente en una reacción electroquímica anódica. Una porción de combustible 200 mixto que fluye hacia el compartimento 140 anódico puede descargarse desde el compartimento 140 anódico como un escape 220 a través de una salida 230 del compartimento anódico. El escape 220 descargado desde la salida 230 del compartimento anódico puede salir a una presión más baja que el combustible 200 mixto que ingresa en la entrada 240 anódica del compartimento debido a la reducción de presión de volumen fijo del combustible consumido en la reacción electroquímica del ánodo.

La salida 230 del compartimento anódico puede conectarse de forma fluida a un primer pasaje 250 del dispositivo 110 de recirculación. El escape 220 puede entrar en el dispositivo 110 de recirculación a través del primer pasaje 250 y puede mezclarse con un flujo de combustible 120. El combustible 120 puede abastecerse a través de un segundo pasaje 260 del dispositivo 110 de recirculación. Después de que el escape 220 y el combustible 120 se mezclan en el dispositivo 110 de recirculación, la mezcla se puede descargar a través de un tercer pasaje 270 como combustible 200 mezclado. El tercer pasaje 270 puede conectarse de manera fluida a la entrada 240 del compartimento anódico, permitiendo que el combustible 200 mezclado fluya al compartimento 140 anódico. Un flujo de un circuito 280 de recirculación puede fluir entre el dispositivo 110 de recirculación y la celda 130 de combustible como se ilustra en la figura 1)

En condiciones de funcionamiento típicas, una presión de combustible 120 en el segundo pasaje 260 puede variar entre aproximadamente 30 (207 kPa) y aproximadamente 500 psig (3,45 MPa). Una presión de escape 220 en el primer pasaje 250 puede variar entre aproximadamente tres (20,7 kPa) y aproximadamente 60 psig (414 kPa). Y una presión de combustible 200 mezclado que sale del tercer pasaje 270 puede variar entre aproximadamente tres (20,7 kPa) y aproximadamente 20 psig (138 kPa). Las razones de estos rangos de presión variable se describen a continuación.

La reacción electroquímica del ánodo que tiene lugar en el compartimento 140 anódico consume combustible 200 mezclado y reduce la presión de volumen fijo dentro del circuito 280 de recirculación. Para contrarrestar esto, el dispositivo 110 de recirculación puede funcionar con recirculación continua de combustible. Específicamente, el combustible 120 introducido en el segundo pasaje 260 a una tasa de flujo particular puede mantener la presión de volumen fija dentro del circuito 280 de recirculación requerido para mantener la producción de potencia desde la celda 130 de combustible mientras el circuito 190 de carga eléctrica aumenta o disminuye la potencia de salida. El dispositivo 110 de recirculación puede configurarse para regular el flujo de combustible 120 como se describió anteriormente, es decir, pasivamente y sin control activo.

La figura 2A. es un diagrama en sección transversal del dispositivo 110 de recirculación. El dispositivo 110 de recirculación puede comprender un cuerpo 400, una boquilla 410 y un pistón 420. Como se describió anteriormente, el dispositivo 110 de recirculación puede configurarse para recibir el escape 220 a través del primer pasaje 250 y el combustible 120 a través del segundo pasaje 260. Los flujos de combustible 120 y el escape 220 pueden combinarse y el combustible 200 mezclado puede salir del dispositivo 110 de recirculación a través del tercer pasaje 270.

El cuerpo 400 puede comprender una estructura con una cavidad 430 interna configurada para alojar la boquilla 410 y el pistón 420. Por ejemplo, el cuerpo 400 puede estar construido de un metal, aleación de metal, plástico, material compuesto o material equivalente. El cuerpo 400 puede tener un recubrimiento o someterse a tratamientos superficiales para reducir la fricción o aumentar la protección contra la corrosión. Por ejemplo, se puede utilizar un recubrimiento de teflón o un tratamiento de anodizado duro.

El cuerpo 400 puede comprender una estructura única o un ensamblaje de piezas múltiples. En particular, el dispositivo 110 de recirculación puede diseñarse para una fácil extracción del sistema 100 de celda de combustible para permitir el mantenimiento o la sustitución. Por ejemplo, el cuerpo 400 puede comprender una primera sección de cuerpo 440 y una segunda sección de cuerpo 450. Las secciones de cuerpo 440 y 450 se pueden acoplar de manera fija o extraíble entre sí utilizando diversos mecanismos de unión.

El dispositivo 110 de recirculación puede incluir un eje 460 longitudinal que se extiende desde una sección corriente arriba del cuerpo 400 a una sección corriente abajo del cuerpo 400. Por ejemplo, la primera sección 440 del cuerpo puede estar corriente abajo (es decir, el lado derecho en la figura 2A) y la segunda sección 450 del cuerpo se puede colocar corriente arriba (es decir, el lado izquierdo en la figura 2A). El combustible 120 puede fluir generalmente

paralelo al eje 460 longitudinal desde corriente arriba a corriente abajo. El escape 220 puede fluir generalmente perpendicular al eje 460 longitudinal y el combustible 120, y puede mezclarse con el combustible 120 para formar el combustible 200 mezclado que también puede fluir generalmente paralelo al eje 460 longitudinal desde el tercer pasaje 270.

5 El tercer pasaje 270 puede extenderse a través de al menos parte del cuerpo 400 o la primera sección 440 del cuerpo. Por ejemplo, el tercer pasaje 270 puede extenderse desde una superficie interna de la cavidad 430 interna a una superficie exterior de la primera sección 440 del cuerpo. El tercer pasaje 270 puede incluir una sección cónica y puede configurarse para mejorar la mezcla de combustible 120 y escape 220.

10 El primer pasaje 250 se puede configurar para recibir el escape 220. Aunque el primer pasaje 250 se muestra como perpendicular al tercer pasaje 270 en la figura 2A, el primer pasaje 250 puede orientarse en diversos ángulos con respecto al tercer pasaje 270. El primer pasaje 250 puede extenderse a través de al menos parte del cuerpo 400 o la primera sección 440 del cuerpo. En particular, el primer pasaje 250 puede extenderse desde una superficie externa del cuerpo 400/primer sección 440 del cuerpo a una superficie interna de la cavidad 430 interna. El primer pasaje 250 puede comprender múltiples pasajes configurados para recibir el escape 220.

15 El segundo pasaje 260 puede configurarse para recibir un flujo de combustible 120. En algunos aspectos, el segundo pasaje 260 puede extenderse desde una superficie exterior del cuerpo 400 o la segunda sección 450 del cuerpo a una superficie interna de la cavidad 430 interna. Segundo pasaje 260 puede incluir diversos acoplamientos (no mostrados) configurados para acoplarse a una línea de abastecimiento de combustible 130.

20 Los accesorios de conexión (no mostrados) en el primer pasaje 250, el segundo pasaje 260, el tercer pasaje 270, la entrada 240 del compartimento anódico o la salida 230 del compartimento anódico pueden utilizar un acoplamiento de conexión rápida o conexiones de estilo equivalente para permitir un fácil ensamblaje o desensamblaje. Los accesorios de conexión pueden configurarse para absorber vibraciones o fluctuaciones de presión que pueden ser causadas por la descarga de flujo desde la boquilla 410.

25 En una disposición alternativa (no mostrada), la geometría del dispositivo 110 de recirculación puede integrarse en una porción de la celda 130 de combustible. Tal configuración puede eliminar la necesidad de interconectar accesorios.

30 El cuerpo 400 se puede configurar para recibir la boquilla 410. La boquilla 410 se puede configurar para introducir un flujo de combustible 120 en una cámara 470 de mezcla donde el combustible 120 se combina con el escape 220. El combustible 200 mezclado se emite posteriormente desde el dispositivo 110 de recirculación y forma parte del circuito 280 de recirculación.

35 La boquilla 410 se puede configurar para acelerar un flujo de combustible 120 a medida que fluye desde una ubicación corriente arriba (a la izquierda como se muestra en la figura 2A) a una ubicación corriente abajo (a la derecha como se muestra en la figura 2A). La boquilla 410 se puede conformar o dimensionar para aerosolizar el combustible 120 para permitir una mezcla suficiente del combustible 120 con el escape 220 en la cámara 470 de mezcla. La boquilla 410 se puede configurar para que la tasa de flujo de combustible descargado desde la boquilla 410 cree una presión negativa relativa en la cámara 470 de mezcla región lateral a la boquilla.

40 En algunas disposiciones, la boquilla 410 puede configurarse para funcionar con flujo de fluido supersónico. La boquilla 410 también puede configurarse para recibir un flujo de escape 220 generalmente perpendicular a un flujo de combustible 120 que sale de la boquilla 410. Una superficie exterior de la boquilla 410 puede configurarse para formar un flujo de escape 220 sustancialmente turbulento alrededor del flujo de combustible 120 que sale de la boquilla 410. En particular, un flujo de escape 220 puede girar alrededor de la boquilla 410 en un movimiento generalmente circular alrededor de un chorro de combustible 120 que sale de la boquilla 410. Tales rutas de flujo diferentes de combustible 120 y escape 220 pueden mejorar la mezcla de los dos flujos de fluidos .

45 La boquilla 410 puede estar construida de un metal, aleación de metal, material compuesto o material equivalente capaz de manejar aplicaciones de fluidos a alta presión y alta velocidad sin erosionar. La superficie interna de la boquilla 410 puede tener un acabado pulido de baja fricción para lograr la máxima eficiencia de flujo o mantener una alta velocidad de descarga del combustible 120.

50 En otras disposiciones, la boquilla 410 se puede formar como parte del cuerpo 400, creando una estructura única del cuerpo 400 y la boquilla 410. Y en otras disposiciones, la boquilla 410 se puede formar como parte de la primera sección 440 del cuerpo o segunda sección 450 del cuerpo.

55 La boquilla 410 puede dividir la cavidad 430 interna en una cámara 470 de mezcla corriente abajo de la boquilla 410 y una cámara 480 de pistón corriente arriba de la boquilla 410. La cámara 470 de mezcla y la cámara 480 de pistón pueden estar conectadas de forma fluida. Por ejemplo, el escape 220 podría fluir desde el primer pasaje 250 o la cámara 470 de mezcla a la cámara 480 de pistón. Por ejemplo, uno o más puertos 490 pasantes pueden configurarse para permitir el flujo de fluido a la cámara 480 de pistón desde la cámara 470 de mezcla.

En otras disposiciones, el flujo de escape 220 hacia la cámara 480 de pistón puede ser por medio de un pasaje en la estructura del cuerpo 400 que conecta de manera fluida la cámara 470 de mezcla a la cámara 480 de pistón.

5 La boquilla 410 puede tener un primer extremo 500 ubicado generalmente corriente arriba y un segundo extremo 510 ubicado generalmente corriente abajo. La boquilla 410 puede comprender una cavidad 520 de boquilla ubicada entre el primer extremo 500 y el segundo extremo 510, en donde la cavidad 520 de boquilla puede configurarse para proporcionar el pasaje del combustible 120 a través de la boquilla 410. Como se muestra en la figura 2A, la cavidad 520 de boquilla puede disminuir en diámetro, estrechándose mientras se extiende desde el primer extremo 500 al

10 segundo extremo 510. El segundo extremo 510 puede comprender un orificio 620 configurado para permitir que pase un flujo de combustible 120 desde la cavidad 520 de boquilla a la cámara 470 de mezcla. El orificio 620 puede estar conformado para proporcionar pulverización o distribución de flujo de combustible 120 en la cámara 470 de mezcla. El orificio 620 podría ubicarse en la superficie más extrema del segundo extremo 510 o generalmente ubicada dentro de una región corriente

15 abajo del segundo extremo 510. También se contempla que la abertura del orificio 620 puede comprender una forma de sección transversal de un cuadrado, rectángulo, círculo, triángulo u otra forma.

El primer extremo 500 de la boquilla 410 puede configurarse para recibir combustible 120 en la cavidad 520 de boquilla. En particular, el primer extremo 500 puede recibir al menos parte del pistón 420. En otras disposiciones, la boquilla 410 puede no recibir el pistón 420. Más bien el pistón 420 puede ser recibido por una porción del cuerpo 400 que se

20 conecta de manera fluida a la cavidad 520 de boquilla.

El pistón 420 puede configurarse para proporcionar el pasaje del combustible 120 desde el segundo pasaje 260 al primer extremo 500 de la boquilla 410. El pistón 420 también puede configurarse para controlar el flujo de combustible 120 que pasa a través del segundo pasaje 260 al primer extremo 500 de la boquilla 410 y fuera del orificio 620. En algunas realizaciones, el pistón 420 puede controlar el flujo de combustible 120 con base en una presión de escape 220 formada en la cámara 480 de pistón.

25

El pistón 420 puede estar construido de un metal, aleación de metal, material compuesto o material equivalente capaz de manejar aplicaciones de fluidos a alta presión y alta velocidad.

30

El pistón 420 puede ubicarse de manera deslizante en la cámara 480 de pistón formada dentro de la primera sección 440 del cuerpo. En otras disposiciones, el pistón 420 puede ubicarse de manera deslizante en la cámara 480 de pistón formada dentro de la segunda sección 450 del cuerpo o cuerpo 400 único que comprende una estructura única.

35

El pistón 420 puede deslizarse a lo largo de la superficie interna de la cámara 480 de pistón por medio de un cojinete o mecanismo equivalente mientras se mantiene un borde sellado. El borde exterior del pistón 420 se puede configurar para sellar herméticamente contra la superficie interior de la cámara 480 del pistón para evitar que el escape 220 pase por alto el pistón 420.

40

En una disposición alternativa, se puede utilizar un diafragma (no mostrado) para permitir el deslizamiento del pistón 420 en relación con la cámara 480 del pistón. Un sello de diafragma (no mostrado) se puede fijar a la pared externa del pistón 420 y a la pared interna de la cámara 480 del pistón.

45

Una fricción adecuada entre el pistón 420 y la superficie de la cámara 480 del pistón puede estar presente para evitar una oscilación rápida del pistón 420 en respuesta a las fluctuaciones de presión del escape 220. La cámara 480 de pistón puede tener una configuración generalmente cilíndrica para recibir el pistón 420. En otras disposiciones, la cámara 480 de pistón puede tener una forma diferente. Por ejemplo, la cámara 480 de pistón puede ser un cuadrado, óvalo o rectángulo configurado para recibir un pistón 420 que tiene una forma correspondiente.

50

El pistón 420 puede tener un primer extremo 540 que es el extremo corriente arriba y un segundo extremo 550 que es el extremo corriente abajo. El pistón 420 puede tener una cavidad 560 de pistón ubicada entre el primer extremo 540 y el segundo extremo 550 que proporciona un pasaje de fluido desde una región alrededor del primer extremo 540 al segundo extremo 550. El segundo extremo 550 puede conectarse de manera fluida con la cavidad 520 de boquilla.

55

El pistón 420 puede comprender una cabeza 530 de pistón. La cabeza 530 de pistón puede extenderse lateralmente desde una pared que rodea la cavidad 560 de pistón hacia la superficie interior de la cámara 480 de pistón. La cabeza 530 de pistón generalmente puede moverse a lo largo del eje 460 longitudinal en la cámara 480 del pistón. La cabeza 530 de pistón se puede configurar para un flujo de escape 220 en una superficie 570 de la cabeza del pistón. En particular, se puede ejercer una presión de escape 220 contra la superficie 570 de la cabeza del pistón para mover el pistón 420 longitudinalmente.

60

El primer extremo 540 del pistón 420 puede comprender un vástago 590 de válvula. El vástago 590 de válvula puede tener un extremo cónico configurado para acoplarse con un asiento 600 de válvula. Un pasaje 610 de entrada puede ubicarse en la región general del primer extremo 540. El pasaje 610 de entrada puede permitir que el combustible 120

65

que fluye desde el segundo pasaje 260 y pasa entre el asiento 600 de válvula y el vástago 590 de válvula fluya hacia la cavidad 560 de pistón.

5 Como se discutió anteriormente, el dispositivo 110 de recirculación puede configurarse para recibir combustible 120 a través del segundo pasaje 260 y combinar combustible 120 con el escape 220. El segundo pasaje 260 formado en la segunda sección 450 del cuerpo puede reducirse a un área de sección transversal estrecha antes que las paredes puedan expandirse aumentando el área de la sección transversal del segundo pasaje 260 formando el asiento 600 de válvula. El asiento 600 de válvula se puede configurar para enganchar el vástago 590 de válvula.

10 La cara periférica exterior del vástago 590 de válvula puede tener una forma tal que en la vecindad del primer extremo 540, su diámetro disminuya moviéndose hacia la superficie más externa del primer extremo 540. El vástago 590 de válvula puede terminar en un punto. Corriente abajo del primer extremo 540 puede haber un pasaje 610 de entrada que se extiende desde la superficie exterior del vástago 590 de la válvula a través de la pared del vástago 590 de la válvula hasta la cavidad 560 del pistón. El pasaje 610 de entrada puede permitir el combustible 120 del segundo pasaje 15 260 que pasa entre el asiento 600 de la válvula y el vástago 590 de válvula fluya dentro de la cavidad 560 de pistón. El combustible 120 puede fluir desde la cavidad 560 del pistón hasta el segundo extremo 550 y hacia la cavidad 520 de boquilla. Desde la cavidad 520 de boquilla, el combustible 120 puede fluir a través del orificio 620 hacia la cámara 20 470 de mezcla. Como resultado del trayecto de flujo del combustible 120 descrito anteriormente, el combustible 120 que pasa entre el asiento 600 de válvula y el vástago 590 de válvula pueden fluir hasta que alcanza la cámara 470 de mezcla donde puede mezclarse con el escape 220 formando combustible 200 mezclado.

El dispositivo 110 de recirculación puede funcionar de la siguiente manera. El escape 220 puede ejercer una presión contra la superficie 570 de la cabeza del pistón creando una fuerza 580 como se muestra en la figura 2B. La dirección corriente arriba de la fuerza 580 puede ser generalmente paralela al eje 460 longitudinal.

25 La fuerza 580 puede hacer que el pistón 420 y el vástago 590 de la válvula se deslicen hacia el segundo pasaje 260 y el asiento 600 de la válvula hacia arriba, generalmente a lo largo del eje 460 longitudinal. Por ejemplo, el pistón 420 y el vástago 590 de la válvula pueden deslizarse hacia arriba hasta que el vástago 590 de la válvula entre en contacto con el asiento 600 de válvula y las superficies se enganchan. Este enganchamiento puede bloquear completamente todo el flujo a través del segundo pasaje 260. En consecuencia, el área de la abertura entre el vástago 590 de la 30 válvula y el asiento 600 de la válvula se puede cambiar accionando el pistón 420 y el vástago 590 de la válvula a lo largo del eje 460 longitudinal. El movimiento del pistón 420 con relación al cuerpo 400 puede controlar la tasa de flujo de combustible 120 que fluye a través del segundo pasaje 260 y entre el asiento 600 de válvula y el vástago 590 de 35 válvula.

El combustible 120 que pasa entre el vástago 590 de la válvula y el asiento 600 de la válvula puede fluir a través del pasaje 610 de entrada hacia la cavidad 560 del pistón hacia la cavidad 520 de boquilla. Desde la cavidad 520 de boquilla, el combustible puede fluir a través del orificio 620 hacia la cámara 470 de mezcla. En la cámara 470 de 40 mezcla, el combustible 120 puede mezclarse con el escape 220. Finalmente, el combustible 120 puede salir del tercer pasaje 270 como combustible 200 mezclado al compartimento 140 anódico.

El combustible 120 que entra en el segundo pasaje 260 puede contactar el extremo cónico del vástago 590 de la válvula a medida que pasa a través del asiento 600 de la válvula. Como tal, el combustible 120 puede ejercer una presión contra la superficie cónica del vástago 590 de la válvula, creando una fuerza 630 de combustible como se muestra en la figura 2B. La fuerza 630 puede estar generalmente en una dirección corriente abajo a lo largo del eje 460 longitudinal. La suma de la fuerza 580 y la fuerza 630 de combustible puede determinar la posición del pistón 420 y el vástago 590 de la válvula en relación con el cuerpo 400. Las fuerzas 580, 630 de equilibrio controlan la tasa de 45 flujo de combustible 120 que fluye a través de la boquilla 410 y el orificio 620 y dentro de la cámara 470 de mezcla.

50 La figura 2B es una vista isométrica esquemática del pistón 420. La figura 2B muestra el área de superficie disponible de la cabeza 530 de pistón y el vástago 590 de la válvula junto con la fuerza 580 y una fuerza 630 de combustible que puede aplicarse al pistón 420 y al vástago 590 de la válvula.

En otras disposiciones, la fuerza 630 de combustible puede complementarse con un resorte (no mostrado). Tal resorte podría colocarse dentro de la cámara 480 de pistón. Por ejemplo, el resorte podría configurarse para ejercer fuerza 55 adicional contra el pistón 420 en una dirección corriente abajo. Esta dirección podría ser generalmente paralela al eje 460 longitudinal. Seleccionar el resorte puede establecer la presión de ánodo deseada que se requiere para accionar el pistón. En una disposición alternativa, el resorte (no mostrado) bajo la fuerza de la tensión puede utilizarse para complementar la fuerza 580.

60 La figura 3 muestra una realización del dispositivo 1010 de recirculación. Como en la figura 2, el dispositivo 1010 de recirculación puede comprender un cuerpo 700 y un pistón 710. Sin embargo, la realización divulgada en la figura 3 también puede tener una aguja 720.

## ES 2 749 671 T3

Similar al cuerpo 400 en la figura 2, el cuerpo 700 puede recibir un flujo de escape 220 en el primer pasaje 730 y combustible 120 en el segundo pasaje 740. Ambos flujos pueden mezclarse dentro del cuerpo 700 y descargarse como combustible 200 mixto desde el tercer pasaje 750 como se muestra en la figura 1.

5 El cuerpo 700 puede comprender una estructura con una cavidad 760 interna configurada para alojar el pistón 710. Por ejemplo, el cuerpo 700 puede comprender una primera sección 770 del cuerpo y una segunda sección 780 del cuerpo. Las secciones 770, 780 del cuerpo pueden estar acopladas entre sí utilizando diversos mecanismos como se describe anteriormente.

10 El pistón 710 puede configurarse para introducir un flujo de combustible 120 en la cámara 790 de mezcla similar a la boquilla 410 descrita anteriormente. Por ejemplo, el pistón 710 puede acelerar el combustible 120 a medida que fluye a través del pistón 710. El combustible 120 puede alcanzar la velocidad necesaria para arrastrar el escape 220 con el combustible 120 para permitir la mezcla dentro de la cámara 790 de mezcla. El pistón 710 puede proporcionar el pasaje del combustible 120 desde la aguja 720 a la cámara 790 de mezcla. El pistón 710 también puede controlar el flujo de combustible 120 a través del segundo pasaje 740 con base en la presión de escape 220 en la cavidad 760 interna aplicada contra el pistón 710.

20 El pistón 710 puede ubicarse de forma deslizante en la cavidad 760 interna formada en el cuerpo 700. El pistón 710 puede deslizarse a lo largo de la cavidad 760 interna por medio de un cojinete o mecanismo equivalente mientras mantiene un borde sellado. El cuerpo 700 se puede configurar para limitar el rango del pistón 710 puede deslizarse en la cavidad 760 interna. Puede haber una fricción adecuada entre el pistón 710 y la superficie de la cavidad 760 interna para evitar una oscilación rápida del pistón 710 en respuesta a las fluctuaciones de presión del escape 220.

25 El pistón 710 puede tener un primer extremo 800 ubicado generalmente corriente arriba y un segundo extremo 810 ubicado generalmente corriente abajo. El pistón 710 puede comprender una cavidad 820 de pistón ubicada entre el primer extremo 800 y el segundo extremo 810, en donde la cavidad 820 de pistón puede configurarse para recibir la aguja 720 y proporcionar el pasaje del combustible 130 a través del pistón 710.

30 El primer extremo 800 puede comprender una cabeza 830 de pistón configurada para recibir la aguja 720. La cabeza 830 de pistón puede configurarse para recibir presión de escape 220 en la superficie 840 de cabeza de pistón. El escape 220 puede ejercer una presión contra la superficie 840 de cabeza de pistón creando una fuerza 850 en una dirección generalmente corriente arriba.

35 El borde exterior de la cabeza 830 del pistón puede configurarse para sellar herméticamente contra la superficie de la cavidad 760 interna para evitar que el escape 220 pase por la superficie 830 de la cabeza del pistón.

40 El segundo extremo 810 del pistón 710 puede comprender el orificio 870 para permitir que el flujo de fluido pase desde la cavidad 820 del pistón a la cámara 790 de mezcla. El orificio 870 se puede conformar para proporcionar la distribución de rociado o flujo del combustible 120 en la cámara 790 de mezcla. Una parte de una superficie interna del orificio 870 puede configurarse específicamente para recibir una porción de aguja 720 a través del orificio 870.

45 El orificio 870 podría estar ubicado en el segundo extremo 810 de la superficie más o ubicado generalmente en la segunda región del extremo. La cavidad 820 del pistón en la región del segundo extremo 810 puede disminuir en diámetro, estrechándose mientras se extiende hacia el segundo extremo 810 creando una cavidad 880 interna estrecha. La cavidad 880 interna estrecha puede configurarse para recibir la aguja 720 y enganchar la superficie externa de la aguja.

50 La aguja 720 puede permitir el pasaje del combustible 120 desde el segundo pasaje 740 al pistón 710 de la cavidad 880 interna estrecha. La aguja 720 puede tener un primer extremo 890 ubicado generalmente corriente arriba y un segundo extremo 900 ubicado generalmente corriente abajo. La aguja 720 puede tener una cavidad 910 central de aguja ubicada entre el primer extremo 890 y el segundo extremo 900 que proporciona pasaje desde el primer extremo 890 hacia la región general del segundo extremo 900. La aguja 720 puede extenderse desde la segunda sección 780 del cuerpo corriente abajo generalmente paralela al eje 860 longitudinal a la región central general de la cámara 790 de mezcla.

55 El primer extremo 890 de la aguja 720 puede recibir combustible 120 del segundo pasaje 740 y permitir el flujo dentro de la cavidad 910 central de la aguja. La aguja 720 puede configurarse para insertarse de forma deslizante en la cavidad 820 del pistón hasta alcanzar la región general de la cavidad 880 interna estrecha.

60 En otras realizaciones, la aguja 720 puede ser una estructura separada que se puede acoplar a la primera sección 770 del cuerpo o al cuerpo 700.

65 Corriente arriba del segundo extremo 900, la aguja 720 puede tener un pasaje 920 de salida que permite el pasaje de un fluido desde la cavidad central de la aguja 910 a través de la pared de la aguja 720 hacia la cavidad 820 del pistón y el estrechamiento de la cavidad 880 interna. Parte de la aguja 720 en una proximidad del segundo extremo 900 puede reducirse, reduciendo así el diámetro de un área de la sección transversal de la aguja 720. El extremo más

corriente abajo de la aguja 720 puede incluir un punto. La sección ahusada de la aguja 720 puede configurarse para engancharse con la superficie de la cavidad 880 interna de estrechamiento y el orificio 870.

5 El dispositivo 1010 de recirculación puede funcionar de la siguiente manera. La fuerza 850, como se muestra en la figura 3B, se puede aplicar a la superficie 840 de la cabeza del pistón. Esto puede hacer que el pistón 710 se deslice generalmente hacia arriba. Esta dirección puede ser generalmente paralela al eje 860 longitudinal. El movimiento puede hacer que el segundo extremo 900 sobresalga de la cavidad 880 interna de estrechamiento a través del orificio 870 a medida que el pistón 710 se desliza corriente arriba. El pistón 710 puede deslizarse corriente arriba hasta que el segundo extremo 900 de la aguja 720 sobresalga a través del orificio 870. Este movimiento puede llenar el orificio 10 870, evitando o limitando el deslizamiento adicional y bloqueando el flujo a través del orificio 870. En consecuencia, el área de la abertura entre el pistón 710 de la cavidad 880 interna de estrechamiento y el segundo extremo 900 de aguja se puede cambiar. La modificación del área de abertura puede controlar la tasa de flujo de combustible 120 que pasa a través del orificio 870. El control del flujo de combustible 120 a través del orificio 870 puede controlar el flujo de combustible 120 que pasa a través del segundo pasaje 740.

15 Un resorte (no mostrado) puede colocarse dentro de la cavidad 760 interna y utilizarse para oponerse a la fuerza 850. Por ejemplo, el resorte podría configurarse para ejercer una fuerza 930 de resorte contra el pistón 830 en una dirección corriente abajo. Esta dirección podría ser generalmente paralela al eje 860 longitudinal. La suma de la fuerza 850 y la fuerza 930 de resorte puede determinar la posición del pistón 850. La posición del pistón 850 puede controlar la tasa de flujo de combustible 120 a través del orificio 870 en la cámara 790 de mezcla. El resorte se puede seleccionar para establecer una presión anódica a la cual se acciona el pistón 850.

20 En otras realizaciones, la fuerza 930 del resorte puede complementarse o reemplazarse por una fuerza hidráulica creada presionando la cavidad 760 interna corriente arriba del pistón 830.

25 Otras realizaciones de la invención serán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la consideración de la especificación y la práctica de la invención divulgada en el presente documento. Se pretende que la especificación y los ejemplos se consideren solo a modo de ejemplo.

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo (1010) de recirculación, que comprende:

un cuerpo (700) que comprende:

5 una primera sección (770) del cuerpo y una segunda sección (780) del cuerpo que forma una cavidad (760) interna en el cuerpo (700),  
al menos un primer pasaje (730) configurado para recibir un escape (220),  
al menos un segundo pasaje (740) configurado para recibir un combustible (120),  
al menos un tercer pasaje (750) configurado para recibir una mezcla (200) del escape (220) y el combustible (120),  
10 una cámara (790) de mezcla ubicada dentro del cuerpo (700) configurada para recibir el escape (220) y el combustible (120), y

un eje (860) longitudinal que se extiende desde el segundo pasaje (740) hasta el tercer pasaje (750); y

un pistón (710) ubicado de forma deslizante en la cavidad (760) interna formada en el cuerpo (700); y

en donde:

15 el pistón (710) comprende una cavidad (820) de pistón ubicada entre un primer extremo (800) y un segundo extremo (900), estando configurada la cavidad (820) de pistón para recibir una primera sección de aguja a través de la cavidad (820) de pistón, la cavidad (820) de pistón está configurada para dirigir el combustible (120) hacia un orificio (870) ubicado en el área de sección transversal más pequeña de la cavidad (820) central del pistón, y la superficie del pistón está configurada para recibir el escape, por lo que el pistón (710) es accionado a lo largo del eje (860) longitudinal del cuerpo por la presión de escape que controla el flujo de combustible (120) que pasa a través del orificio (870); la  
20 cámara (790) de mezcla está configurada para recibir el combustible (120) desde el orificio (870); y

el primer extremo (800) comprende una cabeza (830) de pistón configurada para recibir una aguja (720) y presión de escape (220) en una superficie (840) de cabeza de pistón creando una fuerza (850) en una dirección generalmente corriente arriba;

el dispositivo comprende además:

25 una aguja (720) acoplada fijamente al cuerpo (700) que comprende:

un primer extremo (890) que tiene un pasaje para recibir el combustible (120) que alimenta a una cavidad (910) central que se extiende hacia un segundo extremo (900); y

30 en la región general del segundo extremo (900), un pasaje (920) de salida que permite que el combustible (120) salga de la cavidad (910) central hacia la cavidad (820) de pistón; en donde el segundo extremo (900) se estrecha en la dirección corriente abajo por lo que la superficie de la sección de aguja cónica es paralela a la superficie interna cónica del pistón y está configurada para enganchar la superficie interna del pistón (710) a medida que el pistón actúa;

y se proporciona un resorte dentro de la cavidad (760) interna entre la segunda sección (780) del cuerpo y la cabeza (830) del pistón para ejercer una fuerza (930) contra la cabeza (830) del pistón para oponerse a la fuerza (850) en la superficie (840) de la cabeza del pistón;

35 caracterizado porque

el borde exterior de la cabeza (830) del pistón está configurado para sellar herméticamente contra la superficie interna de la cavidad (760); y

40 en donde la posición del pistón (710) se controla pasivamente de modo que la suma de la fuerza (850) en la superficie de la cabeza del pistón y la fuerza (930) del resorte, y opcionalmente una fuerza hidráulica que presiona la cavidad (760) interna corriente arriba de la cabeza (830) del pistón determina la posición del pistón (710) y la tasa de flujo del combustible (120) a través del orificio (870) en la cámara (790) de mezcla.

2. Un dispositivo (1010) de recirculación de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el dispositivo (1010) está configurado para funcionar dentro de un sistema (100) de celda de combustible.

## ES 2 749 671 T3

3. Un dispositivo (1010) de recirculación de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el combustible (120) expulsado del orificio (870) y el escape (220) es arrastrado y mezclado dentro de la cámara (790) de mezcla.
4. Un dispositivo (1010) de recirculación de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el escape (220) se descarga desde el compartimento (140) anódico de una celda (130) de combustible y el combustible (120) es un fluido que contiene hidrógeno.
- 5
5. Un dispositivo (1010) de recirculación de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la presión de entrada del escape (220) abastecida al primer pasaje (730) del dispositivo (1010) de recirculación varía entre aproximadamente 20,7 kPa (3 psig) y aproximadamente 4.14 kPa (60 psig) y la presión de combustible abastecida al segundo pasaje (740) del dispositivo (1010) de recirculación varía entre aproximadamente 207 kPa (30 psig) y aproximadamente 3,45 kPa (500 psig).
- 10
6. Un dispositivo (1010) de recirculación de acuerdo con la reivindicación 1, en donde al menos uno del combustible (120) y la velocidad de flujo de la mezcla están configurados para funcionar a velocidad supersónica.
7. Un dispositivo (1010) de recirculación de acuerdo con la reivindicación 1, en donde cuando la aguja (720) entra en el orificio (870), su área se reduce hasta que la aguja (720) llena el orificio (870) y sella el flujo del combustible (120).
- 15

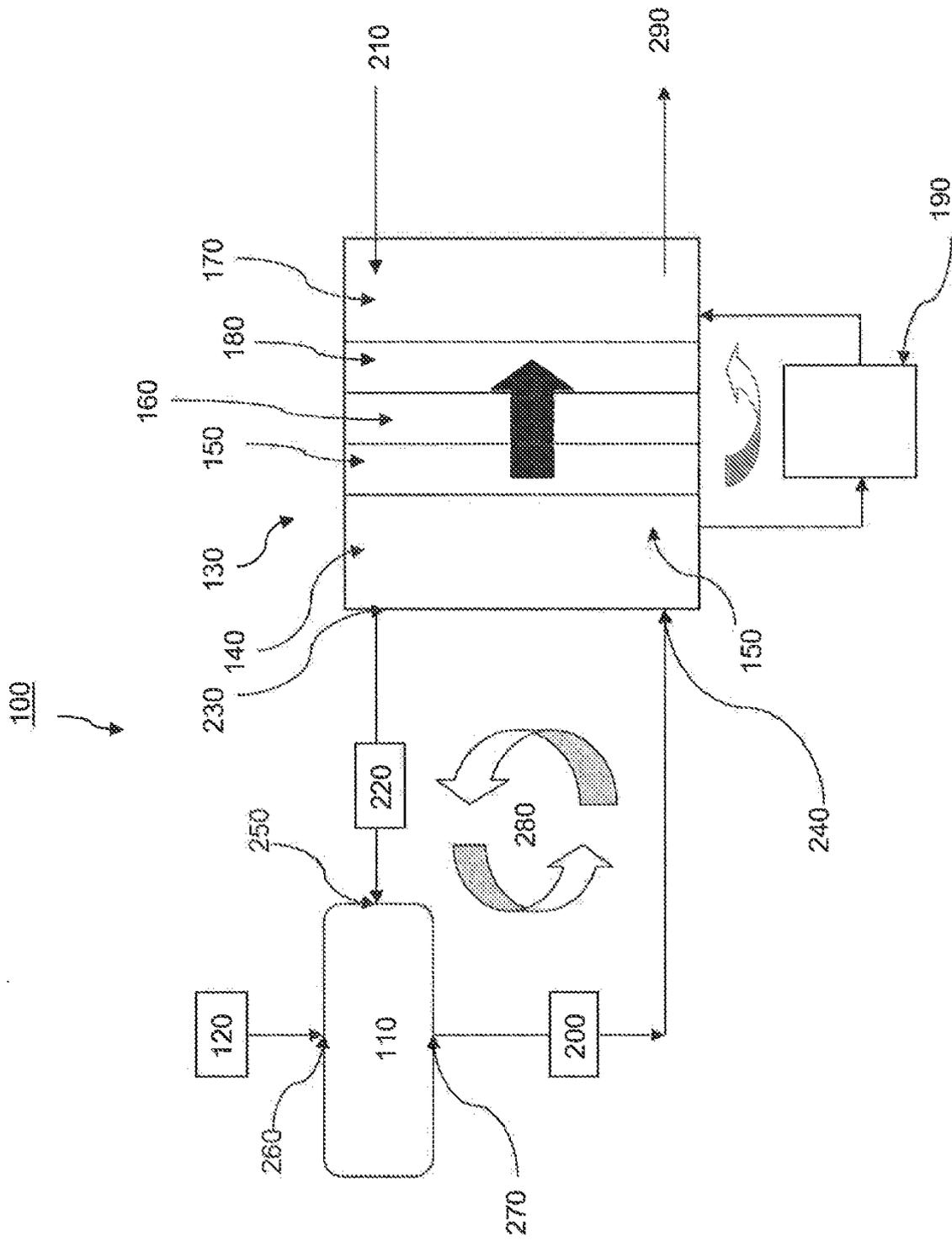
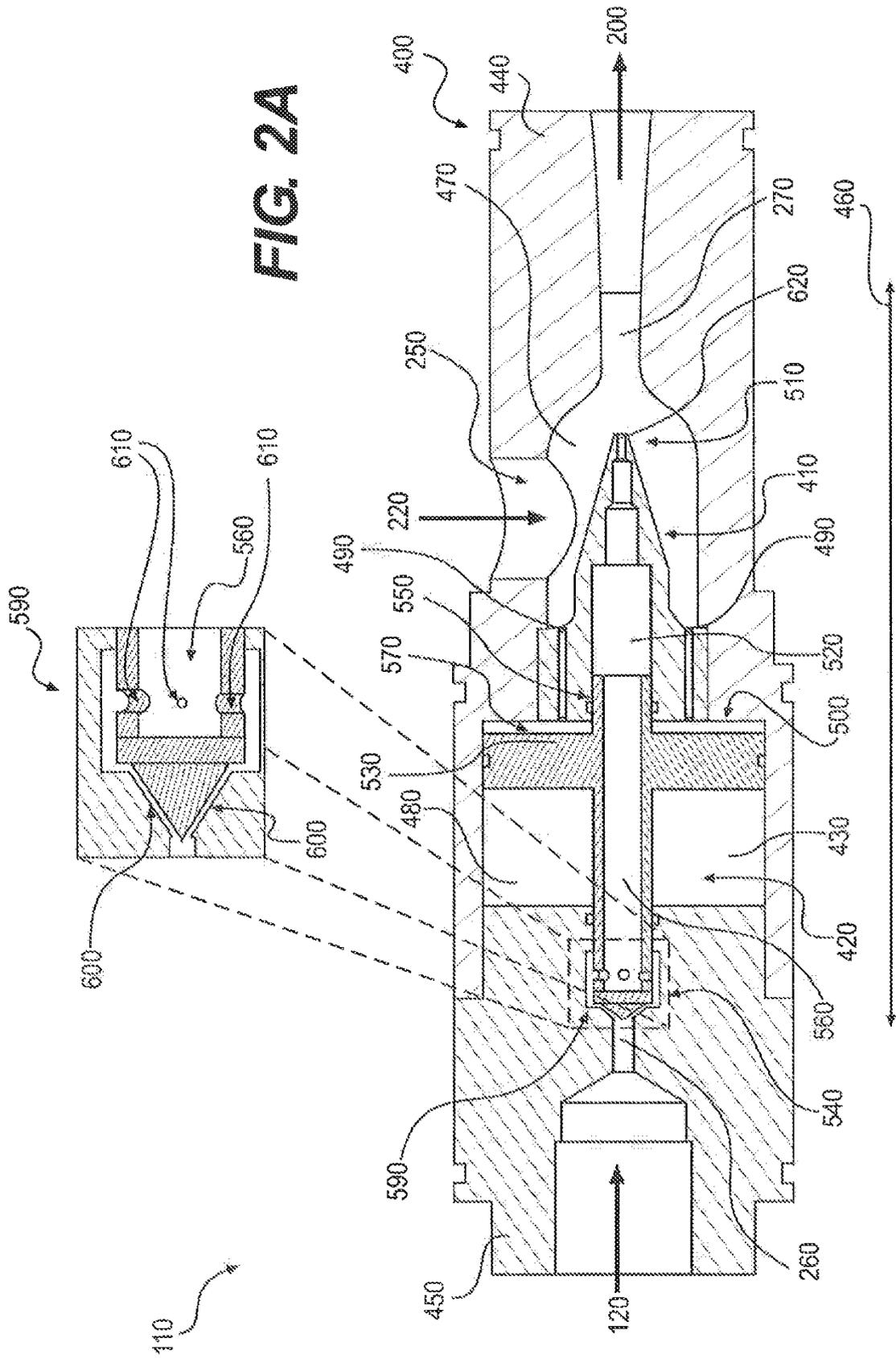
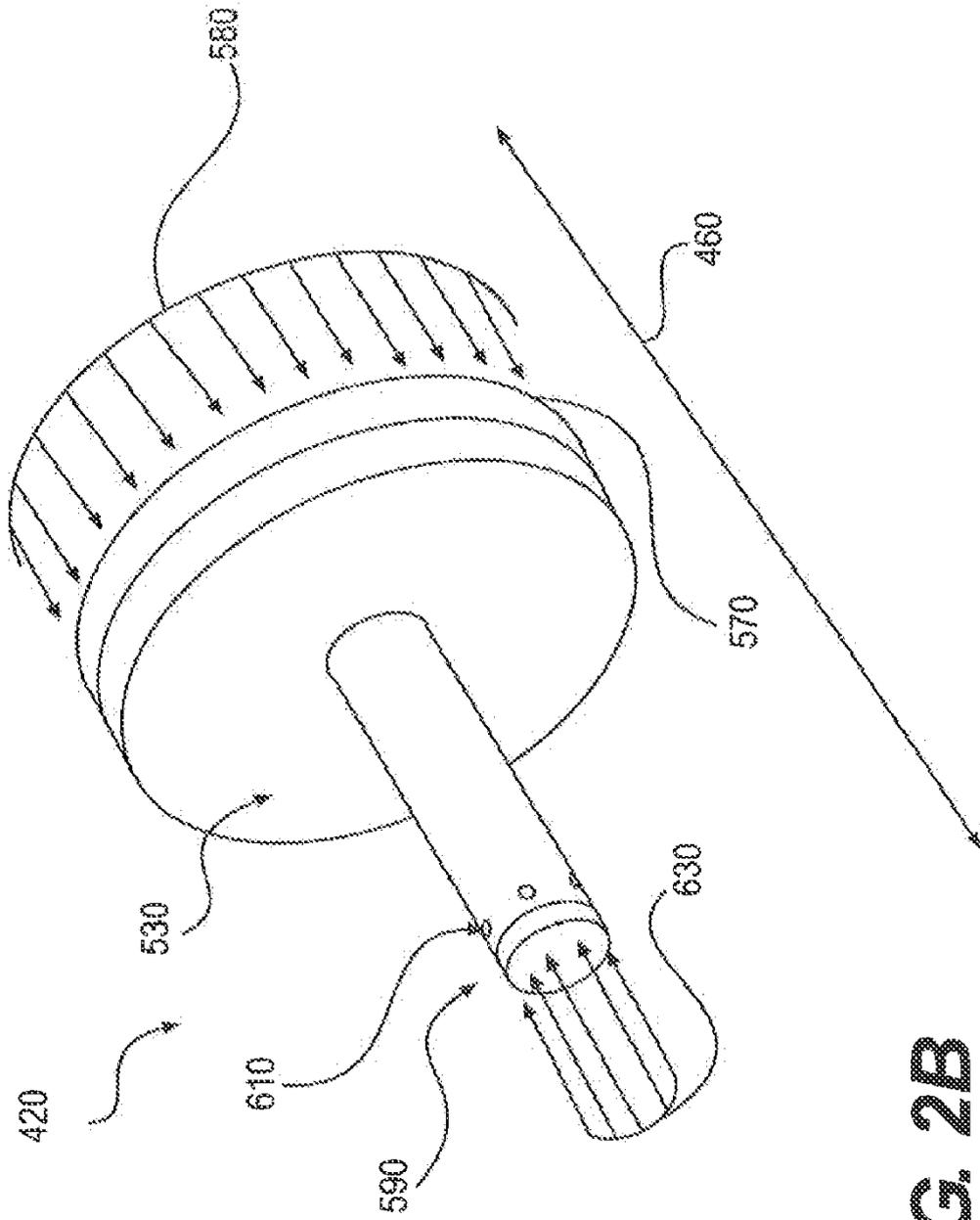


FIG. 1





**FIG. 2B**

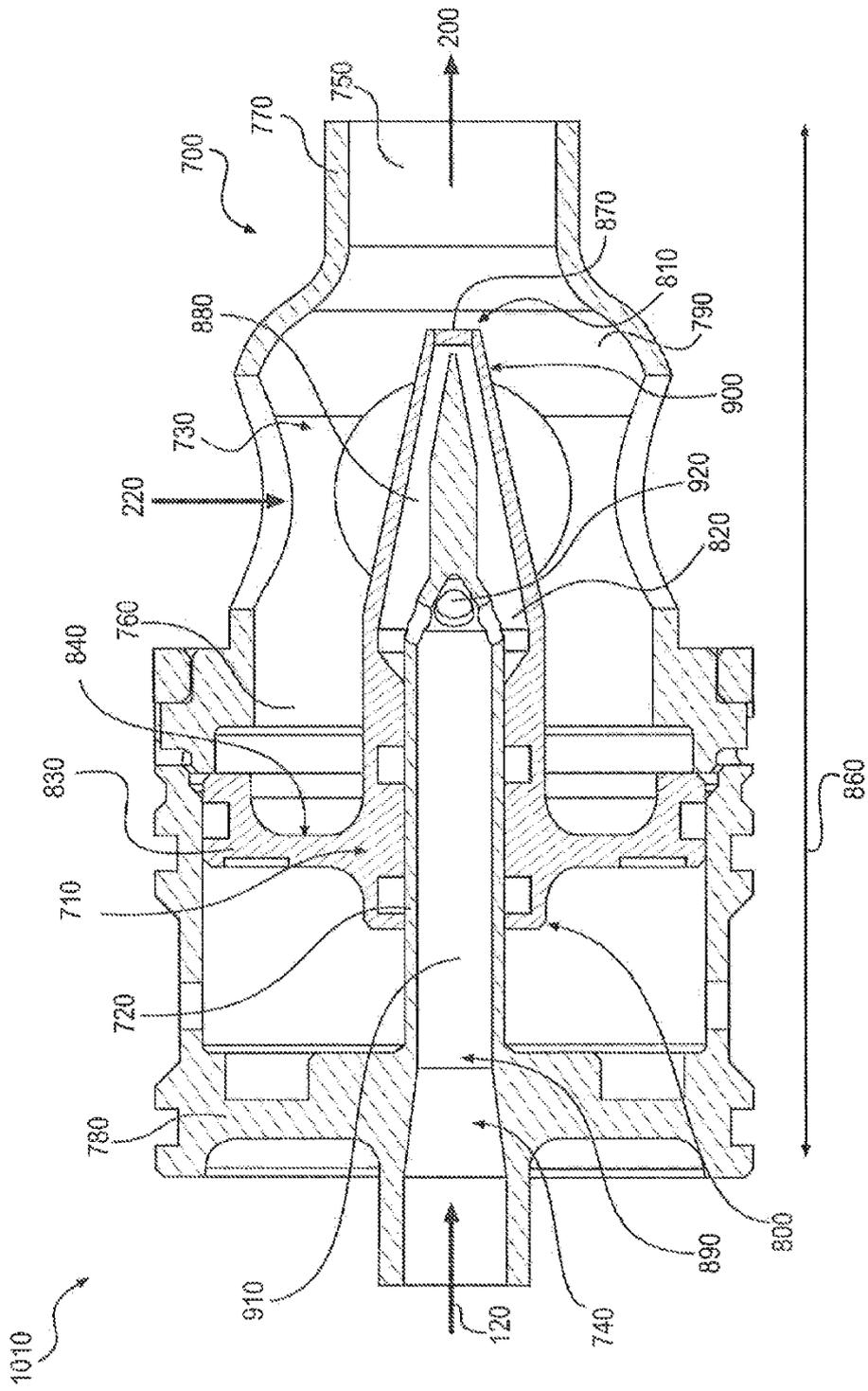


FIG. 3A

