

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 710 656**

51 Int. Cl.:

**F22B 31/00** (2006.01)

**F23C 10/00** (2006.01)

**F23C 10/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.04.2014 PCT/US2014/033199**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.10.2014 WO14168881**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.04.2014 E 14783173 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2018 EP 2984407**

54 Título: **Alimentador de combustible de doble fase para calderas**

30 Prioridad:

**11.04.2013 US 201361810960 P**

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

**26.04.2019**

73 Titular/es:

**THE BABCOCK & WILCOX COMPANY (100.0%)  
20 S. Van Buren Avenue  
Barberton, OH 44203-0351, US**

72 Inventor/es:

**DESELLEM, JAMES, F.;  
HEIL, KARL, M.;  
YODER, JEREMIAH, J.;  
LARUE, ALBERT, D.;  
MARYAMCHIK, MIKHAIL y  
STIRGWOLT, WILLIAM, R.**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 710 656 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

Alimentador de combustible de doble fase para calderas.

5 REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

Esta solicitud reivindica prioridad a la solicitud provisional estadounidense n.º de serie 61/810,960, presentada el 11 de abril de 2013, titulada "Dual Phase Fuel Feeder For Boilers".

10 ANTECEDENTES

Los párrafos siguientes se refieren a la combustión de productos de desecho, materiales de biomasa y otros materiales combustibles, y a un alimentador de combustible para introducir dichos productos o materiales en una caldera de lecho fluidizado, por ejemplo, una caldera de lecho fluidizado burbujeante (BFB) o lecho fluidizado circulante (CFB), o para una unidad cargadora, y a calderas de lecho fluidizado para la combustión de dichos productos y materiales que emplean un alimentador de este tipo y a las técnicas relacionadas.

20 Durante la combustión, la energía química de un combustible se convierte en calor térmico dentro del horno de una caldera. El calor térmico se capta a través de las superficies absorbentes de calor en la caldera para producir vapor. Los combustibles utilizados en el horno incluyen una amplia gama de sustancias sólidas, líquidas y gaseosas. La combustión transforma el combustible en un gran número de compuestos químicos. En algunas aplicaciones, los subproductos de residuos sólidos de biomasa se utilizan como combustible para la caldera de lecho fluidizado.

25 Las calderas de lecho fluidizado son una manera de quemar combustibles sólidos. En términos generales, una caldera de lecho fluidizado incluye un lecho formado a partir de una altura apilada de partículas sólidas. Debajo del lecho se encuentra una matriz de distribución de gas de fluidización, por ejemplo, un sistema con fondo abierto o un sistema de fondo plano. Un sistema con fondo abierto se caracteriza por conductos de distribución ampliamente espaciados en los cuales se montan tapas de burbujas de aire para distribuir gas fluidizante (típicamente aire) bajo presión para fluidizar el lecho. En un sistema de fondo plano, los conductos de distribución forman el fondo de la caldera. A velocidades de gas suficientes, las partículas sólidas presentan propiedades de tipo líquido.

35 En referencia a la Figura 1, una caldera de lecho fluidizado burbujeante (BFB) 8 ilustrativa de diseño conocido (disponible en Babcock & Wilcox Power Generation Group, Barberton, Ohio, EE. UU.) incluye un lecho burbujeante 10 sobre el cual se suministra el combustible 12 a través de un alimentador 14 que comprende una boquilla con barrido de aire. El lecho fluidizado 10 comprende adecuadamente partículas sólidas tales como, por ejemplo, arena. Un horno de combustión hermético al gas (solo la parte inferior de la cual se muestra en la Figura 1) incluye paredes herméticas al gas refrigeradas con agua 16, 17. El aire se introduce en el lecho burbujeante 10 a través de los conductos de aire 18, y las tapas de burbujas espaciadas 20 facilitan la eliminación de impurezas grandes. En un sistema de eliminación de cenizas bajo lecho 22, el material de las impurezas se desplaza hacia abajo y se enfría antes de ser eliminado a través de las tolvas de la parte inferior 24 en un sistema de transporte adecuado o similar (no se muestra). El calor de la combustión en el lecho fluidizado 10 calienta el agua en los tubos de las paredes del gas de combustión 16, 17 los cuales pueden accionar un generador de vapor u otro trabajo útil. En algunas enseñanzas, el agua en los tubos del gas de combustión 16, 17 fluye en un recorrido de recirculación en circuito cerrado (que normalmente incluye una línea de reposición de agua). La caldera BFB 8 ilustrativa de la Figura 1 es simplemente un ejemplo, y los sistemas de alimentación descritos y otras enseñanzas descritas se incorporan fácilmente en calderas de lecho fluidizado de diversos diseños, tales como los diseños BFB y CFB, unidades cargadoras, etc. En algunas enseñanzas, el alimentador 14 puede pasar a través de una pared del horno refractario no refrigerado con agua (por ejemplo, una pared de horno de ladrillo) en lugar de a través de la pared del tubo 16 como en la enseñanza ilustrativa de la Figura 1, o a través de cualquier otro tipo de pared de caldera. Se contempla que la pared del horno a través de la cual pasa el alimentador 14 incluya características adicionales tales como material de aislamiento térmico, una carcasa exterior, etc.

55 Dichas calderas pueden procesar una amplia gama de materiales de desechos, incluidos desechos de madera, corteza, lodos de papel, papel reciclado, lodos de aguas residuales y diversos materiales de biomasa, sedimentos sobrantes de la producción de etanol a partir de maíz (u otra biomasa). Para el funcionamiento de la caldera BFB, el alimentador 14 debe suministrar el combustible 12 al lecho 10 sin quemarse en suspensión. Esto es relativamente sencillo de conseguir con el combustible sólido, pero es más difícil de conseguir con el combustible líquido, especialmente si se atomiza para aumentar el área de superficie. Un enfoque existente para procesar residuos líquidos es incorporarlo a los residuos sólidos antes de suministrar la mezcla líquida/sólida a la caldera BFB. Sin embargo, este enfoque complica la manipulación del material ya que la mezcla húmeda puede ser difícil de mover y manipular. Otro enfoque existente es inyectar el líquido directamente en el lecho burbujeante, típicamente desde el fondo. Este enfoque puede generar concentraciones irregulares y química sobre el lecho, que puede conllevar la aglomeración del material del lecho.

65 Sería deseable proporcionar la capacidad de usar múltiples fuentes de combustible en una caldera, particularmente una caldera de lecho fluidizado. Esto ampliaría la gama de combustibles que podrían utilizarse.

El documento DE 44 31 366 A1 describe un sistema de alimentación de combustible en una unidad de combustión de lecho fluidizado cargada a presión.

5 El documento GB 2 286 345 A describe la alimentación de un lecho fluidizado.

**BREVE DESCRIPCIÓN**

10 En algunas enseñanzas ilustrativas descritas en esta invención, un alimentador de combustible incluye una rampa inclinada que tiene una base configurada para conectarse con una caldera, boquillas de distribución de gas configuradas para inyectar gas en la base con el gas inyectado orientado para propulsar combustible sólido que alimenta la rampa inclinada de una caldera a la que se conecta la base de la rampa inclinada, y unas boquillas secundarias diferentes de las boquillas de distribución de gas y configuradas para inyectar fluido para mezclar con el combustible sólido después de que el combustible sólido ha alimentado la rampa inclinada. En algunas enseñanzas, 15 se conecta una fuente de combustible líquido o particulado con las boquillas secundarias para configurar las boquillas secundarias que inyectan combustible líquido o particulado para mezclar con combustible sólido después de que el combustible sólido ha alimentado la rampa inclinada. En algunas enseñanzas, las boquillas secundarias comprenden boquillas atomizadoras. En algunas enseñanzas, las boquillas secundarias están dispuestas para inyectar fluido para mezclarse con el gas inyectado en la base mediante las boquillas de distribución de gas. En 20 algunas enseñanzas, las boquillas secundarias están dispuestas por encima de las boquillas de distribución de gas y están configuradas para inyectar fluido en la rampa inclinada. En algunas enseñanzas, las boquillas secundarias están configuradas para inyectar fluido en la base de la rampa inclinada. En algunas enseñanzas, las boquillas secundarias están configuradas para inyectar fluido en las boquillas de distribución de gas. En algunas enseñanzas, las boquillas secundarias están dispuestas por debajo de las boquillas de distribución de gas y están configuradas 25 para inyectar fluido en la base de la rampa inclinada. Una placa puede estar dispuesta en la base y dispuesta para separar el gas inyectado en la base de la rampa inclinada mediante las boquillas de distribución de gas del fluido inyectado en la base de la rampa inclinada mediante las boquillas secundarias.

30 En algunas enseñanzas ilustrativas descritas en esta invención, un aparato incluye un alimentador de combustible como se expone en el párrafo inmediatamente anterior, y una caldera de lecho fluidizado a la que está conectada la base de la rampa inclinada del alimentador de combustible. La caldera de lecho fluidizado incluye un lecho en el que el alimentador de combustible conectado está configurado para eliminar el combustible sólido que alimenta la rampa inclinada y se mezcla con el fluido inyectado mediante las boquillas secundarias.

35 En algunas enseñanzas ilustrativas descritas en esta invención, un procedimiento comprende: alimentar combustible sólido en una rampa inclinada conectada con una caldera; al mismo tiempo que se alimenta, se inyecta un gas propulsor en la base de la rampa inclinada para propulsar el combustible sólido que alimenta la rampa inclinada sobre un lecho de la caldera; y, simultáneamente, con la alimentación y la inyección del gas de propulsión, inyectar un segundo fluido que es diferente del gas de propulsión para mezclar el segundo fluido con el combustible sólido 40 después de que el combustible sólido ha alimentado la rampa inclinada. En algunas enseñanzas, el segundo fluido se inyecta en la rampa inclinada. En algunas enseñanzas el segundo fluido se inyecta en las boquillas de distribución de gas utilizadas para realizar la inyección del gas de propulsión. En algunas enseñanzas, el segundo fluido comprende un combustible líquido o particulado. En algunas enseñanzas, el segundo fluido comprende un subproducto de la producción de etanol. En algunas enseñanzas, la inyección del gas de propulsión y la inyección 45 del segundo fluido operan de forma cooperativa para mezclar el gas de propulsión y el segundo fluido. En algunas enseñanzas, el procedimiento comprende además operar la caldera para quemar el combustible sólido que alimenta la rampa inclinada, mezclado con el segundo fluido y propulsado sobre el lecho de la caldera mediante el gas de propulsión inyectado. En estas enseñanzas, el funcionamiento de la caldera también puede combustionar el segundo fluido mezclado con el combustible sólido que se propulsa sobre el lecho de la caldera. 50

En algunas enseñanzas ilustrativas descritas en esta invención, un alimentador de combustible de doble fase comprende: una rampa inclinada que tiene un extremo superior y un extremo inferior, el extremo inferior que está próximo a una base del alimentador de combustible, la rampa que define un recorrido de alimentación sólida; las boquillas de distribución de gas ubicadas en la base del alimentador de combustible para dirigir un gas en el 55 recorrido de alimentación sólida; y las boquillas secundarias ubicadas de manera que puedan dirigir un líquido, gas o partículas en el recorrido de alimentación sólida. En algunas enseñanzas, las boquillas secundarias se colocan entre el extremo inferior de la rampa inclinada y las boquillas de distribución de gas. En algunas enseñanzas, una placa define la base del alimentador de combustible, y la placa puede ubicarse opcionalmente entre las boquillas de distribución de gas y las boquillas secundarias. En algunas enseñanzas, las boquillas secundarias son giratorias de modo que se pueda cambiar el ángulo al que se dirige el líquido o las partículas. En algunas enseñanzas, las boquillas secundarias alimentan las boquillas de distribución de gas. En algunas enseñanzas, las boquillas secundarias están ubicadas cerca del extremo superior de la rampa inclinada. En algunas enseñanzas, las boquillas secundarias pueden alimentarse de forma independiente por una fuente de líquido volátil y por una fuente de agua. 60 En algunas enseñanzas, las boquillas secundarias están dispuestas en un patrón escalonado en relación con las boquillas de distribución de gas. 65

Los aspectos de la invención particulares se exponen en las reivindicaciones adjuntas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

5 A continuación hay una breve descripción de los dibujos, que se presentan para los fines de ilustrar las realizaciones descritas en esta invención y no para los fines de limitar las mismas.

La Figura 1 muestra esquemáticamente una caldera ilustrativa de lecho fluidizado burbujeante (BFB) de un diseño conocido.

10 La Figura 2 muestra esquemáticamente una vista en perspectiva en sección transversal de un alimentador de combustible de fase sólida convencional.

La Figura 3 muestra esquemáticamente el alimentador de combustible convencional de la Figura 2 visto desde el interior de la caldera.

15 La Figura 4 muestra esquemáticamente una vista lateral en sección transversal de una realización de un alimentador de combustible de doble fase tal como se describe en esta invención.

La Figura 5 muestra esquemáticamente el alimentador de combustible de la Figura 4 visto desde el interior de la caldera.

La Figura 6 muestra un diagrama de la caldera y el alimentador de combustible de doble fase de las Figuras 4 y 5.

20 La Figura 7 muestra esquemáticamente una vista lateral en sección transversal de otra realización de un alimentador de combustible de doble fase tal como se describe en esta invención.

La Figura 8 muestra esquemáticamente una vista lateral en sección transversal de otra realización de un alimentador de combustible de doble fase tal como se describe en esta invención.

La Figura 9 muestra esquemáticamente una vista lateral en sección transversal de otra realización no reivindicada de un alimentador de combustible de doble fase tal como se describe en esta invención.

25 La Figura 10 muestra esquemáticamente una vista lateral en sección transversal de otra realización de un alimentador de combustible de doble fase tal como se describe en esta invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

30 Se puede obtener una comprensión más completa de los componentes, procedimientos y aparatos descritos en este documento por referencia a los dibujos adjuntos. Estas figuras son simplemente representaciones esquemáticas en base a la comodidad y facilidad de demostrar la presente divulgación y, por lo tanto, no están destinados a indicar el tamaño y las dimensiones relativas de los dispositivos o los componentes de la misma y/o definir o limitar el alcance de las realizaciones ejemplares.

35 Si bien se usan términos específicos en la siguiente descripción en aras de la claridad, estos términos están destinados a referirse solo a la estructura particular de las realizaciones seleccionadas para la ilustración de los dibujos, y no están destinados a definir o limitar el alcance de la divulgación. En los dibujos y en la siguiente descripción, se ha de entender que las designaciones numéricas similares se refieren a los componentes de una función similar.

Las formas singulares "un", "una" y "el/la" incluyen referencias plurales a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

45 Tal como se utiliza en la memoria descriptiva y en las reivindicaciones, el término "que comprende" puede incluir las realizaciones "que consisten en" y "que consiste fundamentalmente en". Los términos "comprende(n)", "incluye(n)", "con", "tiene", "puede", "contiene(n)" y las variantes de los mismos, tal como se usan en esta invención, están destinados a ser frases, términos o palabras de transición abiertas que requieren la presencia de los componentes/etapas denominadas y permiten la presencia de otros componentes/etapas. Sin embargo, dicha descripción debe interpretarse como que también describe composiciones o procedimientos igual a "que consiste en" y "que consiste fundamentalmente en" los componentes/etapas enumerados, lo que permite la presencia de solo los componentes/etapas denominados, y excluye otros componentes/etapas.

50 Todos los intervalos descritos en esta invención incluyen el punto final mencionado y pueden combinarse de manera independiente (por ejemplo, el intervalo de "de 2 vatios a 10 vatios" incluye los puntos finales, 2 vatios y 10 vatios, y todos los valores intermedios). Debe entenderse que los valores numéricos incluyen valores numéricos que son los mismos cuando se reducen al mismo número de cifras significativas y valores numéricos que difieren del valor establecido en menos del error experimental de la técnica de medición convencional del tipo descrito en la presente solicitud para determinar el valor.

60 Tal como se usa en esta invención, se puede aplicar un lenguaje aproximado para modificar cualquier representación cuantitativa que pueda variar sin resultar en un cambio en la función básica con la que está relacionada. Por consiguiente, un valor modificado por un término o términos, como "aproximadamente" y "sustancialmente", no puede estar limitado al valor exacto especificado. El modificador "aproximadamente" también debe considerarse que describe el intervalo definido por los valores absolutos de los dos puntos finales. Por ejemplo, la expresión "de aproximadamente 2 a aproximadamente 4" también describe el intervalo "de 2 a 4".

Algunos de los términos utilizados en esta invención son términos relativos. Los términos "entrada" y "salida" son relativos a un fluido que fluye a través de ellos con respecto a una estructura dada, por ejemplo, un fluido fluye a través de la entrada hacia la estructura y fluye a través de la salida hacia fuera de la estructura. Los términos "fase anterior" y "fase posterior" son relativos a la dirección en la que un fluido fluye a través de varios componentes, es decir, los fluidos fluyen a través de la fase anterior de un componente antes de fluir a través de la fase posterior de un componente. Obsérvese que en un bucle, un primer componente puede describirse como que está en una fase anterior y en una fase posterior de un segundo componente.

Los términos "horizontal" y "vertical" se utilizan para indicar la dirección en relación con una referencia absoluta, es decir, el nivel del suelo. Sin embargo, no se debe interpretar que estos términos requieren que las estructuras sean absolutamente paralelas o absolutamente perpendiculares entre sí. Por ejemplo, una primera estructura vertical y una segunda estructura vertical no son necesariamente paralelas entre sí. Los términos "superior" e "inferior" o "base" se usan para referirse a las superficies donde la parte superior siempre es más alta que la parte inferior/base en relación con una referencia absoluta, es decir, la superficie de la tierra. Los términos "hacia arriba" y "hacia abajo" también son relativos a una referencia absoluta; hacia arriba siempre está contra la gravedad de la tierra.

En la medida en que las explicaciones de cierta terminología o principios de la caldera y/o las técnicas del generador de vapor puedan ser necesarias para comprender la presente divulgación, se remite al lector a *Steam/its generation and use*, 40ª edición, Stultz y Kitto, Eds. Copyright 1992, The Babcock & Wilcox Company, y a *Steam/its generation and use*, 41ª edición, Kitto y Stultz, Eds., Copyright 2005, The Babcock & Wilcox Company.

La Figura 2 muestra una ilustración en perspectiva de una sección transversal de un alimentador de combustible de fase sólida convencional 110 que puede emplearse, por ejemplo, como el alimentador 14 de la caldera BFB ilustrativa 8 de la Figura 1. El alimentador de combustible 110 está unido a la caldera ubicada en una zona generalmente designada por el número de referencia 100, y pasa a través de una pared de tubo 102. De forma alternativa, el alimentador de combustible 110 puede pasar a través de una pared de horno refractaria (por ejemplo, ladrillo) u otra pared de caldera. El alimentador de combustible 110 está diseñado solo para combustibles sólidos y tiene una rampa inclinada 120. El combustible sólido alimenta la parte superior 122 de la rampa y se desliza hacia abajo en la parte inferior 124 de la rampa hacia la caldera y entra en contacto con una placa 160. En la base 130 de la rampa a lo largo de la placa, se colocan las boquillas de distribución de gas 140. Estas boquillas dirigen un gas, como el aire, que propulsa y distribuye el combustible sólido fuera de la placa y sobre/dentro del lecho fluidizado (véase la Figura 1, que muestra el lecho 10 ilustrativo). El gas se suministra a las boquillas de distribución 140 a través de una tubería de suministro de gas 142 que entra desde el lado izquierdo del alimentador de combustible en el ejemplo ilustrativo. La Figura 3 muestra una vista del alimentador de combustible 110 visto desde el interior de la caldera. Las boquillas de aire 140 son visibles en la base 130, al igual que el punto de salida de la rampa y la placa 160.

Con una caldera de lecho fluidizado, como la caldera BFB ilustrativa 8 de la Figura 1, se desea que el combustible se queme dentro del lecho, no mientras está en suspensión sobre el lecho cuando se inyecta en la caldera por el flujo de aire generado mediante las boquillas de distribución 140. Esto no es difícil de conseguir para el combustible sólido, que es relativamente denso y se hundirá de manera relativamente rápida hacia abajo en el lecho.

Sin embargo, con un combustible líquido o un combustible de partículas finas (que actúa como un gas), puede ser difícil asegurar que el combustible entre en el lecho.

Un procedimiento convencional es pulverizar el combustible líquido sobre el combustible sólido en el depósito de combustible antes de introducir el combustible sólido en la rampa inclinada 120. Si bien es adecuado para pequeñas cantidades (hasta un 10% de la entrada de calor), este procedimiento no ha funcionado bien en grandes cantidades debido a problemas creados al mover el combustible sólido húmedo desde el depósito de combustible a la caldera. Otro método tradicional es inyectar el combustible líquido directamente en el lecho, típicamente desde el fondo debajo del lecho. Esto también crea problemas debido a la concentración del combustible líquido en pequeñas zonas del lecho fluidizado, lo que puede causar la aglomeración del material del lecho. Este procedimiento de inyectar combustible líquido directamente en el lecho está limitado por su baja capacidad para distribuir uniformemente el combustible líquido por todo el lecho, así como por restringir la posible química del combustible líquido debido a la mala distribución.

Existe un interés en quemar diversos flujos de residuos de biomasa que son combustibles de oportunidad en fase líquida. La capacidad de quemar eficazmente dichos flujos de residuos de biomasa de forma segura y económica amplía la gama de combustibles que se pueden utilizar en una caldera de lecho fluidizado.

Por ejemplo, algunos subproductos de la producción de etanol a partir de biomasa incluyen el jarabe, grano húmedo de destilería (DWG), grano seco de destilería (DDG) y la torta del filtro de lignina (LFC). El término "jarabe" es sinónimo de "grano de vinote con solubles" y típicamente contiene de 20% a 40% de sólidos. El término "grano húmedo de destilería" a veces también se denomina "torta húmeda", y se refiere a un subproducto que contiene grano residual y un mínimo de aproximadamente el 65% de humedad. El término "grano húmedo de destilería" se

refiere a (DWG) que se ha secado para contener menos del 50% de humedad. El término "torta del filtro de lignina" se refiere al producto de residuos sólidos del procedimiento de etanol celulósico. El término "grano seco de destilería con solubles" (DDGS) se refiere a DDF y jarabe combinados. Se contempla que estos subproductos podrían usarse como un combustible que se puede quemar en una caldera. Estos combustibles subproductos de residuos están presentes tanto en forma sólida como líquida.

Sin embargo, el combustible de residuos de etanol es un buen ejemplo de un combustible líquido que debe quemarse en el lecho fluidizado en lugar de quemarse en suspensión. El jarabe pasa por una fase "plástica" cuando se somete a temperaturas superiores a 250 °F. Esta fase plástica retarda el procedimiento de combustión lo suficiente de manera que las partículas de la fase plástica en suspensión tengan el tiempo suficiente para adherirse a cualquier superficie próxima, lo que conlleva el ensuciamiento.

Los alimentadores de combustible de doble fase descritos en esta invención se usan adecuadamente para introducir combustibles de fase líquida dentro del lecho fluidizado de una manera predecible y controlable. En los alimentadores de combustible de doble fase descritos, se incluye un conjunto de boquillas secundarias en el alimentador de combustible, junto con las boquillas de distribución que inyectan aire. Estas boquillas secundarias se utilizan para dirigir un líquido o partículas a la caldera. Se contempla que, en funcionamiento, las boquillas de distribución de gas del alimentador de combustible ayudarán a arrastrar el líquido o las partículas de manera que entren en contacto con el combustible sólido y sean transportadas al lecho fluidizado junto con el combustible sólido. La distribución del combustible líquido se puede ajustar alterando las presiones de gas o líquido, así como mediante un diseño adecuado del número y la ubicación de las boquillas secundarias que se están utilizando. Además, otros aditivos o compuestos que mejoran el rendimiento pueden introducirse en el lecho fluidizado mediante las boquillas secundarias. Este alimentador de combustible de doble fase se puede utilizar con un lecho fluidizado burbujeante (BFB), un lecho fluidizado circulante (CFB), una caldera con cargador u otra caldera de lecho fluidizado.

En referencia a la Figura 4, se muestra una primera realización ilustrativa de un alimentador de combustible de doble fase 310 en una vista lateral en sección transversal, que puede ser adecuadamente sustituida por el alimentador convencional 14 de la caldera BFB 8 de la Figura 1 a fin de modificar la caldera BFB 8 para que utilice tanto flujos de combustible sólido como líquido. El alimentador de combustible 310 pasa a través de una abertura formada en una pared del tubo del horno 302 que se ilustra en la Figura 4 con fines de representación con un solo tubo. De forma alternativa, el alimentador de combustible 310 puede pasar a través de una pared de horno refractaria (por ejemplo, ladrillo) u otra pared de caldera. El alimentador de combustible 310 incluye una rampa inclinada 320, un conjunto de boquillas de distribución de gas 340 y un conjunto de boquillas secundarias 350. Una placa 360 define la base 330 del alimentador de combustible 310. La rampa inclinada 320 tiene un extremo superior 322 y un extremo inferior 324, el extremo inferior que está próximo a la base 330 del alimentador de combustible (es decir, la placa). El combustible sólido sigue un recorrido de alimentación sólida 325 desde el extremo superior 322 hasta el extremo inferior 324 y hacia la caldera. Las boquillas de distribución de gas 340 están situadas en la base 330 del alimentador de combustible 310 y dirigen un gas hacia el recorrido de alimentación sólida 325. El gas suele ser aire, aunque también podría ser un flujo de gas enriquecido o empobrecido en oxígeno. El gas inyectado a través de las boquillas de distribución de gas 340 se utiliza para distribuir el combustible sólido alimentado a través de la rampa 320 por todo el lecho fluidizado 304 (por ejemplo, el lecho burbujeante 10 de la caldera BFB ilustrativa 8 de la Figura 1).

Las boquillas secundarias 350 se colocan de manera que dirijan un combustible líquido o particulado hacia el recorrido de alimentación sólida 325. En la realización de la Figura 4, las boquillas secundarias 350 se colocan entre el extremo inferior 324 de la rampa inclinada 320 y las boquillas de distribución de gas 340. En consecuencia, el combustible líquido o particulado inyectado mediante las boquillas secundarias 350 se inyecta en el flujo de gas alimentado mediante las boquillas de distribución de gas 340. Se espera que para esta configuración, el flujo de líquido o partículas inyectadas mediante las boquillas secundarias 350 sea arrastrada por el gas, haciendo que el líquido o las partículas entren en contacto con el combustible sólido y sean transportadas al lecho 304 con el combustible sólido. En algunas realizaciones, las boquillas secundarias 350 comprenden boquillas atomizadoras que atomizan el líquido o las partículas para aumentar la zona superficial expuesta y acelerar la velocidad de combustión. En otras realizaciones, tales como las que emplean etanol como combustible, el tamaño de las gotitas de líquido preferiblemente se maximiza, en cuyo caso preferiblemente no se emplean boquillas atomizadoras. Se pueden usar múltiples puntos de inyección para distribuir uniformemente el combustible líquido por todo el combustible sólido, y se pueden colocar de modo que el combustible sólido capture cualquier partícula líquida que sea lo suficientemente pequeña como para permanecer en suspensión. Como se muestra más adelante en la Figura 4, las boquillas de distribución de gas 340 son suministradas por una tubería de suministro de gas 342, y las boquillas secundarias 350 son suministradas por una tubería de suministro secundario 352. En la realización de la Figura 4, las tuberías de suministro están desplazadas entre sí; como se ilustra en esta invención, las líneas 341 que alimentan las boquillas de distribución de gas son más largas que las líneas 351 que alimentan las boquillas secundarias. Por lo tanto, la tubería de suministro de gas y la tubería de suministro secundario pueden, si se desea, alimentarse desde el mismo lado del alimentador de combustible o alimentarse desde lados opuestos. En la realización de la Figura 4, las boquillas de distribución de gas 340 y las boquillas secundarias 350 están situadas aproximadamente paralelas entre sí. En general, el gas y el líquido que salen de las boquillas salen en un patrón en forma de cono en expansión, en lugar de en patrones de flujo paralelos que no interactúan. En algunas realizaciones, se contempla que las boquillas secundarias 350 son giratorias a lo largo de un eje horizontal, de modo

que el ángulo al que se dirige el líquido de salida o el combustible particulado se puede ajustar (por ejemplo, para apuntar hacia arriba o hacia abajo). Esto se indica esquemáticamente en la Figura 4 mediante una flecha curvilínea 305. Por ejemplo, este ajuste se puede usar para inclinar las boquillas secundarias 350 aún más en el flujo de gas de las boquillas de distribución de gas 340 si se desea una mayor interacción para un líquido determinado o un tipo de combustible particular; o, a la inversa, el ajuste 305 se puede usar para inclinar las boquillas secundarias 350 alejándolas del flujo de gas de las boquillas de distribución de gas 340 para que su salida circule más directamente hacia el recorrido de alimentación sólida 325 y entre en contacto con el combustible sólido más directamente (es decir, con menos interacción con el flujo de gas).

La Figura 5 muestra una vista del alimentador de combustible 310 visto desde dentro de la caldera (es decir, una vista análoga a la que se muestra en la Figura 3 para el alimentador convencional 110). La Figura 5 muestra la adición de las boquillas secundarias 350, que están escalonadas en relación con las boquillas de distribución de gas 340. Las boquillas secundarias 350 se muestran en esta invención en una hilera que está separada de las boquillas de distribución de gas 340, y con una boquilla secundaria colocada entre cada par de boquillas de distribución de gas adyacentes.

La Figura 6 muestra esquemáticamente ciertas partes de la caldera 300 con el alimentador de combustible de doble fase 310 de las figuras 4 y 5, incluida la tubería de suministro de gas 342 que alimenta las boquillas de distribución de gas 340 y la tubería de suministro secundario 352 que alimenta las boquillas secundarias 350. En la Figura 6 esquemática, una fuente de gas 344 alimenta la tubería de suministro de gas 342, que alimenta las boquillas de distribución de gas 340. En la realización ilustrativa de la Figura 6, la tubería de suministro secundario 352 es alimentada por dos fuentes separadas, concretamente, una fuente de líquido volátil 354 y una fuente de agua 356. La fuente de líquido volátil 354 proporciona un combustible líquido, que se puede generar a modo de ejemplo ilustrativo mediante el procesamiento de un material de biomasa, por ejemplo, durante la producción de etanol de maíz (u otra biomasa). Se contempla que el alimentador de combustible 310 pueda incluir o ser supervisado por un sensor de humedad de combustible 358 ubicado dentro de la caldera 300, y el control del flujo de agua desde la fuente de agua 356 hacia el flujo de combustible a través de la tubería de suministro secundario 352 y las boquillas secundarias 350 se contempla que será utilizado para humedecer el combustible sólido a un contenido de humedad deseado, por ejemplo para reducir las emisiones de NOx.

La Figura 7 muestra esquemáticamente una vista en sección transversal lateral de una realización ilustrativa de un alimentador de combustible de doble fase en el que las boquillas secundarias 350 alimentan directamente las boquillas de distribución de gas 340. De este modo, el combustible líquido alimenta directamente el gas, que arrastra el líquido y entra en contacto con el líquido sólido. La Figura 8 muestra esquemáticamente una vista en sección transversal lateral de una realización ilustrativa de un alimentador de combustible de doble fase en el que las boquillas secundarias 350 están próximas al extremo superior 322 de la rampa inclinada 320.

Esta realización coloca el combustible líquido o particulado de las boquillas secundarias 350 en contacto con el recorrido de alimentación sólida 325 en un punto anterior del flujo en comparación con cuando el recorrido de alimentación sólida 325 interactúa con la salida de gas mediante las boquillas de distribución de gas 340, y se espera que facilite el transporte de partículas finas del combustible líquido por el combustible sólido.

La Figura 9 muestra esquemáticamente una vista en sección transversal lateral de una realización ilustrativa no reivindicada de un alimentador de doble fase en el que las boquillas secundarias 350 están ubicadas debajo de la base 330, de modo que la placa 360 separa las boquillas secundarias 350 de las boquillas de distribución de gas 340. Esta realización reduce el efecto del gas inyectado mediante las boquillas de distribución de gas 340 sobre la dispersión del combustible líquido inyectado mediante las boquillas secundarias 350, y por ejemplo puede ser útil para reducir el efecto potencial de la atomización del combustible líquido por interacción con el gas de las boquillas de distribución de gas.

Los alimentadores de combustible de doble fase descritos en esta invención pueden comprender además sensores diseñados para ayudar a determinar el estado del lecho fluidizado, la caldera y los diversos combustibles que se están alimentando. Por ejemplo, se pueden proporcionar sensores de radiación, sensores químicos, sensores térmicos o sensores acústicos para detectar radioactividad, sustancias químicas en particular, combustión y/o ruido. Dichos sensores, si se proporcionan, se utilizan adecuadamente para la medición o la supervisión. Otro sensor contemplado es una cámara utilizada para proporcionar datos visuales. La Figura 6 incluye un ejemplo ilustrativo de dicho sensor, concretamente, el sensor de humedad ilustrativo 358.

Las boquillas secundarias 350 pueden usarse de forma adicional o alternativa para introducir reactivos sólidos, gaseosos o líquidos a través del alimentador de combustible de doble fase para el control de emisiones u otros fines. Por ejemplo, la piedra caliza podría añadirse al lecho 304 donde se calienta para producir óxido de calcio. El óxido de calcio se combina con el dióxido de azufre y la mitad de una molécula de oxígeno para formar sulfato de calcio sólido ( $2\text{CaO} + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CaSO}_4$ ), eliminando los compuestos de azufre del gas de combustión durante el procedimiento de combustión. La eliminación de compuestos de azufre significa que hay menos agentes corrosivos dentro del lecho 304 para corroer las superficies del sobrecalentador. Esto también reduce el potencial de corrosión.

La temperatura del lecho de sólidos 304 y/o el gas de combustión dentro de la caldera del lecho fluidizado se puede controlar cambiando la distribución de combustible dentro del lecho 304, cambiando la distribución de alimentación de aire dentro del lecho (véase la Figura 1, especialmente los conductos de aire 18 y tapas de burbujas 20), y/o controlar la cantidad de oxígeno suministrada al lecho (por ejemplo, aumentando la cantidad de gas de combustión pobre en oxígeno reciclado a través del lecho).

Las realizaciones ilustrativas de alimentador de doble fase de la Figura 4 o la Figura 9 son, por ejemplo, adecuadas para su uso con etanol como combustible líquido. Las realizaciones ilustrativas de alimentador de doble fase de la Figura 7 o la Figura 8 son, por ejemplo, adecuadas para su uso con una cantidad relativamente pequeña de combustible de residuos líquidos, o para la distribución de un reactivo químico.

El número de boquillas secundarias 350 en el alimentador de doble fase puede ser mayor que el número necesario para una aplicación dada. Se contempla que una boquilla secundaria o un grupo de boquillas secundarias se puedan girar dentro y fuera de servicio para combatir el taponamiento o la coquización. Cuando se dejan fuera de servicio, la o las boquillas pueden limpiarse con vapor y/o agua para eliminar cualquier acumulación. En un enfoque, el flujo se supervisa y la presión necesaria para conseguir el flujo de combustible de residuos deseado se puede usar para identificar una boquilla o un grupo de boquillas que se están obstruyendo o coquinando y que se deben dejar fuera de servicio para su limpieza. Las boquillas de distribución de gas 340 y/o las boquillas secundarias 350 pueden controlarse individualmente o en grupo utilizando las configuraciones de colector y/o encabezamiento adecuadas y válvulas para accionar boquillas individuales o grupos de boquillas.

En algunas realizaciones, el aire de las boquillas de distribución de gas 340 puede ayudar en la dispersión del combustible de residuos líquidos inyectado mediante las boquillas secundarias 350, de modo que los dispositivos de dispersión restrictiva en el o los extremos de la o las boquillas secundarias (por ejemplo, boquillas atomizadoras) puede que no sea necesarios, lo que reduce el potencial y/o la prolongación del tiempo necesario entre las limpiezas de las boquillas. En otras realizaciones (véase, por ej., la Figura 9), se proporciona una interacción mínima entre la salida de combustible líquido o particulado mediante las boquillas secundarias 350 y la salida de gas mediante las boquillas de distribución de gas 340. En general, la posición inicial de las boquillas secundarias 350 con respecto a las boquillas de distribución de gas 340 se elige o diseña adecuadamente en base a las características del combustible de residuos u otro combustible líquido o particulado inyectado mediante las boquillas secundarias 350 y la cantidad de dispersión deseada.

Como se ha mencionado antes, en algunas realizaciones, el ángulo de las boquillas secundarias es ajustable (véase el ajuste 305 indicado esquemáticamente en la Figura 4). El patrón de pulverización también se puede configurar para controlar la combustión de la suspensión y la distribución en el lecho fluidizado. El patrón/dispersión de pulverización óptima depende del tipo de combustible de residuos. Por ejemplo, si el combustible de residuos es un producto de residuo líquido de etanol celulósico, entonces se utiliza preferiblemente un patrón/dispersión mínimos.

Se puede usar agua y/o vapor para limpiar las boquillas secundarias 350 (o una boquilla seleccionada o un conjunto de boquillas) cada vez que queden fuera de servicio. Un sistema de control (no se muestra) está configurado opcionalmente para activar automáticamente la limpieza con agua y/o vapor en caso de emergencia. En algunas realizaciones, las válvulas de combustible de residuos están configuradas para que se cierren en caso de fallo y las válvulas de vapor y/o agua están configuradas para que se abran en caso de fallo para asegurar que cualquier pérdida de señal/potencia haga que el combustible de residuos sea retirado de servicio y las boquillas secundarias se limpien automáticamente.

En referencia a la Figura 10, como se ha señalado anteriormente, el alimentador de combustible de doble fase descrito se puede conectar a cualquier tipo de pared de caldera. Como otro ejemplo ilustrativo, en la Figura 10 se muestra nuevamente el alimentador de combustible de las Figuras 4 y 5, que incluye una rampa inclinada 320 con los extremos superior e inferior 322, 324, boquillas de distribución de gas 340 y líneas conectadas 341 y tubería de gas 342, boquillas secundarias 350 y sus líneas conectadas 351 y tubería de suministro secundaria 352, base y placa 330, 360. El alimentador de combustible se ilustra en la Figura 10 conectado a una caldera que incluye el lecho 304 como en la Figura 4. Sin embargo, en la Figura 10, el alimentador de combustible pasa a través de una estructura de pared refractaria 400 que comprende una pared de ladrillo/refractaria 402, un aislamiento exterior 404 y una carcasa 406. Esto es de nuevo meramente un ejemplo ilustrativo y, más generalmente, los alimentadores de combustible de doble fase descritos pueden usarse junto con cualquier tipo de caldera de lecho fluidizado y pueden conectarse a cualquier tipo de pared de caldera.

La presente divulgación se ha descrito en referencia a las realizaciones ejemplares. Obviamente, a los demás se les ocurrirán modificaciones y alteraciones tras la lectura y comprensión de la descripción detallada anterior. Se pretende que la presente divulgación se interprete como que incluye todas las modificaciones y alteraciones en la medida en que estén dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un alimentador de combustible de doble fase (310) que comprende:

5 una rampa inclinada (320) que tiene un extremo superior (322) y un extremo inferior (324), estando el extremo inferior próximo a una base (330) del alimentador de combustible, definiendo la rampa un recorrido de alimentación sólida (325);

caracterizado por:

10 unas boquillas de distribución de gas (340) ubicadas entre la base del alimentador de combustible y el extremo inferior de la rampa inclinada para dirigir un gas hacia el recorrido de alimentación sólida; y  
unas boquillas secundarias (350) colocadas encima de la base del alimentador de combustible para poder inyectar un combustible líquido o particulado en el recorrido de alimentación sólida.

15 2. El alimentador de combustible de la reivindicación 1 en el que las boquillas secundarias se colocan entre el extremo inferior de la rampa inclinada y las boquillas de distribución de gas.

20 3. El alimentador de combustible de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que las boquillas secundarias son: giratorias de modo que se puede cambiar el ángulo al que se dirige el líquido o el combustible particulado; o configuradas para alimentar las boquillas de distribución de gas; o ubicadas cerca del extremo superior de la rampa inclinada; o configuradas para alimentarse de forma independiente por una fuente de líquido volátil y por una fuente de agua; o para alimentarse de forma independiente por una fuente de líquido volátil y por una fuente de agua, y también estar conectadas a un sensor de humedad del combustible; o dispuestas en un patrón escalonado en  
25 relación con las boquillas de distribución de gas.

4. Un aparato que comprende:

el alimentador de combustible de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 en el que:

30 las boquillas de distribución de gas están configuradas para inyectar gas en la base con el gas inyectado orientado para propulsar combustible sólido que alimenta la rampa inclinada en una caldera a la que está conectada la base del alimentador de combustible, y  
Las boquillas secundarias están configuradas para inyectar el combustible líquido o particulado que se mezclará  
35 con el combustible sólido después de que el combustible sólido ha alimentado la rampa inclinada.

5. El aparato de la reivindicación 4 que comprende además uno seleccionado de entre el grupo que comprende:

40 una fuente de combustible líquido conectada con las boquillas secundarias, tales como boquillas atomizadoras, para configurar las boquillas secundarias para que inyecten combustible líquido para mezclar con combustible sólido después de que el combustible sólido ha alimentado la rampa inclinada; y  
una fuente de combustible particulado conectada con las boquillas secundarias para configurar las boquillas secundarias para que inyecten combustible particulado para mezclar con combustible sólido después de que el  
45 combustible sólido ha alimentado la rampa inclinada.

6. El aparato de la reivindicación 4 o 5, en el que las boquillas secundarias son una o más seleccionadas de entre el grupo que comprende: dispuestas para inyectar combustible líquido o particulado para mezclarse con el gas inyectado en la base mediante las boquillas de distribución de gas; dispuestas por encima de las boquillas de distribución de gas y están configuradas para inyectar combustible líquido o particulado en el alimentador de combustible, por ejemplo, en el que las boquillas secundarias están configuradas para inyectar combustible líquido o  
50 particulado en la base del alimentador de combustible; y dispuestas por debajo de las boquillas de distribución de gas y están configuradas para inyectar combustible líquido o particulado en la base del alimentador de combustible.

7. El aparato de la reivindicación 4 o 5 en el que las boquillas secundarias están dispuestas debajo de las boquillas de distribución de gas y están configuradas para inyectar combustible líquido o particulado en la base del alimentador de combustible.

8. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7 en el que:

60 las boquillas de distribución de gas están configuradas para inyectar gas en la base con el gas inyectado orientado horizontalmente para propulsar combustible sólido que alimenta la rampa inclinada en una caldera a la que está conectada la base del alimentador de combustible; y  
las boquillas secundarias están dispuestas por encima o por debajo de las boquillas de distribución de gas y están configuradas para inyectar combustible líquido o particulado en la rampa inclinada.

65

9. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10 que comprende además:

una caldera de lecho fluidizado a la que está conectada la base del alimentador de combustible, la caldera de lecho fluidizado que incluye un lecho en el que el alimentador de combustible conectado está configurado para eliminar el combustible sólido que alimenta la rampa inclinada y se mezcla con el combustible líquido o particulado inyectado mediante las boquillas secundarias.

10. Un procedimiento que comprende:

alimentar combustible sólido en una rampa inclinada de un alimentador de combustible que tiene una base conectada con una caldera, la rampa inclinada que tiene un extremo superior y un extremo inferior, el extremo inferior próximo a la base del alimentador de combustible; al mismo tiempo que se alimenta, inyectar un gas de propulsión en la base del alimentador de combustible de la rampa inclinada para propulsar el combustible sólido que se alimenta hacia la rampa inclinada sobre un lecho de la caldera, en el que el gas de propulsión se inyecta a través de las boquillas de distribución de gas dispuestas entre el extremo inferior de la rampa y la base del alimentador de combustible; y simultáneamente con la alimentación y la inyección del gas de propulsión, se inyecta un segundo fluido que es diferente del gas de propulsión para mezclar el segundo fluido con el combustible sólido en el alimentador de combustible después de que el combustible sólido ha alimentado la rampa inclinada, en el que el segundo fluido se inyecta a través de boquillas secundarias dispuestas por encima de la base del alimentador de combustible, y en el que el segundo fluido es un combustible líquido o particulado.

11. El procedimiento de la reivindicación 10 en el que la inyección del segundo fluido comprende:

inyectar el segundo fluido en la rampa inclinada para mezclar el segundo fluido con el combustible sólido después de que el combustible sólido ha alimentado la rampa inclinada.

12. El procedimiento de la reivindicación 11 en el que el segundo fluido se inyecta en una fase anterior o en una fase posterior de la rampa inclinada del gas de propulsión a lo largo de la rampa inclinada.

13. El procedimiento de la reivindicación 10, 11 o 12 en el que la inyección del segundo fluido comprende:

inyectar el segundo fluido en las boquillas de distribución de gas utilizadas para realizar la inyección del gas de propulsión.

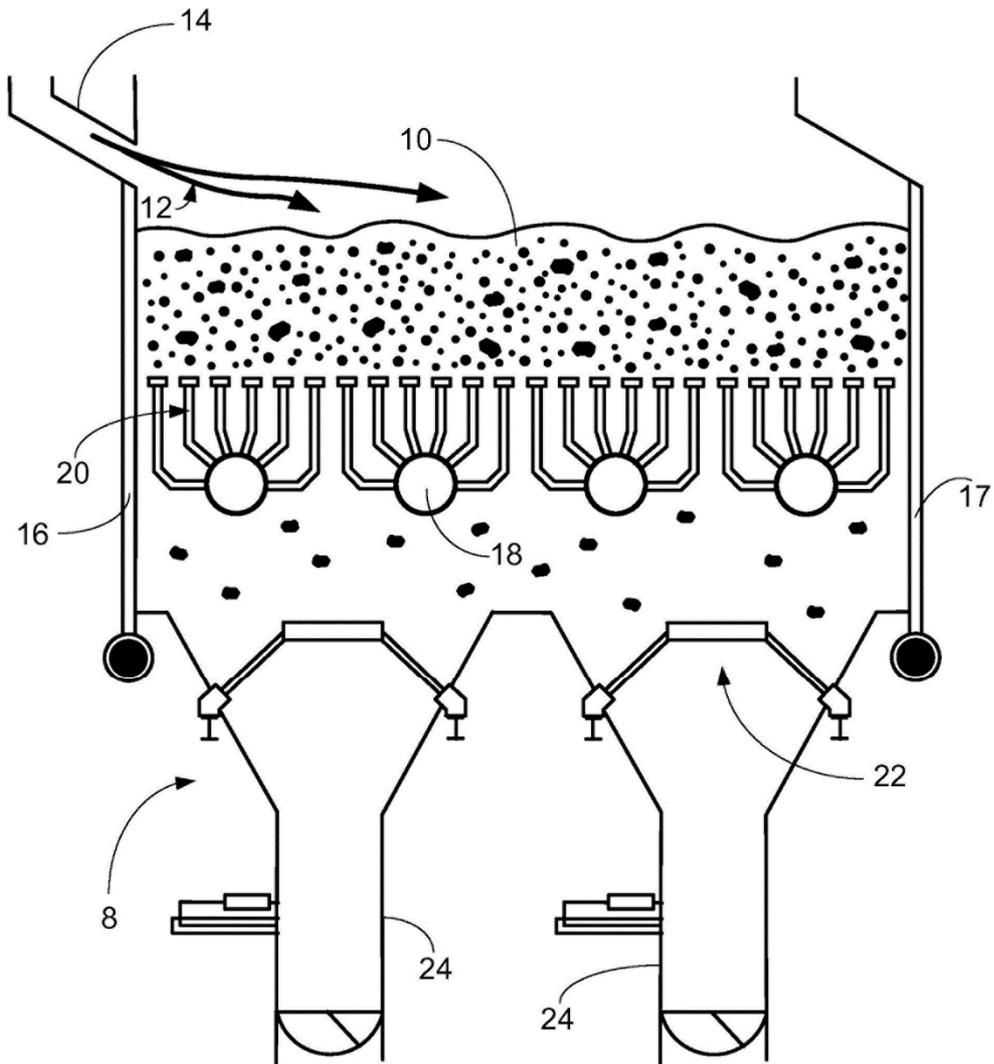
14. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, en el que la inyección del segundo fluido incluye atomizar el combustible líquido a medida que se inyecta; o en el que el segundo fluido es un subproducto de la producción de etanol.

15. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, en el que la inyección del gas de propulsión y la inyección del segundo fluido operan de forma cooperativa para mezclar el gas de propulsión y el segundo fluido.

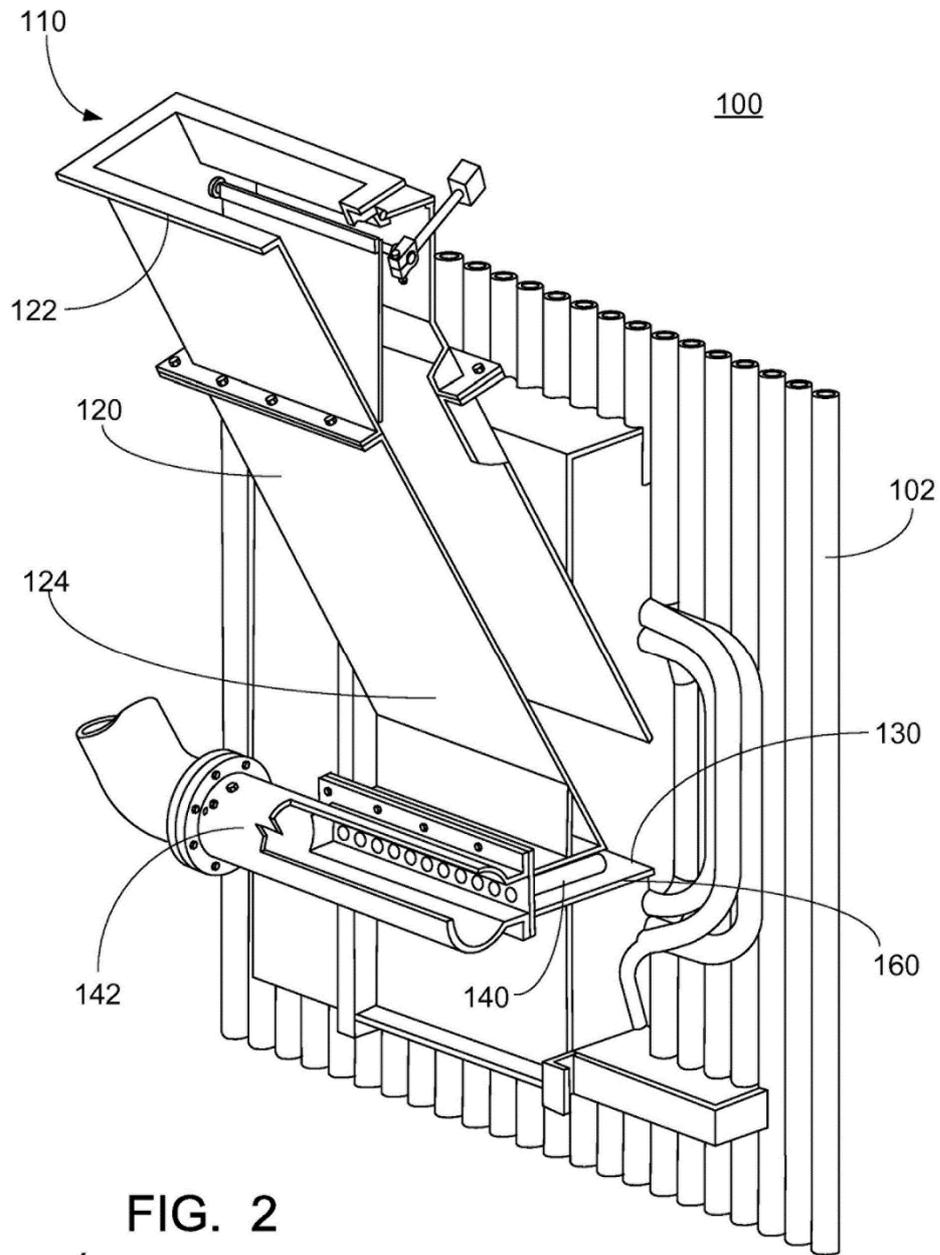
16. El procedimiento de las reivindicaciones 10 a 15 que además comprende:

operar la caldera para combustionar el combustible sólido que alimenta la rampa inclinada, mezclado con el segundo fluido y propulsado sobre el lecho de la caldera mediante el gas de propulsión inyectado.

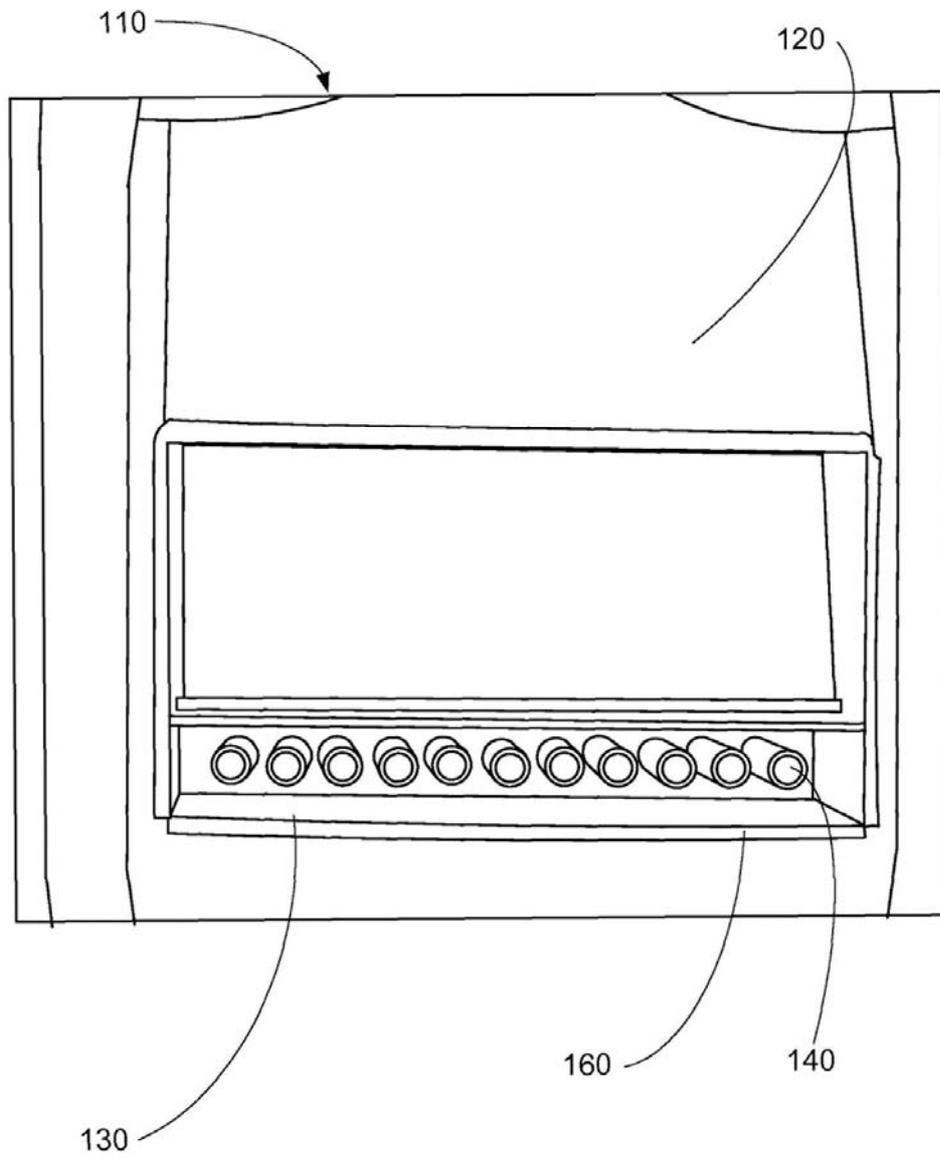
17. El procedimiento de la reivindicación 16 en el que el funcionamiento de la caldera también combustiona el segundo fluido mezclado con el combustible sólido que se propulsa sobre el lecho de la caldera.



**FIG. 1**  
(TÉCNICA ANTERIOR)



**FIG. 2**  
(TÉCNICA ANTERIOR)



**FIG. 3**  
(TÉCNICA ANTERIOR)

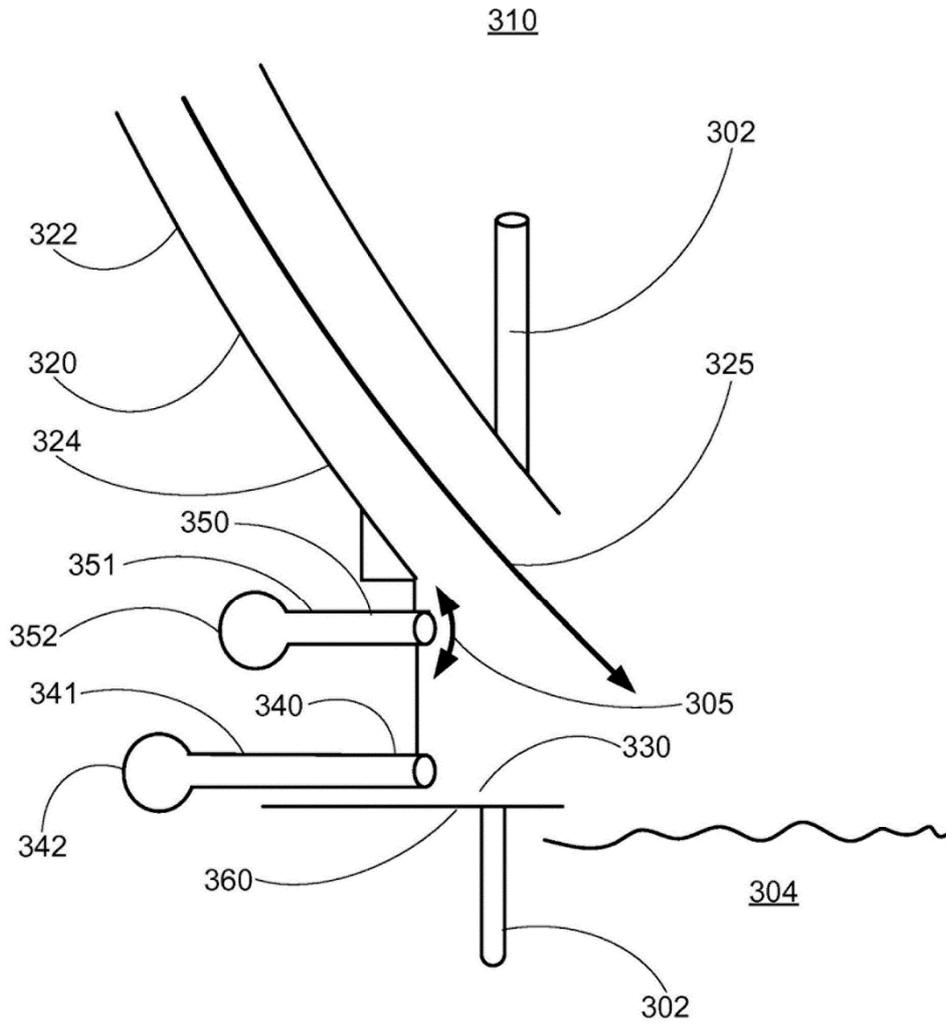


FIG. 4

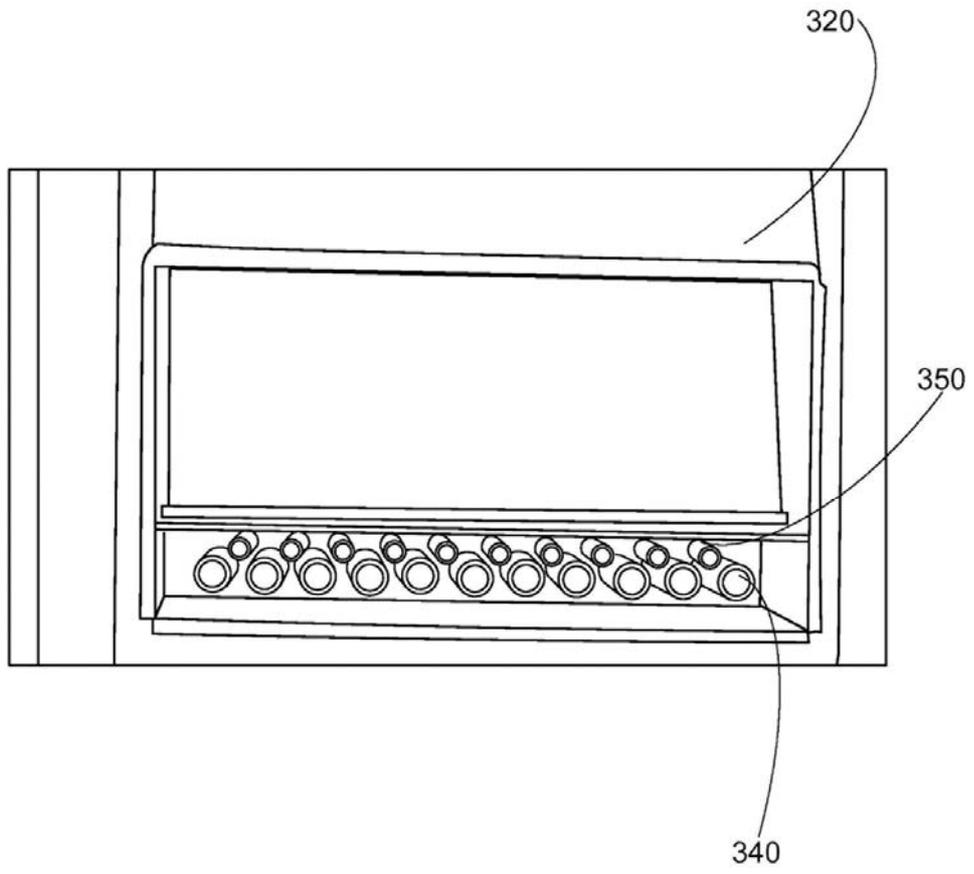


FIG. 5

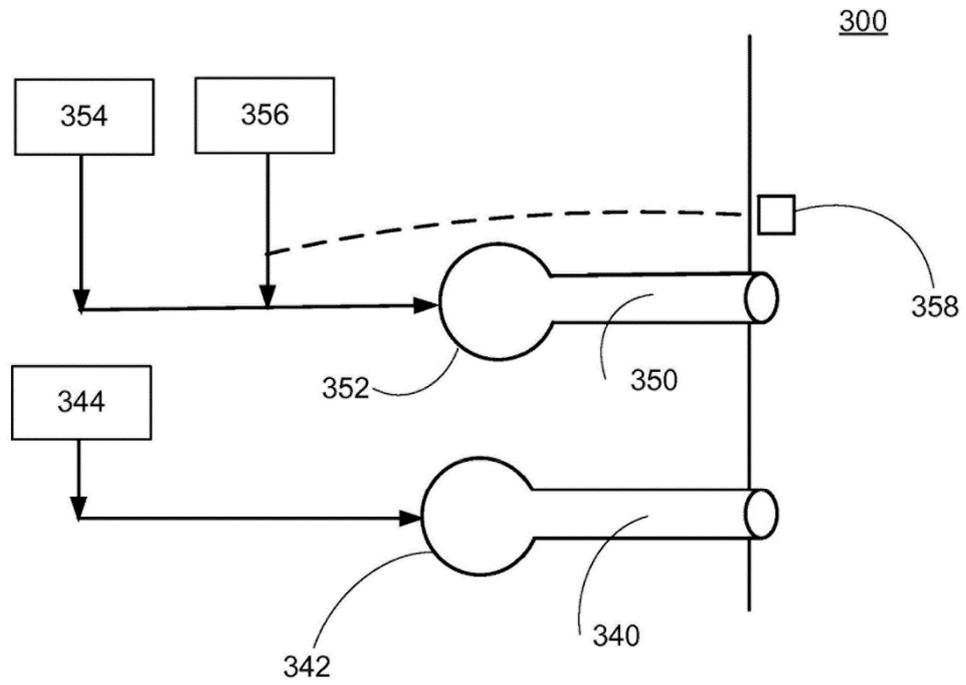


FIG. 6

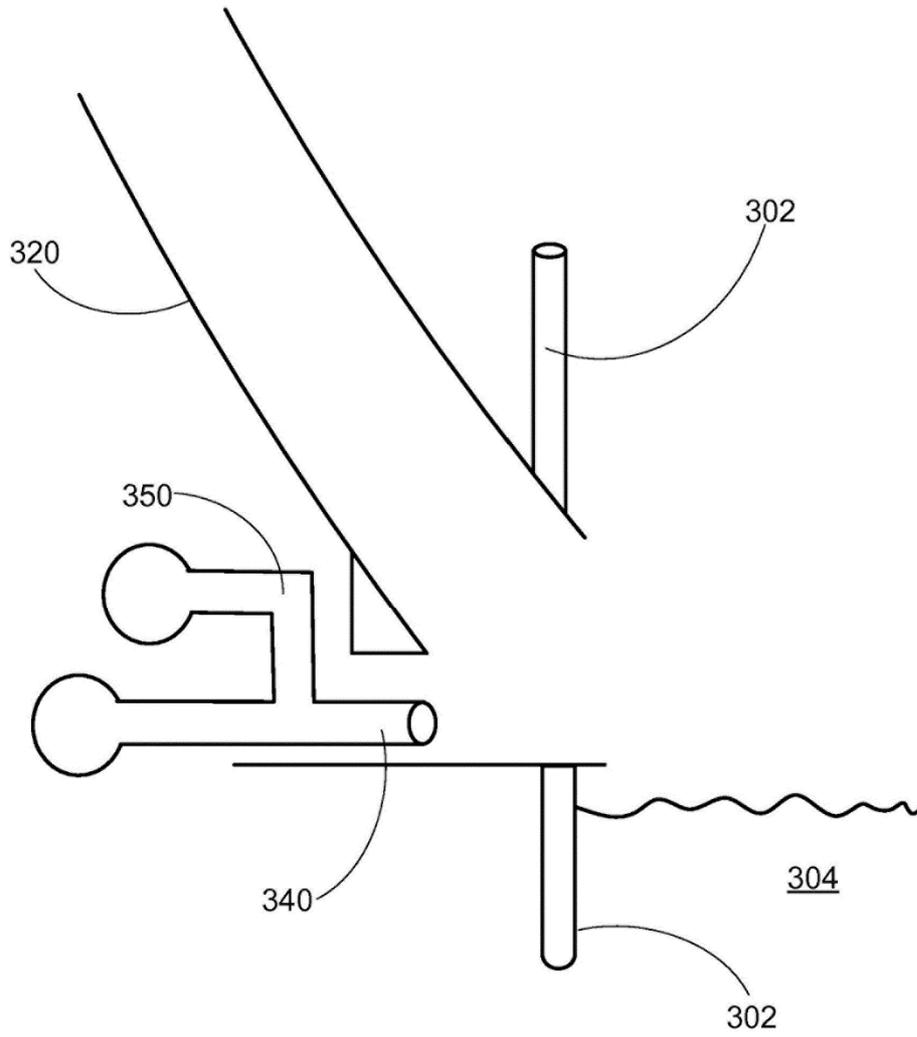


FIG. 7

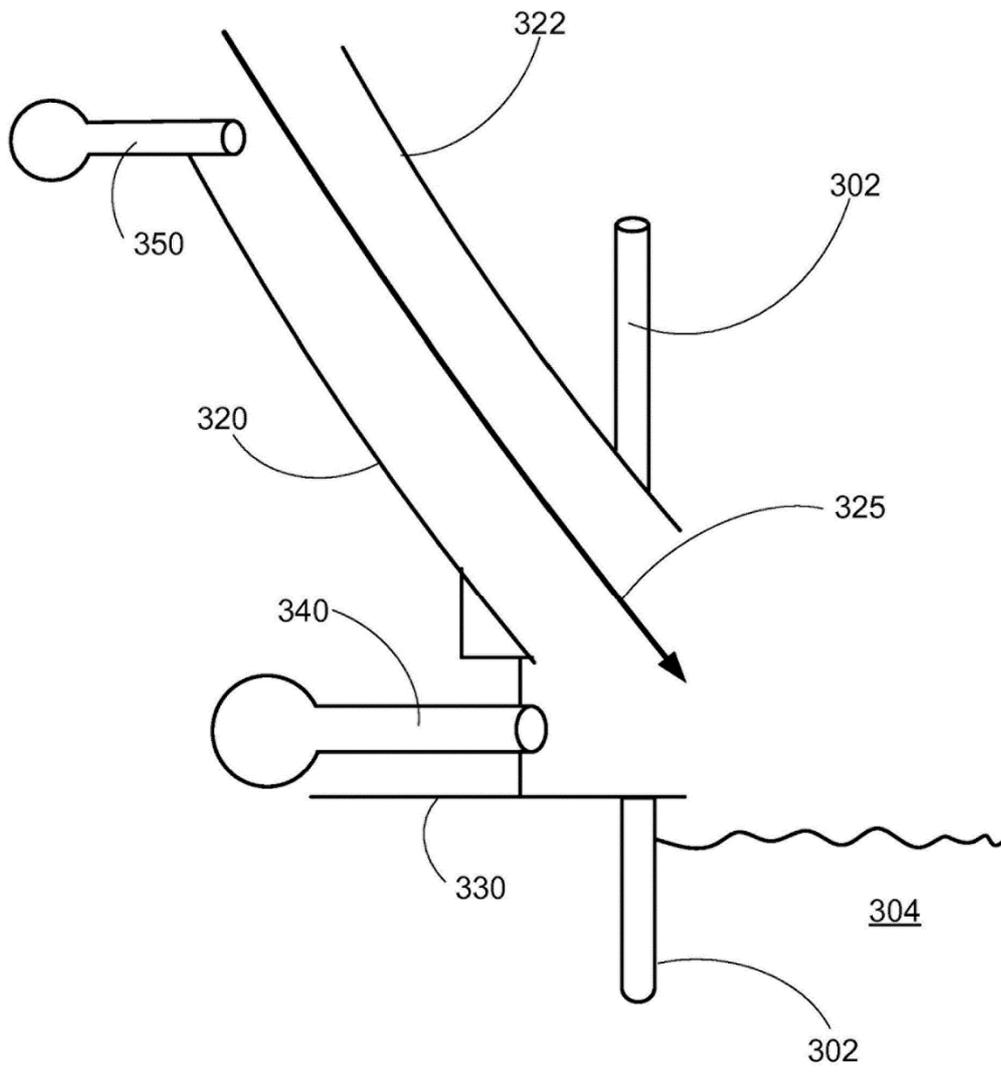


FIG. 8

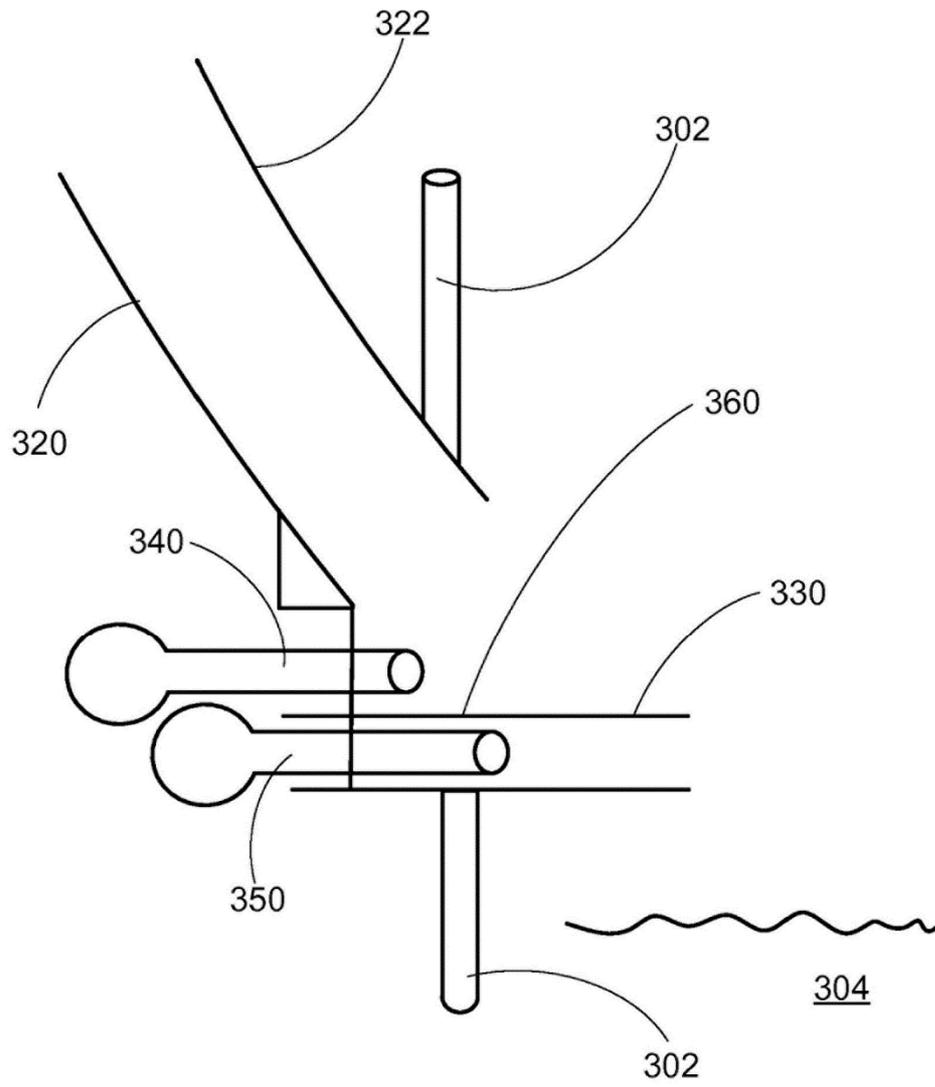


FIG. 9

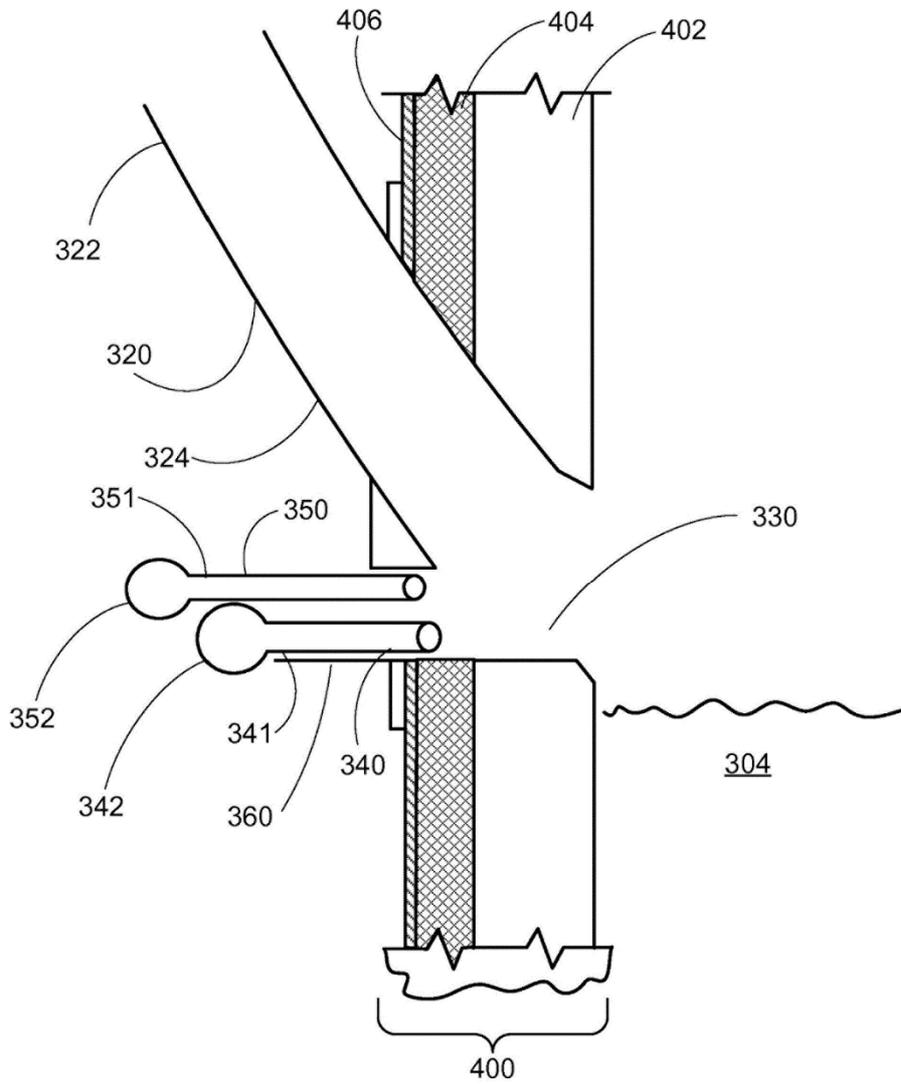


FIG. 10