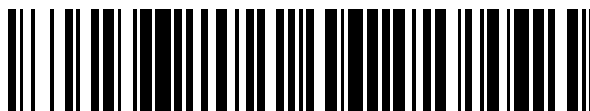


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 632 435**

51 Int. Cl.:

F22B 29/06 (2006.01)

F22B 35/00 (2006.01)

F22B 21/34 (2006.01)

F22G 5/06 (2006.01)

F22B 37/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.10.2014 E 14187421 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.05.2017 EP 2857746**

54 Título: **Generador de vapor ultra-supercrítico avanzado**

30 Prioridad:

03.10.2013 US 201314044900

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

13.09.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

WEITZEL, PAUL S.

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 632 435 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

Generador de vapor ultra-supercrítico avanzado

5 Antecedentes

La presente divulgación se refiere a sistemas generadores de vapor que pueden utilizarse junto con tecnología de captura y almacenamiento de carbono (CAC) para su uso en la generación de electricidad a partir carbón.

10 Durante la combustión, la energía química de un combustible se convierte en calor térmico dentro del calentador de una caldera. El calor térmico se captura a través de superficies absorbentes de calor de la caldera para producir el vapor. Los combustibles utilizados en el calentador incluyen una amplia gama de sustancias sólidas, líquidas y gaseosas, entre las que se incluyen el carbón, gas natural y gasóleo. La combustión transforma el combustible en un gran número de compuestos químicos. El agua y el dióxido de carbono (CO₂) son los productos de la combustión completa. Las reacciones de la combustión incompleta pueden dar como resultado subproductos no deseados que pueden incluir partículas (por ejemplo, cenizas volantes, desechos), gases ácidos, tales como SO_x o NO_x, metales, tales como mercurio o arsénico, monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC).

20 La figura 1 ilustra el sistema de flujo de vapor y agua y el sistema de flujo de gas para una caldera 10 convencional de un paso o de dos pasos estilo Carolina con un calentador 20 capaz de funcionar desde una presión subcrítica hasta una supercrítica. Tal y como se conoce, la caldera 10 incluye paredes refrigeradas de cerramiento de tubo de membrana de fluido, hechas normalmente con tubos 30 de transporte de agua/vapor separados entre sí por una membrana de acero (no visible) para conseguir un cerramiento hermético al gas. Los tubos 30, en el presente documento, se denominan tubos de agua por motivos de brevedad y simplicidad.

25 El generador de vapor funciona con un perfil de presión variable frente a carga (de presión subcrítica a supercrítica). El agua entra en el economizador a través de la entrada 141 y absorbe el calor, después circula desde la salida 142 del economizador hasta la entrada 143 en la base del calentador. Un envase inferior (no se muestra) puede estar presente para distribuir esta agua. El agua circula entonces hacia arriba a través de los tubos 30 de pared del calentador. Conforme el agua circula a través de estos tubos 30 de agua, el agua enfría los tubos expuestos al gas de escape de alta temperatura de la cámara de combustión 60 y absorbe la energía del gas de escape para convertirse en una mezcla de vapor y agua a presión subcrítica (y queda un fluido de fase única si se encuentra en condiciones de presión supercrítica). El fluido se descarga en los separadores 42 de vapor verticales, donde se separa la mezcla de vapor y agua, cuando es subcrítica, en vapor húmedo (es decir, vapor saturado) y agua. El agua puede salir a través de una bajante 50 y pasar desde la salida 144 hasta la entrada 141 del economizador. Cuando el fluido es supercrítico, los separadores verticales actúan como conductos de transporte saliendo todo el vapor entrante por las salidas superiores. El vapor se utiliza para refrigerar el gas de escape en la trayectoria 70 de paso de convección del calentador a través de los tubos de vapor o tubos de techo 75 que van desde el separador vertical. El vapor pasa entonces desde la salida 149 hasta la entrada 145 y se introduce a través de una superficie de calentamiento del sobrecalentador 80, y después se envía hasta la turbina de vapor de alta presión (número de referencia 146). El retorno del vapor desde la turbina de vapor de alta presión (número de referencia 147) pasa a través de la superficie de calentamiento del recalentador 90 para absorber la energía adicional del gas de escape, y después puede enviarse hasta una segunda turbina de vapor de baja presión o de media presión (número de referencia 148). El vapor enviado a las turbinas es, por lo general, vapor seco (100 % vapor sin agua). El vapor de las superficies de calentamiento del sobrecalentador 80 puede enviarse hasta una turbina de alta presión (AP), y después desde la superficie de calentamiento del recalentador 90 hasta las fases de la turbina de vapor de media presión (MP) y baja presión (BP) (no se muestra). El agua de alimentación transportada a través del economizador 100 también puede utilizarse para absorber la energía del gas de escape antes de que el gas de escape salga de la caldera; el agua de alimentación calentada se envía entonces hasta los tubos 30 de cerramiento del calentador, o puede enviarse a través del sobrecalentador 80 y del recalentador 90.

55 Haciendo referencia al sistema de flujo de gas, el aire para la combustión puede suministrarse al calentador 20 a través de varios medios. Normalmente, un ventilador 102 suministra aire 104 a un calentador de aire regenerativo 106. El aire calentado se envía entonces como aire secundario 108 a las cajas de viento para su distribución hasta quemadores individuales y como aire primario 110 hasta el pulverizador de carbón 112, donde el carbón se seca y pulveriza. El aire primario 116 (que ahora porta partículas de carbón) se envía entonces hasta los quemadores 120 y se mezcla con el aire secundario 108 para llevar a cabo la combustión y la formación del gas de escape 130 en la cámara de combustión 60. El gas de escape fluye hacia arriba a través de la cámara de combustión 60 del calentador y después continúa por la trayectoria 70 de paso de convección hasta el tubo de escape 160 de gas de escape pasado el sobrecalentador 80, el recalentador 90 y el economizador 100. El gas de escape puede hacerse pasar entonces a través del calentador de aire regenerativo 106 (para calentar el aire 104 entrante) y del equipo de control de contaminación 114 y, si se desea, puede reciclarse a través del calentador 20. El gas de escape sale de la caldera 10 a través del tubo de escape 160 del gas de escape.

65 La figura 1 también ilustra el equipo de arranque del sistema de flujo de vapor y agua. Cuando el vapor es supercrítico, se utiliza un separador 42 de vapor vertical, en lugar de un tambor de vapor horizontal convencional de

una caldera de circulación natural subcrítica. Una bomba de circulación 44 de la caldera y una válvula de retención 46 también están presentes en la bajante 50 para aumentar el flujo en las paredes de cerramiento 30 del calentador y el economizador 100 durante el arranque. La bomba de circulación de la caldera se detiene en la carga cuando el 100 % del vapor seco entra en el separador de vapor vertical desde el cerramiento del calentador. El separador de vapor vertical permanece en servicio y una columna estática de agua permanece en la bajante 50.

Tal y como se ilustra en el presente documento, los terminales de salida de vapor de una caldera de estilo Carolina se sitúan en la parte superior de la caldera, generalmente a una altura relativamente elevada desde un grado de aproximadamente 61 metros (200 pies). El vapor se lleva entonces hasta una turbina de vapor a través de canales de vapor (es decir, conductos). Los canales de vapor están hechos de aleación de níquel para temperaturas de vapor de 700 °C, algo que es muy caro. Debido a la ubicación de los terminales de salida de vapor en la parte superior de la caldera, la longitud de los canales de vapor puede ser muy grande. Sería deseable ser capaces de reducir la longitud de los canales de vapor desde los terminales de salida de vapor de la caldera hasta la turbina de vapor donde el vapor se utiliza para generar electricidad.

El documento US 2013/239909 A1 divulga una estructura de disposición adecuada para una caldera de carbón pulverizado invertida con parámetros de temperatura de vapor ultraelevada, incluyendo una chimenea, en la que la chimenea se comunica con un canal de humos de enlace ascendente medio, y la parte superior del canal de humos de enlace ascendente medio se comunica con el canal de humos de un enlace descendente trasero.

El documento US 2009/188448 A1 divulga un aparato que extrae la energía de los residuos agrícolas procesados (RAP).

Sumario

Los aspectos y realizaciones particulares se disponen en las reivindicaciones independientes y dependientes adjuntas.

La presente divulgación se refiere a un sistema de caldera que puede utilizarse junto con una turbina de vapor para generar electricidad. Los terminales de salida de vapor de la caldera se sitúan en la base de la caldera, en lugar de en la parte superior de la caldera. Esto reduce la necesidad de que los canales de vapor sean largos, y a su vez reduce el coste y mejora la rentabilidad del sistema en su conjunto.

En varias realizaciones del presente documento se divulga un generador de vapor que comprende: un cerramiento de calentador de corriente descendente formado por paredes hechas de tubos refrigerados con vapor o agua, y en el que las paredes del calentador definen un extremo superior y una salida de gas inferior; un cerramiento de paso de convección que incluye una entrada de gas inferior y bancos de tubos situados por encima de la entrada de gas inferior; una cuba de tolva que conecta la salida de gas inferior del cerramiento del calentador de corriente descendente hasta la entrada de gas inferior del cerramiento de paso de convección, incluyendo la cuba de tolva una transportadora de cadena sumergida para retirar las cenizas y desechos, formando la transportadora de cadena sumergida un cierre de la cuba de tolva; y un terminal de salida de vapor situado en la base del generador de vapor.

La salida de gas inferior del cerramiento de calentador de corriente descendente puede incluir una garganta que se extiende hacia fuera que se extiende hacia una lumbrera de la entrada de gas inferior del cerramiento de paso de convección.

El extremo superior del cerramiento de calentador de corriente descendente puede incluir una entrada de gas para recibir gas de escape desde un calentador asociado.

El generador de vapor comprende además una caja de vientos y quemadores en el extremo superior del cerramiento de calentador de corriente descendente para general el gas de escape.

El gas de escape que sale del cerramiento de paso de convección puede recircularse hasta el extremo superior del cerramiento de calentador de corriente descendente, hasta una base del cerramiento de calentador de corriente descendente, y/o hasta una base del cerramiento de paso de convección.

El gas de escape que sale del cerramiento de paso de convección puede pasar a través de un dispositivo de limpieza de partículas y después puede recircularse hasta el extremo superior del cerramiento de calentador de corriente descendente, hasta una base del cerramiento de calentador de corriente descendente o hasta una base del cerramiento de paso de convección.

La cuba de tolva puede estar revestida de un material refractario. La transportadora de cadena sumergida puede circular en la misma dirección que el flujo de gas de escape, o puede circular transversal al flujo de gas de escape.

De manera alternativa, la cuba de tolva puede estar formada a partir de paneles de tubo refrigerados con vapor o agua. Los sellos de cubeta de agua pueden estar presentes entre el cerramiento de calentador de corriente descendente, la cuba de tolva y el cerramiento de paso de convección.

El fluido de los tubos del cerramiento de calentador de corriente descendente puede fluir contra corriente con respecto al flujo de gas de escape.

5 El cerramiento de paso de convección a veces está formado con paredes de cerramiento hechas con tubos refrigerados con vapor o agua, en el que el fluido de refrigeración de los tubos del cerramiento de paso de convección fluye en la misma dirección que el flujo de gas de escape.

10 Los bancos de tubos horizontales en el cerramiento de paso de convección pueden incluir sobrecalentadores, recalentadores y economizadores.

El generador de vapor puede comprender además un cerramiento de paso horizontal superior conectado a un extremo superior del cerramiento de paso de convección y un paso bajo, conteniendo el paso horizontal superior y el paso bajo bancos de tubos adicionales.

15 Estas y otras características no limitantes se describen más específicamente más adelante.

Breve descripción de los dibujos

20 Lo que sigue es una breve descripción de los dibujos, que se presentan con el fin de ilustrar las realizaciones de ejemplo divulgadas en el presente documento y no con el fin de limitar las mismas.

La figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra un generador de vapor convencional de un paso supercrítico o de dos pasos subcrítico (estilo Babcock y Wilcox Carolina).

25 La figura 2 es una vista en perspectiva lateral de una primera realización de ejemplo de un generador de vapor de un paso de la presente divulgación, en el que el cerramiento de calentador de corriente descendente de torre invertida incluye los quemadores que generan el gas de escape.

La figura 3 es una vista en sección transversal de un diseño posible de la cuba de tolva, con transportadoras que circulan transversales al flujo de gas de escape. La cuba de tolva es una vía interior en arco de hormigón y acero revestida de refractario que transfiere el flujo de gas de escape.

30 La figura 4 es otra realización de la cuba de tolva, estando formada con paneles de tubo refrigerados con vapor o agua.

La figura 5 es una vista en perspectiva que muestra una variante de la cuba de tolva que tiene una pared vertical.

La figura 6 es una vista delantera de la cuba de tolva de la figura 5.

La figura 7 es una vista lateral de la cuba de tolva de la figura 5.

35 La figura 8 es una vista en lateral de otra realización de ejemplo de un generador de vapor de torre invertida de corriente descendente de la presente divulgación, que muestra la turbina de vapor en relación con el generador de vapor.

La figura 9 es una vista en perspectiva de otra realización de un generador de vapor de torre invertida de corriente descendente y de la canalización de la turbina de vapor.

40 La figura 10 es una vista lateral (a lo largo de un eje imaginario "y") del generador de vapor de la figura 9.

La figura 11 es una vista delantera (a lo largo de un eje imaginario "x") del generador de vapor de la figura 9.

La figura 12 es una vista en planta (es decir, desde la parte superior) del generador de vapor de la figura 9.

La figura 13 es una vista lateral que muestra la turbina de vapor al mismo grado que el generador de vapor de torre modificada (es decir, en la posición relativa convencionalmente esperada).

45 La figura 14 es una vista en planta (es decir, desde la parte superior) que muestra detalles adicionales del generador de vapor de torre modificada de la figura 13.

La figura 15 es una vista lateral de una realización donde el generador de vapor de torre modificada tiene una elevación de base diferente en comparación con la turbina de vapor.

50 La figura 16 es una vista lateral de una realización donde el generador de vapor de torre modificada tiene la misma elevación de base que la turbina de vapor.

La figura 17 es una vista lateral de otra realización de ejemplo de un generador de vapor de la presente divulgación, en el que la salida de gas inferior del cerramiento de calentador de corriente descendente tiene forma de garganta que entra en una lumbrera de la entrada de gas inferior del cerramiento de paso de convección.

55 Descripción detallada

Una comprensión más completa de los componentes, procesos y aparatos divulgados en el presente documento puede obtenerse haciendo referencia a los dibujos que acompañan. Estas figuras son simples representaciones esquemáticas basadas en la comodidad y facilidad para demostrar la presente divulgación, y por lo tanto no están destinadas a indicar el tamaño y las dimensiones relativos de los dispositivos o componentes de las mismas y/o a definir o limitar el alcance de las realizaciones descritas.

65 A pesar de que en la siguiente descripción se utilizan términos específicos por motivos de claridad, estos términos están destinados solo a referirse a la estructura particular de las realizaciones seleccionadas para su ilustración en los dibujos, y no están destinados a definir o limitar el alcance de la divulgación. En los dibujos y en la siguiente

descripción de a continuación, ha de entenderse que las designaciones numéricas similares se refieren a componentes con función similar.

5 Las formas en singular "uno", "una" y "el", "la" incluyen referentes plurales a no ser que el contexto claramente indique lo contrario.

Tal y como se utiliza en la memoria descriptiva y las reivindicaciones, el término "comprende" puede incluir las realizaciones de "consiste en" y "consiste esencialmente en".

10 Debería entenderse que los valores numéricos incluyen valores numéricos que son los mismos cuando se reducen al mismo número de figuras significativas, y valores numéricos que se diferencian del valor indicado en menos que el error experimental de la técnica de medición convencional del tipo descrito en la presente solicitud para determinar el valor.

15 Todos los intervalos divulgados en el presente documento incluyen el punto final indicado y pueden combinarse independientemente (por ejemplo, el intervalo de "desde 2 vatios hasta 10 vatios" incluye los puntos finales 2 vatios y 10 vatios, y todos los valores intermedios).

20 Tal y como se utiliza en el presente documento, puede aplicarse lenguaje aproximado para modificar cualquier representación cuantitativa que pueda variar sin derivar en un cambio en la función básica con la que se relaciona. En consecuencia, un valor modificado por un término o términos, tales como "aproximadamente" y "sustancialmente", puede no estar limitado al valor preciso especificado en ciertos casos. El modificador "aproximadamente" debería considerarse además como divulgador del intervalo definido por los valores absolutos de los dos puntos finales. Por ejemplo, la expresión "desde aproximadamente 2 hasta aproximadamente 4" también
25 divulga el intervalo "de 2 a 4".

Los términos "lado del agua", "refrigerado con agua", "refrigerado con vapor" o "lado del fluido" se refieren a cualquier área de la caldera que se expone al agua o al vapor. Por otro lado, los términos "lado del aire", "lado del gas" o "lado del fuego" se refieren a un área de la caldera que está expuesta al calor directo del calentador, o en
30 otras palabras, al gas de combustión del calentador. Donde la memoria descriptiva se refiere a agua y/o vapor, los estados líquido y/o gaseoso de otros fluidos también pueden utilizarse en los métodos de la presente divulgación.

Debería observarse que muchos de los términos utilizados en el presente documento son términos relativos. Por ejemplo, los términos "superior" e "inferior" son relativos entre sí en ubicación, es decir, un componente superior está
35 situado a una elevación mayor que un componente inferior en una orientación determinada. Los términos "entrada" y "salida" son relativos a un fluido que fluye a través de las mismas con respecto a una estructura determinada, por ejemplo, un fluido fluye a través de la entrada hacia dentro de la estructura y fluye a través de la salida hacia fuera de la estructura. Los términos "corriente atrás" y "corriente adelante" son relativos a la dirección en la que fluye el fluido a través de varios componentes, es decir, el fluido fluye a través de un componente corriente atrás antes de
40 fluir a través del componente corriente adelante.

Los términos "horizontal" y "vertical" se utilizan para indicar la dirección relativa a una referencia absoluta, es decir, el nivel del suelo. Sin embargo, no debería interpretarse que estos términos requieran estructuras que sean
45 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 "parte superior" y "parte inferior" o "base" se utilizan para hacer referencia a superficies donde la parte superior siempre es más alta que la parte inferior/base con respecto a una referencia absoluta, es decir, la superficie de la tierra. Los términos "por encima" y "por debajo" se utilizan para hacer referencia a la ubicación de dos estructuras con respecto a una referencia absoluta. Por ejemplo, cuando el primer componente se ubica por encima de un segundo componente, esto significa que el primer componente siempre será más alto que el segundo componente con respecto a la
50 superficie de la tierra. Los términos "hacia arriba" y "hacia abajo" también son relativos a una referencia absoluta; un flujo hacia arriba siempre va en contra de la gravedad de la tierra.

Tal y como se utiliza en el presente documento, el término "supercrítico" se refiere a un fluido que está a una temperatura por encima de su temperatura crítica o a una presión por encima de su presión crítica, o a ambos. Por ejemplo, la temperatura crítica del agua es 374,15 °C, y la presión crítica del agua es 3200,1 psia (22,1 MPa). Un fluido a una temperatura que está por encima de su punto de ebullición a una presión determinada, pero que está por debajo de su presión crítica, se considera un fluido "sobrecalentado" pero "subcrítico". Un fluido sobrecalentado puede refrigerarse (es decir, transferir energía) sin cambiar su fase. Tal y como se utiliza en el presente documento,
55 el término "vapor húmedo" se refiere a una mezcla de vapor y agua saturada (es decir, vapor con menos del 100 % de calidad, donde la calidad es el porcentaje de contenido de vapor por masa). Tal y como se utiliza en el presente documento, el término "vapor seco" se refiere a un vapor que tiene una calidad igual a o mayor del 100 % (es decir, no hay presente agua líquida). El agua o vapor supercrítico no tendrá una interfaz o menisco de burbujas visible que se forme durante un proceso de calentamiento o refrigeración debido a la tensión de superficie cero al alcanzar la temperatura de punto crítico. El fluido continúa actuando como un fluido de fase única a la vez que se convierte de
65

agua a vapor o de vapor a agua, y se encuentra en una condición termodinámica de no equilibrio cuando pueden producirse rápidos cambios en la densidad, viscosidad y conductividad térmica.

En la medida en la que puedan ser necesarias explicaciones de cierta terminología o principios del receptor solar, la caldera y/o el generador de vapor para entender la presente divulgación, el lector puede dirigirse a la obra *Steam: its generation and use*, 40ª edición, Stultz y Kitto, Eds., Copyright 1992, The Babcock & Wilcox Company, y a la obra *Steam: its generation and use*, 41ª edición, Kitto y Stultz, Eds., Copyright 2005, The Babcock & Wilcox Company, cuyos textos se incorporan en el presente documento por referencia como si se expusieran por completo en el presente documento.

En la caldera convencional de la figura 1, los terminales de salida de vapor están en el centro de la parte superior de la estructura. La parte superior de la estructura es relativamente alta, aproximadamente 61 a 76 metros (200 a 250 pies). Tal altura es necesaria para que el calentador tenga un volumen suficiente para que las partículas de carbón puedan combustión totalmente, para que los tubos de agua absorban la energía térmica, y para disminuir la temperatura del gas de escape por debajo de la temperatura de fusión de cenizas (minimizando la formación de desechos y suciedad en los diversos bancos de tubos). Es deseable disminuir además la altura de los terminales de salida de vapor, de modo que se acerquen más a la turbina de vapor y ofrezcan una altura de ajuste total más pequeña. La presente divulgación se refiere a tal generador de vapor redactado. En particular, el generador de vapor de la presente divulgación es un generador de vapor ultra-supercrítico avanzado, que puede producir una presión de vapor de salida de 25 MPa (3625 psia) o más, incluyendo 29 MPa (4200 psia) o más; y una temperatura de vapor de salida de 570 °C (1058 °F) o más, incluyendo 730 °C (1346 °F) o más. A diferencia de la caldera de tambor de circulación natural donde las paredes de cerramiento del calentador funcionan a temperaturas casi uniformes, cercanas a la temperatura de saturación, el generador de vapor ultra-supercrítico de un paso avanzado de la presente divulgación no presenta temperaturas de las paredes del cerramiento relativamente uniformes cercanas a la saturación. El generador de vapor supercrítico de un paso convencional ha de diseñarse cuidadosamente para que tenga relativamente pocas diferencias y una geometría, características de flujo termohidráulico y condiciones de absorción de calor muy similares en todos los tubos de pared de cerramiento soldados. El presente diseño permite así la unión de una serie de cerramientos separados a lo largo de la trayectoria de flujo de gas que puede funcionar a diferentes temperaturas de material.

En la caldera (de dos pasos) Carolina de la figura 1, el gas de escape fluye hacia arriba, después horizontalmente y hacia abajo a través de los bancos de tubos. En los generadores de vapor de la presente divulgación, esta trayectoria de flujo de gas ocurre a la inversa. El gas de escape primero fluye hacia abajo, después horizontalmente y después hacia arriba a través de los bancos de tubos que convierten el agua en vapor sobrecalentado o supercrítico. Esta disposición permite que los terminales de vapor estén más abajo (más cercanos al suelo) y más cerca de la turbina de vapor.

La figura 2 es una vista en perspectiva lateral de una primera realización de ejemplo de un generador de vapor 200 de la presente divulgación. El generador de vapor incluye generalmente tres estructuras: un cerramiento de calentador 210 de corriente descendente, una cuba de tolva 270 y un cerramiento de paso de convección 230. En esta figura, el cerramiento de calentador de corriente descendente se muestra a la izquierda. El cerramiento de calentador 210 de corriente descendente está formado por paredes 216 hechas de tubos refrigerados con vapor o agua, que pueden estar dispuestas verticalmente o en espiral. Las paredes 216 de cerramiento de calentador definen un extremo superior 212 y un extremo inferior 214. El extremo superior y el extremo inferior están en extremos opuestos de las paredes de calentador. Tal y como se ilustra en el presente documento, una caja de vientos 218 y unos quemadores 220 se sitúan cerca del extremo superior del calentador. Los quemadores pueden estar dispuestos en el techo (es decir, en el extremo superior) o en la parte superior de las paredes de calentador. Los quemadores pueden estar situados en las cuatro paredes, opuestos en dos de las paredes, o cerca de las esquinas de las cuatro paredes.

En uso, el aire y el carbón se introducen en el extremo superior 212 por la caja de vientos 218 o vestíbulo del techo, y combustión utilizando los quemadores 220 para generar el gas de escape 202 caliente. Pueden utilizarse la oxcombustión (es decir, utilizando gas recirculado enriquecido con oxígeno) o la calcinación con aire. La caja de vientos también genera un flujo de aire que hace que el gas de escape fluya hacia abajo debido a ventiladores de tiro mecánico (en lugar de elevarse, como haría de manera natural; la corriente descendente está ayudada por la pared que enfría el gas de escape). Una salida de gas inferior 222 está presente en el extremo inferior 214, a través del que el gas de escape caliente sale del cerramiento de calentador 210. El gas de escape fluye a través de una cuba de tolva 270 situada en la base del cerramiento del calentador. La cuba de tolva 270 conecta de manera fluida la salida de gas inferior 222 del cerramiento del calentador de corriente descendente con una entrada de gas inferior 236 del cerramiento de paso de convección. La cuba de tolva también sella de manera flexible la salida de gas inferior y la entrada de gas inferior. Cuando sale del cerramiento de calentador de corriente descendente, el gas de escape puede tener una temperatura de aproximadamente 500 °F hasta aproximadamente 2500 °F. El gas de escape 202 fluye entonces hacia arriba a través del cerramiento de paso de convección 230 más allá de los bancos de tubos dispuestos horizontalmente que actúan como superficies de sobrecalentador 240, recalentador 242, y/o economizador 244. Estas superficies capturan la energía adicional del gas de escape. Cuando sale del cerramiento de paso de convección, el gas de escape puede tener una temperatura desde aproximadamente 116 °C (240 °F)

hasta aproximadamente 441 °C (825 °F). El cerramiento de paso de convección 230 en sí también tiene un extremo superior 232 y un extremo inferior 234.

El gas de escape puede pasar a través de un calentador de aire regenerativo para transferir cierta cantidad de la energía térmica restante al aire entrante. El gas de escape también puede enviarse a unidades de control de contaminación para eliminar los subproductos no deseados. Por ejemplo, el gas de escape puede pasar a través de una unidad de reducción catalítica selectiva (RCS) para eliminar el NOx, una unidad de desulfuración de gas de escape (FGD, por sus siglas en inglés) para eliminar el SOx, y/o un dispositivo de limpieza de partículas (por ejemplo, un filtro de mangas o precipitador electrostático). Las unidades de control de contaminación y el calentador de aire regenerativo están colocados en un orden adecuado para una reducción óptima de la contaminación. Por ejemplo, en algunas realizaciones específicas, la unidad de RCS está colocada corriente atrás del calentador de aire regenerativo. Si se desea, el gas de escape que sale del cerramiento de paso de convección puede recircularse hasta la caja de vientos o vestíbulo 218, en la parte superior del cerramiento de calentador, una práctica que generalmente se denomina recirculación de gas. Si se desea, el gas de escape que sale del cerramiento de paso de convección también puede ser recirculado hacia la base 252 del cerramiento de calentador de corriente descendente para controlar la temperatura del vapor y/o hacia la base 254 del cerramiento de paso de convección para controlar la temperatura del gas de escape, lo que generalmente se denomina atemperación de gas. El generador de vapor puede incluir cualquiera de estas trayectorias de recirculación, o puede incluir las tres trayectorias de recirculación.

Con respecto al flujo de fluido en el cerramiento de calentador de corriente descendente, entra agua relativamente fría desde la salida del economizador hasta el generador de vapor en la base de las paredes 216 del calentador, y fluye por los tubos de agua, convirtiéndose en una mezcla de vapor/agua, absorbiendo la energía térmica del gas de escape. Este agua fluye contracorriente con respecto al flujo de gas de escape (es decir, el agua fluye hacia arriba mientras que el gas de escape fluye hacia abajo). La mezcla de agua/vapor se recoge en los colectores de salida y se envía hasta los separadores 260 de vapor verticales y se separa en vapor húmedo y agua. El vapor se envía al cerramiento de paso de convección 230 a través del sobrecalentador 240 y después hacia la turbina de vapor, y después vuelve desde la turbina de vapor para pasar a través de los bancos de tubos del recalentador 242 en el cerramiento de paso de convección. En algunas realizaciones, el cerramiento de paso de convección también está formado por paredes de cerramiento hechas con tubos refrigerados con vapor o agua, que también pueden capturar la energía. En tales realizaciones, el flujo de fluido en las paredes de cerramiento del cerramiento de paso de convección va en la misma dirección que el flujo de gas de escape (es decir, ambos fluyen hacia arriba). Generalmente, el cerramiento de calentador de corriente descendente se enfría con agua a cargas inferiores y se convierte en vapor refrigerado cerca de la salida a cargas más elevadas, a la vez que el cerramiento de paso de convección se enfría con vapor.

El vapor supercrítico y/o el vapor recalentado salen en uno o más terminales de salida de vapor situados en la base 264 del cerramiento de paso de convección, que es parte del generador de vapor. El terminal de salida de vapor recalentado está marcado con el número de referencia 261, mientras que el terminal de salida de vapor supercrítico está marcado con el número de referencia 262, y, o bien uno, o ambos de estos terminales de salida pueden estar presentes. El término "base" se refiere en el presente documento a un tercio de la parte inferior de la altura del generador de vapor. Por ejemplo, si el generador de vapor tiene una altura de aproximadamente 18 metros (60 pies), entonces el/los terminal(es) de salida de vapor está(n) a una altura de aproximadamente 6,1 metros (20 pies). Debería reconocerse que el cerramiento de calentador y el cerramiento de paso de convección pueden tener diferentes alturas.

En este sentido, los canales de vapor del vapor principal y de la canalización de recalentamiento en caliente necesarios para hacer funcionar un generador de vapor ultra-supercrítico avanzado a 700 °C (1292 °F) son como cuatro (4) veces el coste del material por masa de los canales de vapor necesarios para hacer funcionar un generador de vapor a 600 °C (1112 °F). Puede ser ventajoso entonces utilizar el presente diseño para bajar el terminal de salida de vapor, en lugar de sufrir los costes de tal canalización.

Los bancos de tubos en el cerramiento de paso de convección deberían poder drenarse. Los depósitos internos se dispersan generalmente a lo largo de hileras de tubos, de modo que no se concentran en las curvas inferiores de las secciones colgantes. En la conexión con las paredes del cerramiento, los sellos de expansión de agua o las juntas de expansión herméticas al gas (no se muestran) están presentes entre las paredes del cerramiento y los bancos de tubos.

Volviendo a la figura 2, la cuba de tolva 270 conecta de manera flexible el cerramiento de calentador 210 de corriente descendente con el cerramiento de paso de convección 230. La cuba de tolva es, de manera deseable, adiabática. La cuba de tolva 270 incluye una o más salidas de cenizas y desechos conectadas a la(s) transportadora(s) de cadena sumergida 274. Se contempla que las cenizas y desechos caen en la(s) transportadora(s) de cadena sumergida y se desechan. La transportadora de cadena puede ir en la misma dirección que el flujo de gas de escape, o puede ser transversal con respecto al flujo de gas de escape. Tal y como se ilustra en el presente documento, la transportadora de cadena va en la misma dirección.

La figura 3 es una realización alternativa de la cuba de tolva 270, en la que las transportadoras de cadena son transversales con respecto al flujo de gas de escape 202. Dos transportadoras de cadena sumergida 474 son visibles en la cuba de tolva 270 bajo el cerramiento de calentador 210 de corriente descendente y el cerramiento de paso de convección 230. Tal y como se ve en esta figura, una diferencia es que la base 412 del cerramiento de calentador de corriente descendente y la base 432 del cerramiento de paso de convección están inclinadas para guiar las cenizas/desechos hacia las transportadoras de cadena sumergida.

La figura 4 es otra realización de la cuba de tolva. En este caso, la cuba de tolva también está formada a partir de paneles de tubo refrigerados con vapor o agua. Los paneles de tubo 500 que forman los lados de la cuba de tolva están soportados por la parte inferior, mientras que el techo 502 de la cuba de tolva está soportado por la parte superior, utilizando las paredes laterales de la cuba de tolva. Los sellos de cubeta de agua o sellos no metálicos 504 pueden crearse entre la cuba de tolva 270, el cerramiento de calentador 210 de corriente descendente y el cerramiento de paso de convección 230. La transportadora de cadena 274 se ilustra formando el cerramiento de la cuba de tolva.

Las figuras 5-7 son varias vistas que ilustran otra variación posible sobre la estructura de la cuba de tolva 270. El cerramiento de calentador 210 de corriente descendente se encuentra a la izquierda, y el cerramiento de paso de convección 230 se encuentra a la derecha. La parte inferior de la cuba de tolva contiene dos transportadoras de cadena sumergida 474. La base 412 del cerramiento de calentador de corriente descendente está inclinada para guiar las cenizas/desechos hacia las transportadoras. Además, una pared vertical 292 está situada en la cuba de tolva entre las dos transportadoras. La base 294 de la pared vertical está inclinada lateralmente en ambas direcciones para guiar las cenizas/desechos hacia las transportadoras. Hay arcos 296 presentes en el centro de la cuba de tolva y pueden utilizarse para soportar los paneles 502 de tubo superiores de la cuba de tolva. La pared vertical puede tener cualquier longitud deseada. Los sellos de cubeta de agua 504 entre la cuba de tolva, el cerramiento de calentador de corriente descendente y el cerramiento de paso de convección también son visibles. Se contempla que el nivel del suelo estaría al nivel de los sellos de cubeta de agua. La cuba en sí puede estar hecha de hormigón, refractario y tierra. Los circuitos de tubos de refrigeración por agua pueden colocarse en las paredes y/o arcos de la cuba.

Haciendo referencia específica a la figura 6, debería observarse que la base 294 de las paredes verticales está inclinada para crear un embudo para las cenizas/desechos, teniendo la abertura 480 resultante una anchura 482 que es menor que la anchura 484 de la transportadora de cadena sumergida 486. La posición de mantenimiento de la transportadora se representa en este punto 488. Se contempla que, tal y como sea necesario para el mantenimiento y otros fines, las transportadoras pueden apagarse.

Ya que el cerramiento de calentador y el cerramiento de paso de convección están diseñados para funcionar a un diferencial de temperatura elevado, la cuba de tolva 270 ha de ser capaz de llevar a cabo la transferencia de gas de escape muy caliente. La cuba de tolva puede estar revestida de un material refractario 276, que es química y físicamente estable a altas temperaturas. Entre los ejemplos de materiales refractarios adecuados se incluyen ladrillos refractarios que contienen óxido de aluminio, sílice u óxido de magnesio, o losetas de cerámica. Tales materiales pueden soportar temperaturas de 1538 °C (2800 °F) hasta 1649 °C (3000 °F). Tal y como se ilustra en el presente documento, la cuba de tolva tiene una anchura 282, ladrillos refractarios 276, situados en torno a toda la periferia de la cuba, un aislamiento 278 que rodea los ladrillos, y que tienen las dimensiones apropiadas. La parte superior de la cuba de tolva tiene una altura 284, y la parte inferior de la cuba de tolva tiene una altura 286. Presente en la parte inferior hay un sistema de transporte mecánico 280 (por ejemplo, una transportadora de cadena sumergida) que retira las cenizas de la cuba de tolva.

La figura 8 es una vista lateral de una realización del generador de vapor de torre invertida de corriente descendente y de la turbina de vapor. El cerramiento de calentador 1010 de corriente descendente se encuentra a la izquierda, y el cerramiento de paso de convección 1030 se encuentra a la derecha. La turbina de vapor 1100 está a la derecha del todo. Las líneas continuas 1122 representan los canales de vapor que llevan el vapor supercrítico y/o el vapor recalentado hasta la turbina de vapor. Los rectángulos de puntos 1128 representan los recalentadores/sobrecalentadores. Los rectángulos 1156 representan los economizadores. El rectángulo 1134 representa un generador de vapor de baja presión separado para producir vapor auxiliar con fines de utilidad. La cuba de tolva 270 también se muestra en esta figura. De nuevo, la base 412 está inclinada longitudinalmente para dirigir las cenizas/desechos hacia las transportadoras 474.

Las figuras 9-12 son varios dibujos que muestran otra realización de un generador de vapor. Esta realización contiene el cerramiento de calentador 1010 de corriente descendente, la cuba de tolva 1070 y el cerramiento de paso de convección 1030, y también contiene un paso bajo 1092 adicional.

La figura 9 es una vista en perspectiva del exterior del generador de vapor. El cerramiento de calentador 1010 de corriente descendente se encuentra a la izquierda del todo, y el cerramiento de paso de convección 1030 se encuentra en el centro. La cuba de tolva 1070 es la estructura triangular que vincula la base del cerramiento de paso de convección 1030 con la base del cerramiento de calentador 1010 de corriente descendente. El paso bajo 1092 es la estructura a la derecha del todo. El rectángulo en la parte inferior de la cuba de tolva representa la transportadora

de cadena 1074 que retira las cenizas/desechos. Las líneas continuas 1122 representan la canalización de salida de vapor. Los círculos 1126 representan las aberturas de quemadores en la parte superior del cerramiento de calentador de corriente descendente. El número de referencia 1120 es la estructura que conecta el cerramiento de paso de convección 1030 con el paso bajo 1092.

5 La figura 10 es una vista lateral (a lo largo de un eje imaginario "y") del generador de vapor y de la turbina de vapor. Los rectángulos de puntos 1128 representan los bancos de tubos horizontales que sirven como recalentadores/sobrecalentadores, y proporcionan los terminales de vapor de salida cerca de la base del generador de vapor/cerramiento de paso de convección. Las líneas discontinuas 1122 representan los canales de vapor que
10 llevan el vapor supercrítico y/o el vapor recalentado hasta la turbina de vapor. La turbina de vapor 1100 está contenida en un pabellón marcado con el número de referencia 1130. Debería observarse que la turbina de vapor está situada sobre la elevación 1132 con respecto al generador de vapor.

15 La figura 11 es una vista delantera (a lo largo de un eje imaginario "x") del generador de vapor y de la turbina de vapor. El cerramiento de paso de convección 1030 no es totalmente visible en este punto, ya que está detrás del pabellón que contiene la turbina de vapor. El paso bajo 1092 adicional se ve en la derecha. De nuevo, los rectángulos de puntos 1128 representan los recalentadores/sobrecalentadores. Los rectángulos a rayas 1156 representan los bancos de tubos horizontales que sirven como economizadores. El rectángulo 1134 negro sólido representa un generador de vapor de baja presión separado para producir vapor auxiliar con fines de utilidad, tales
20 como para retirar el hollín. El uso de un refrigerante de temperatura inferior ayuda a reducir la temperatura del gas de escape y no utiliza un vapor de alta presión a alta temperatura superelevado para servicios de nivel inferior. El rectángulo a rayas 1136 representa un espacio en el que se instalan futuras superficies de calentamiento (por ejemplo, para modificaciones durante la vida útil del generador de vapor). La turbina de vapor está marcada con el número de referencia 1100.

25 La figura 12 es una vista en planta (es decir, desde la parte superior) del generador de vapor 1000 y de la turbina de vapor 1100. Tal y como se ve en esta figura, las líneas 1122 ilustran los canales de vapor que alimentan la turbina de vapor. Los canales de vapor discurren desde los terminales 1062 de salida de vapor sobre el cerramiento de paso de convección 1030 hasta múltiples ubicaciones sobre la turbina de vapor.

30 La figura 13 es una vista lateral (a lo largo de un eje imaginario "x") de otra realización de un generador de vapor de torre modificada y de la turbina de vapor. Los rectángulos de puntos 1128 representan los recalentadores/sobrecalentadores. Los rectángulos a rayas 1156 representan los economizadores. El rectángulo 1134 negro sólido representa un generador de vapor de baja presión separado para producir vapor auxiliar con fines
35 de utilidad. El rectángulo a rayas 1136 representa las superficies de calentamiento futuras. El conducto de aire 1140 secundario que lleva desde el calentador de aire regenerativo 1142 también se muestra en esta figura. Las líneas discontinuas 1122 son los canales de vapor que alimentan la turbina de vapor 1100 con vapor supercrítico y/o vapor recalentado. Las líneas continuas 1148 son los conductos de vapor recalentado de agua de alimentación y fríos de los calentadores de agua de alimentación y de la turbina de vapor.

40 La figura 14 es una vista en planta (es decir, desde la parte superior) que muestra detalles adicionales del generador de vapor de torre modificada. Las líneas 1158 del medio representan la superficie de calentamiento de convección. Los dos círculos 1144 de la derecha representan los calentadores de aire regenerativos. Las nueve estructuras 1152 con forma hexagonal representan pulverizadores de carbón.

45 La figura 15 es una vista lateral (a lo largo de un eje imaginario "x") del generador de vapor de torre modificada que tiene una elevación de base diferente en comparación con la turbina de vapor 1100, lo que reduce la longitud del conducto de vapor. La estructura 1154 del centro representa el cerramiento de calentador. El cerramiento de paso de convección 1155 está por encima del cerramiento de calentador. El rectángulo 1156 de la derecha representa el
50 paso bajo adicional de corriente descendente del cerramiento de paso de convección. Las líneas 1122 son los canales de vapor que alimentan la turbina de vapor 1100 con vapor supercrítico y/o vapor recalentado. Las líneas negras 1148 son los conductos de vapor recalentado de agua de alimentación y fríos de los calentadores de agua de alimentación y de la turbina de vapor. Debería observarse que las líneas negras discurren desde la turbina de vapor hasta el cerramiento de paso de convección horizontal, que no es completamente visible aquí. De nuevo, ha de observarse que la turbina de vapor está situada sobre la elevación 1132. La figura 16 es similar a la figura 15, exceptuando que la turbina de vapor 1100 está situada a la misma elevación 1133 que el generador de vapor.

55 Se observa que el cerramiento de paso de convección se representa en las diversas figuras teniendo una única trayectoria de gas. También se contempla que el cerramiento de paso de convección puede incluir trayectorias de gas paralelas, donde una trayectoria de gas puede utilizarse para controlar la temperatura del vapor utilizando la polarización del gas.

60 La figura 17 es una vista lateral que muestra otra realización del generador de vapor de torre invertida de corriente descendente. Esta realización también incluye un cerramiento de calentador 1010 de corriente descendente, un cerramiento de paso de convección 1030 y un cilindro de tolva 1070. Como antes, hay presente una salida de gas inferior en el extremo inferior del cerramiento de calentador de corriente descendente, y hay presente una entrada de
65

gas inferior en el extremo inferior del cerramiento de paso de convección. En este caso, la parte superior de la cuba de tolva está formada por extremos inferiores del cerramiento de calentador 1010 de corriente descendente y del cerramiento de paso de convección 1030. La salida de gas inferior 1022 del cerramiento de calentador 1010 de corriente descendente incluye una boquilla que se extiende hacia fuera que reduce su diámetro conforme se extiende desde las paredes 1016 de la cuba de escape para formar una garganta 1026. La entrada de gas inferior 1036 del cerramiento de paso de convección 1030 incluye una lumbrera 1038 orientada hacia dentro. Se contempla que la garganta 1026 de la salida de gas inferior se extienda hacia la lumbrera 1038 de la entrada de gas inferior para formar un pasaje a través del que puede fluir el gas de escape (flecha 1002) desde el cerramiento de calentador de corriente descendente hacia el cerramiento de paso de convección. Debería observarse que las paredes (1016, 1035) de la cuba de escape y del cerramiento de paso de convección, respectivamente, no están soldadas entre sí. Sin embargo, las caras verticales planas de los dos cerramientos está colocadas muy cerca entre sí y permiten el uso de conexiones de cierre rápido flexibles de sellado hermético al gas. Además, puede utilizarse el arriostamiento (no se muestra) para controlar el movimiento relativo de los dos cerramientos que pueden producirse. El cerramiento de calentador 1010 de corriente descendente y el cerramiento de paso de convección 1030 incluyen una abertura en la parte inferior de la cuba de tolva, donde se sitúa la transportadora de cadena sumergida 274. Los diversos bancos (recalentamiento, sobrecalentamiento, economizador) del cerramiento de paso de convección 1030 no se ilustran en esta figura.

Por lo tanto, desde una perspectiva, se ha descrito un generador de vapor supercrítico que incluye un cerramiento de calentador de corriente descendente, una cuba de tolva y un cerramiento de paso de convección, uniendo la cuba de tolva el cerramiento de calentador de corriente descendente y el cerramiento de paso de convección entre sí. El gas de escape desciende a través del cerramiento de calentador de corriente descendente y a través de la cuba de tolva y asciende a través del cerramiento de paso de convección. Esta estructura permite que los terminales de vapor de salida, que proporcionan acceso al vapor supercrítico resultante y/o al vapor de recalentamiento, se sitúen en la base del generador de vapor en lugar de en la parte superior del generador de vapor, como ocurre en las calderas convencionales. Esto reduce la longitud de los canales de vapor desde el generador de vapor hasta una turbina de vapor que produce electricidad utilizando el vapor supercrítico.

La presente divulgación se ha descrito haciendo referencia a las realizaciones de ejemplo. Obviamente, a los que lean y entiendan la descripción detallada anterior, se les podrán ocurrir modificaciones y alteraciones de la misma. Se pretende que se interprete que la presente divulgación incluye todas tales modificaciones y alteraciones en la medida en que se incluyan en el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un generador de vapor (200), que comprende:

5 un cerramiento de calentador (210) de corriente descendente formado por paredes (216) hechas de tubos refrigerados con vapor o agua, y en el que las paredes del calentador definen un extremo superior (212) y una salida de gas inferior;
 un cerramiento de paso de convección (230) que incluye una entrada de gas inferior y bancos de tubos horizontales situados por encima de la entrada de gas inferior;
 10 una cuba de tolva (270) que conecta la salida de gas inferior del cerramiento de calentador de corriente descendente con la entrada de gas inferior del cerramiento de paso de convección, incluyendo la cuba de tolva al menos una transportadora de cadena sumergida (274) para retirar las cenizas y los desechos del cerramiento de calentador de corriente descendente y del cerramiento de paso de convección;
 un terminal de salida de vapor situado en la base del generador de vapor; y
 15 una caja de vientos (218) y quemadores (220) en el extremo superior del cerramiento de calentador de corriente descendente para generar gas de escape.

20 2. El generador de vapor de la reivindicación 1, en el que el extremo superior del cerramiento de calentador de corriente descendente incluye una entrada de gas para recibir gas de escape desde un calentador asociado.

25 3. El generador de vapor de la reivindicación 1 o 2, en el que el gas de escape que sale del cerramiento de paso de convección es recirculado hasta uno o más del grupo que comprende: el extremo superior del cerramiento de calentador de corriente descendente; una base del cerramiento de calentador de corriente descendente; y una base del cerramiento de paso de convección.

30 4. El generador de vapor de cualquier reivindicación anterior, en el que el gas de escape que sale del cerramiento de paso de convección pasa a través de uno o más seleccionados del grupo que comprende: un calentador de aire regenerativo (1142); y un dispositivo de limpieza de partículas; y después es recirculado hasta el extremo superior del cerramiento de calentador de corriente descendente, hasta una base del cerramiento de calentador de corriente descendente, o hasta una base del cerramiento de paso de convección.

35 5. El generador de vapor de cualquier reivindicación anterior, en el que la cuba de tolva está revestida de un material refractario.

6. El generador de vapor de la reivindicación 1, en el que la transportadora de cadena sumergida circula en una dirección con respecto al flujo de gas de escape, seleccionada la dirección del grupo que comprende: en la misma dirección que el flujo de gas de escape; y transversal con respecto al flujo de gas de escape.

40 7. El generador de vapor de cualquier reivindicación anterior, en el que la cuba de tolva también está formada a partir de paneles (500, 502) de tubo refrigerados con vapor o agua.

45 8. El generador de vapor de la reivindicación 7, en el que los sellos de cubeta de agua (504) están presentes entre el cerramiento de calentador de corriente descendente, la cuba de tolva, y el cerramiento de paso de convección.

9. El generador de vapor de cualquier reivindicación anterior, en el que el fluido de los tubos del cerramiento de calentador de corriente descendente fluye contra corriente con respecto al flujo de gas de escape.

50 10. El generador de vapor de cualquier reivindicación anterior, en el que el cerramiento de paso de convección está formado con paredes de cerramiento hechas de tubos refrigerados con vapor o agua, en el que el fluido de refrigeración de los tubos del cerramiento de paso de convección fluye en la misma dirección que el flujo de gas de escape.

55 11. El generador de vapor de cualquier reivindicación anterior, en el que los bancos de tubos horizontales del cerramiento de paso de convección incluyen sobrecalentadores (240), recalentadores (242), y economizadores (244).

60 12. El generador de vapor de cualquier reivindicación anterior, en el que el generador de vapor comprende además un cerramiento de paso horizontal superior conectado a un extremo superior del cerramiento de paso de convección y un paso bajo, conteniendo el paso horizontal superior y el paso bajo bancos de tubos adicionales.

65 13. El generador de vapor de cualquier reivindicación anterior, en el que la cuba de tolva está formada por una garganta que se extiende hacia fuera de la salida de gas inferior del cerramiento de calentador de corriente descendente que se extiende hacia una lumbrera de la entrada de gas inferior del cerramiento de paso de convección.

14. El generador de vapor de la reivindicación 1, en el que la cuba de tolva incluye una primera transportadora de cadena sumergida (474) por debajo del cerramiento de calentador de corriente descendente, y una segunda transportadora de cadena sumergida (474) por debajo del cerramiento de paso de convección, orientadas la primera y segunda transportadoras de cadena sumergida transversalmente con respecto al flujo de gas de escape, una base (412) del cerramiento de calentador de corriente descendente inclinada para guiar las cenizas/desechos hacia la primera transportadora de cadena sumergida, y una base (432) del cerramiento de paso de convección inclinada para guiar las cenizas/desechos hacia la segunda transportadora de cadena sumergida.
- 5
15. El generador de vapor de la reivindicación 1, en el que la transportadora de cadena sumergida está orientada en la misma dirección que el flujo de gas de escape, y pasa por debajo del cerramiento de calentador de corriente descendente y del cerramiento de paso de convección.
- 10

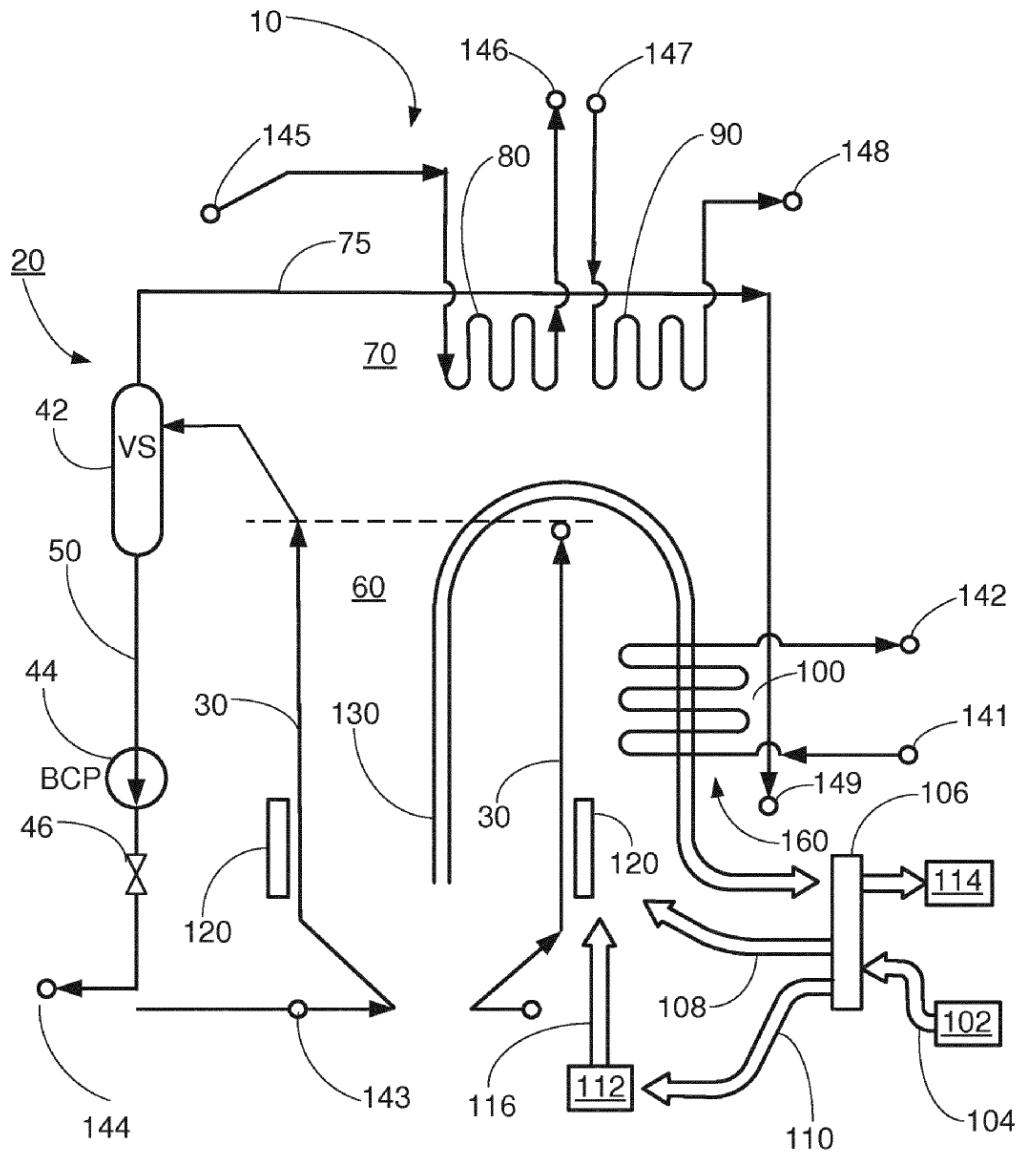


FIG. 1
TÉCNICA ANTERIOR

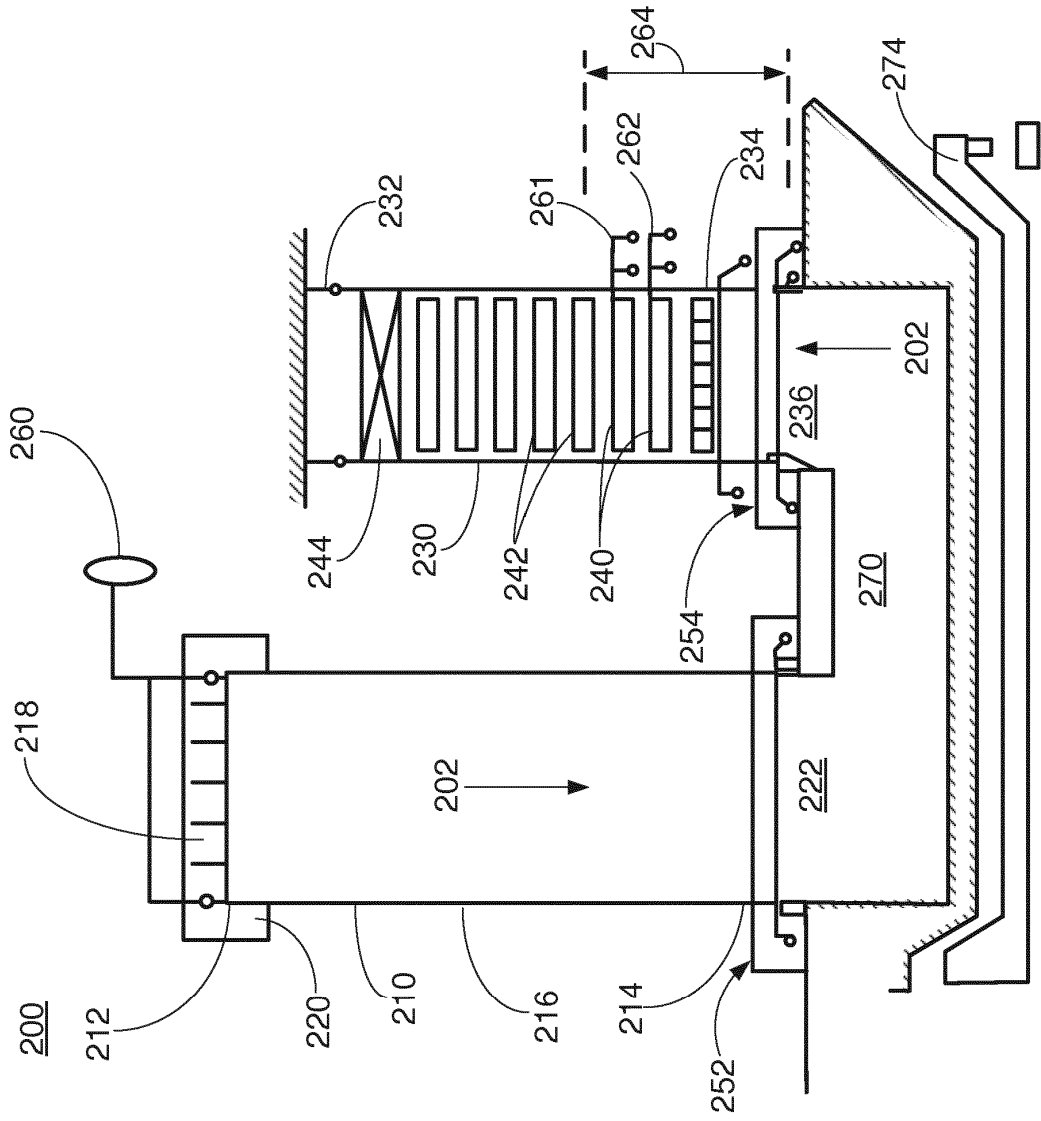


FIG. 2

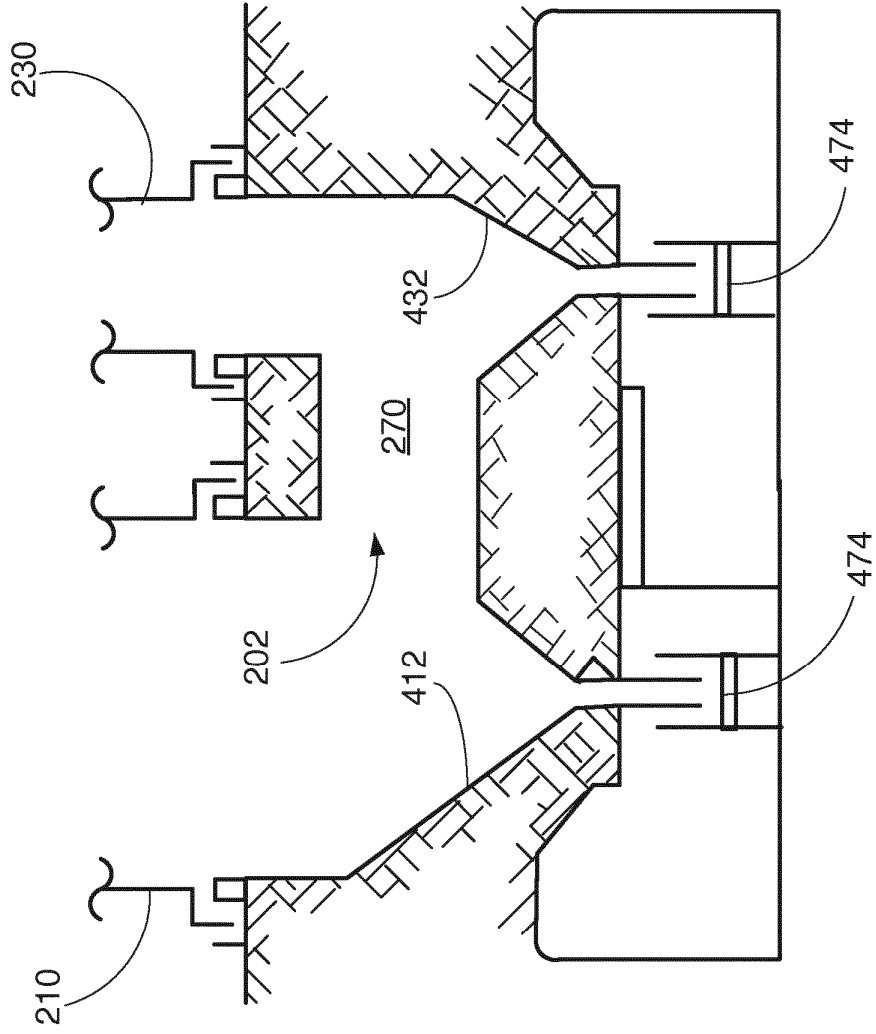


FIG. 3

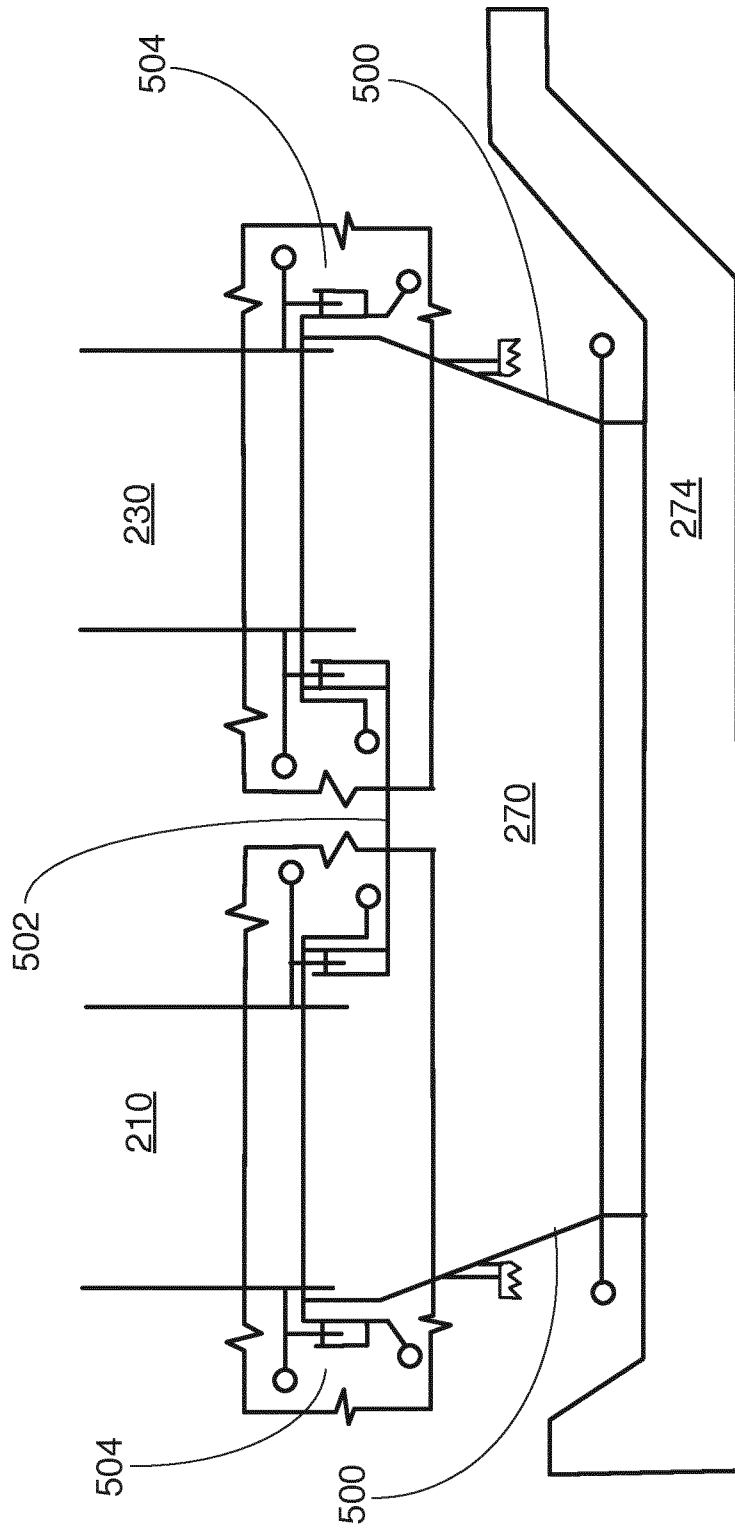


FIG. 4

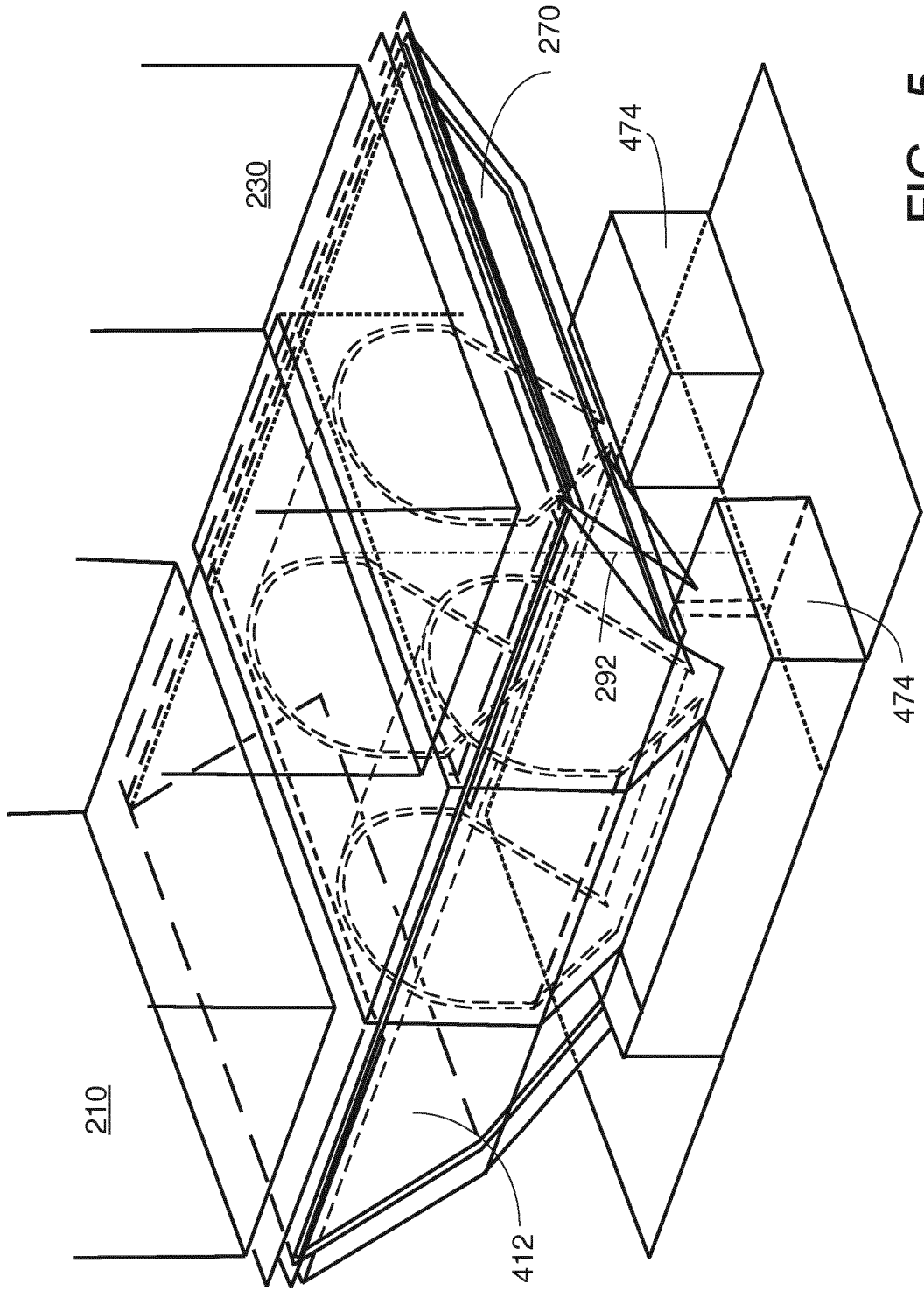


FIG. 5

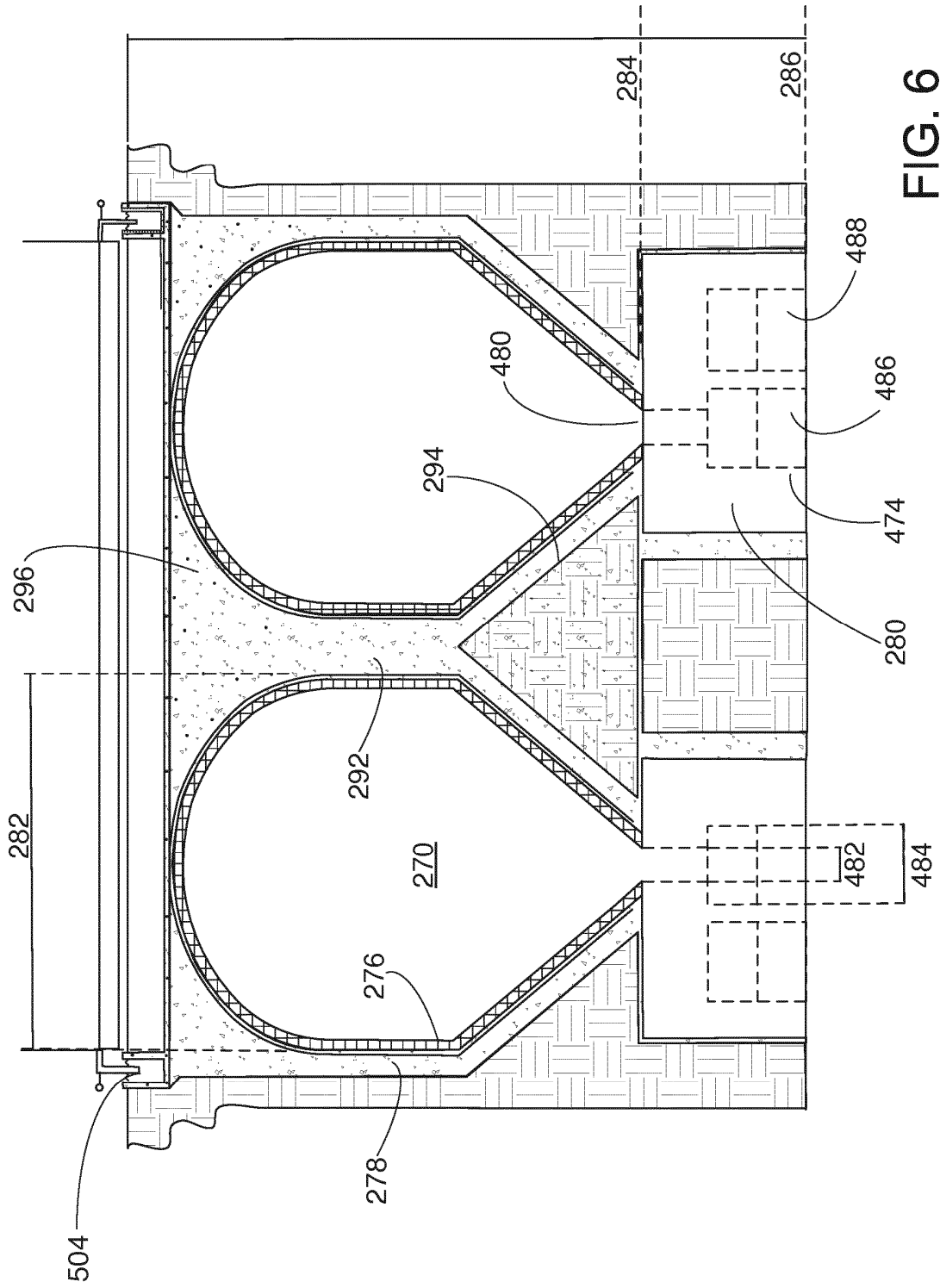


FIG. 6

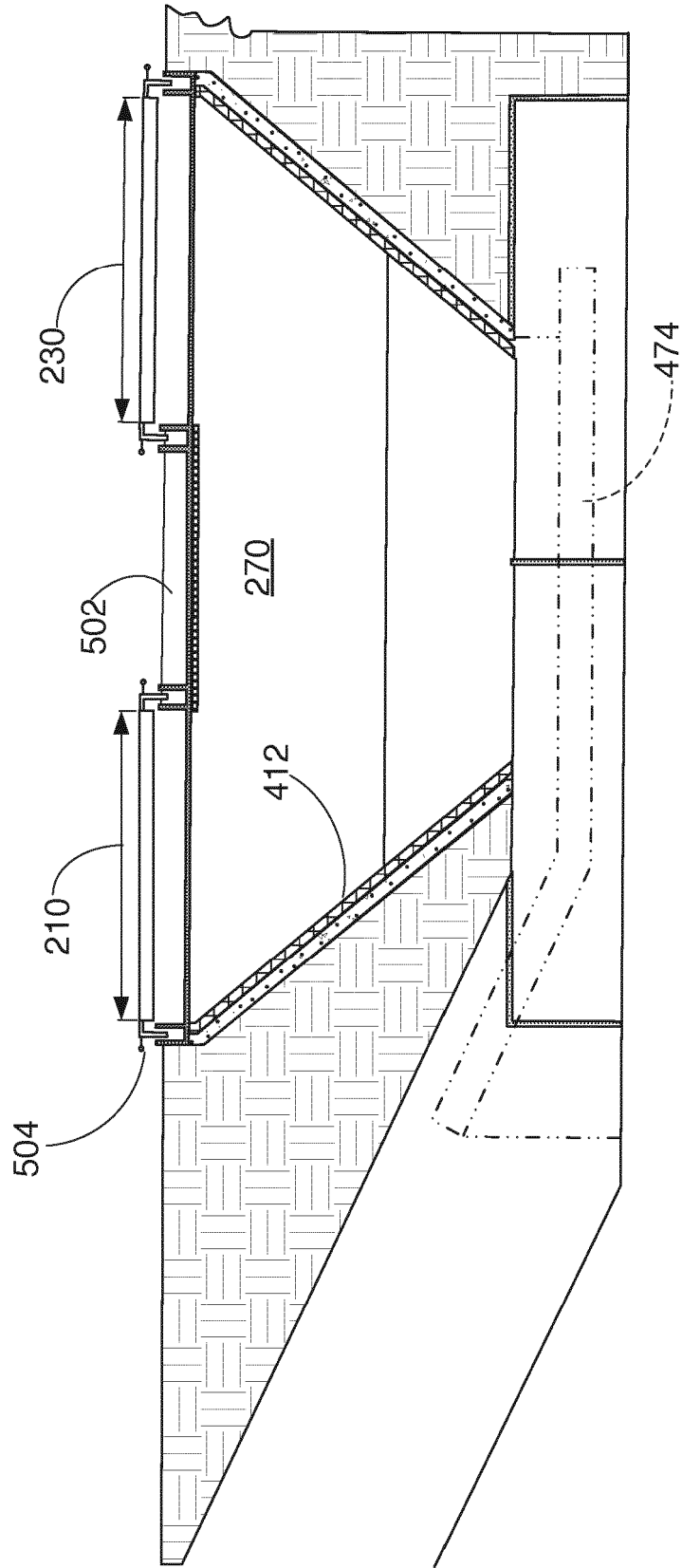


FIG. 7

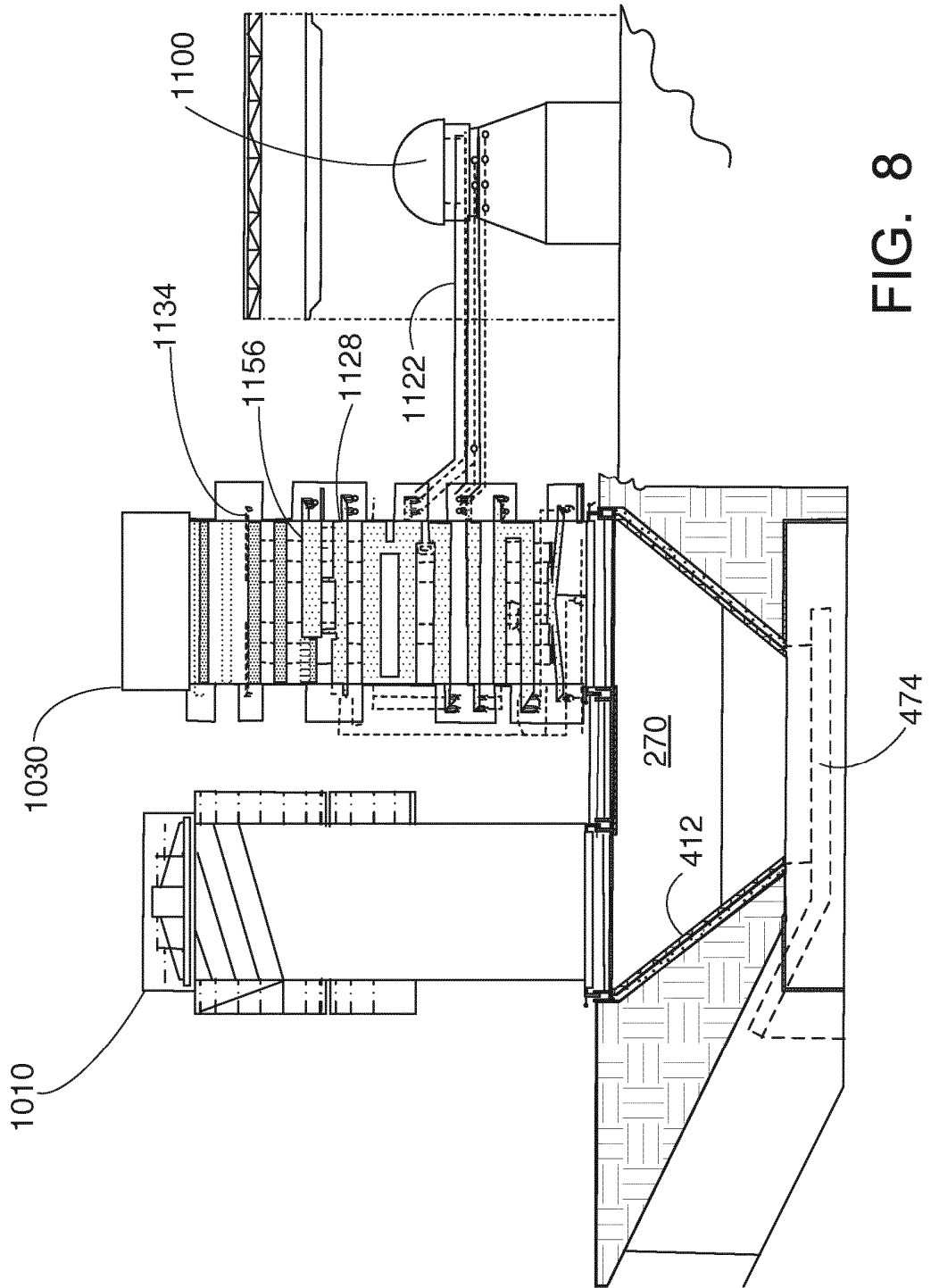


FIG. 8

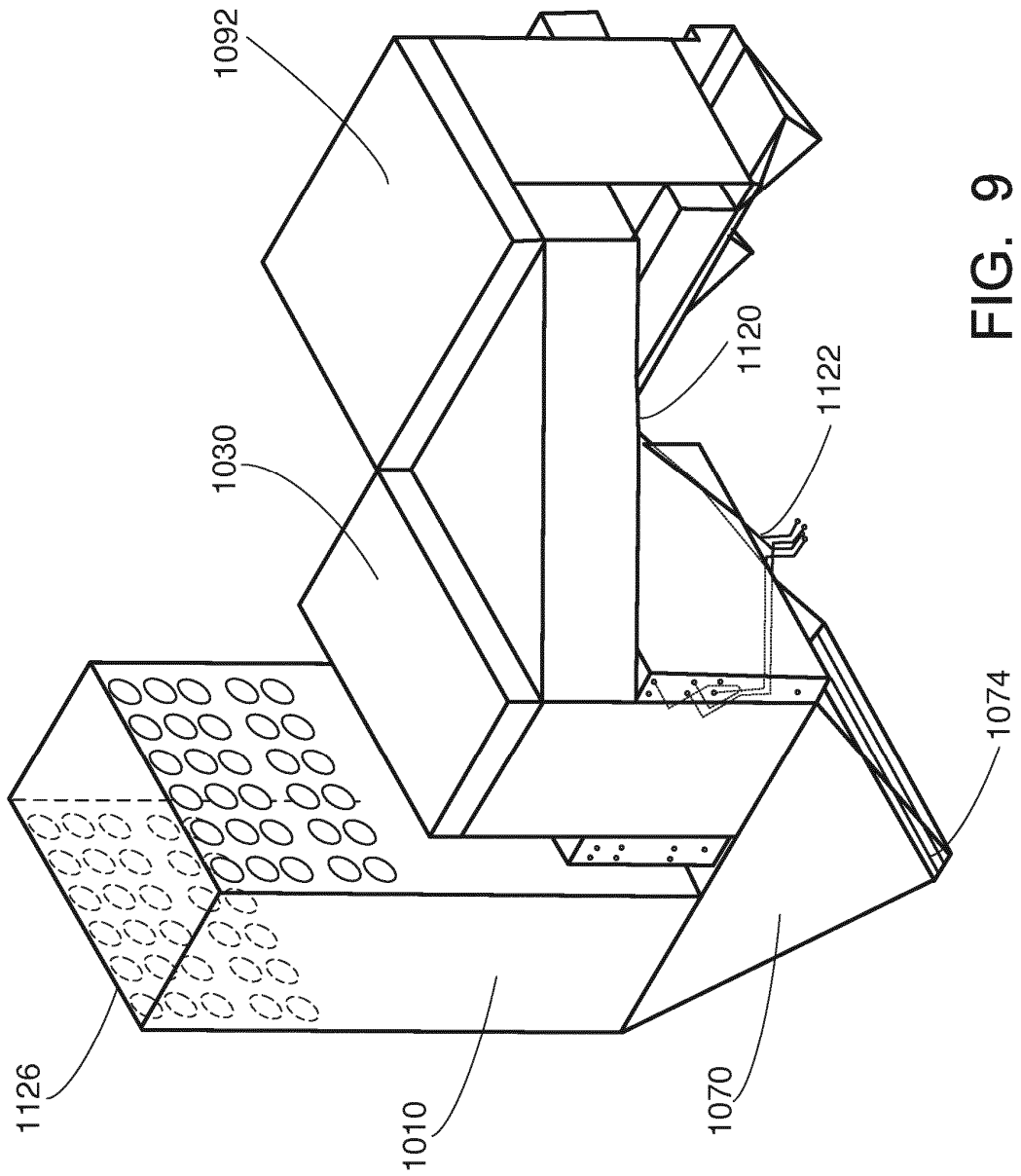


FIG. 9

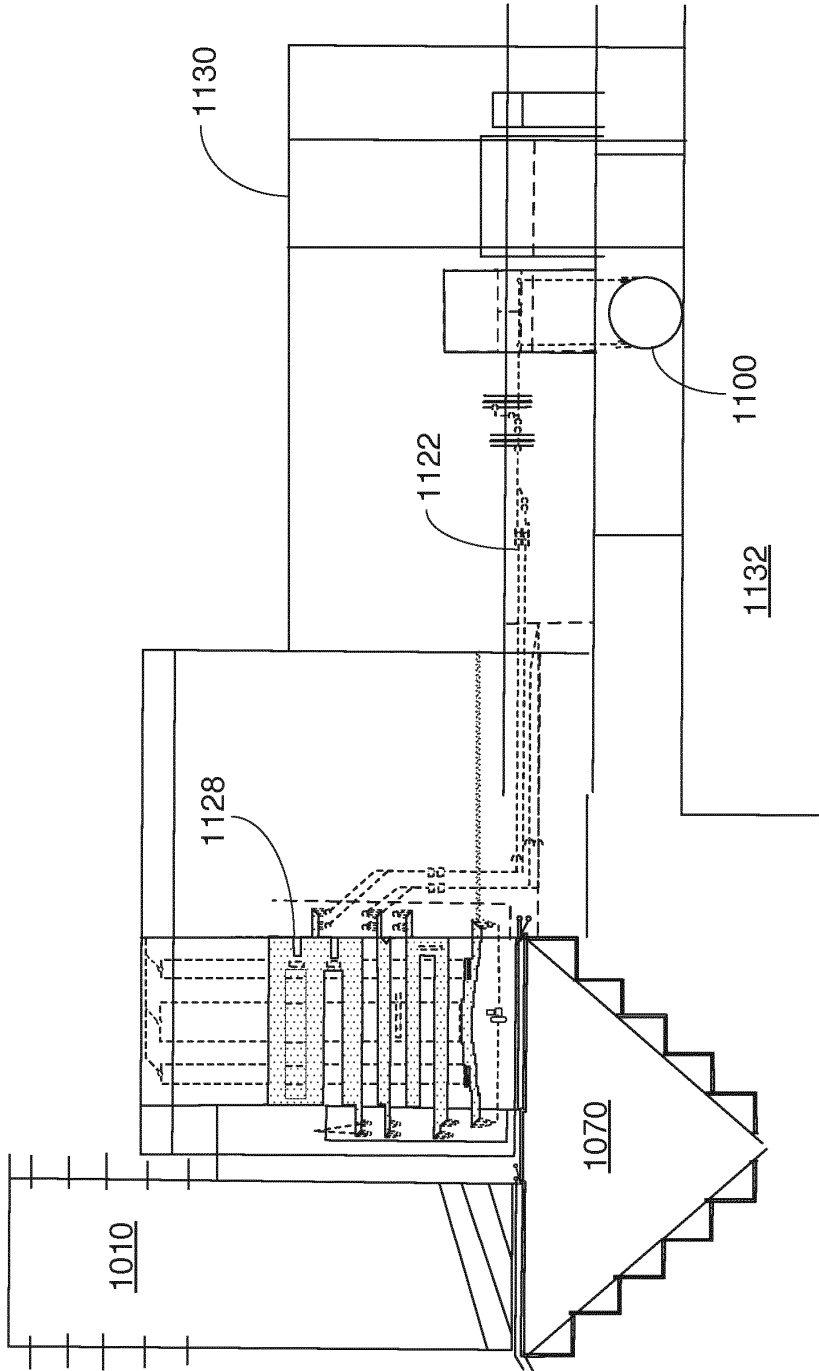


FIG. 10

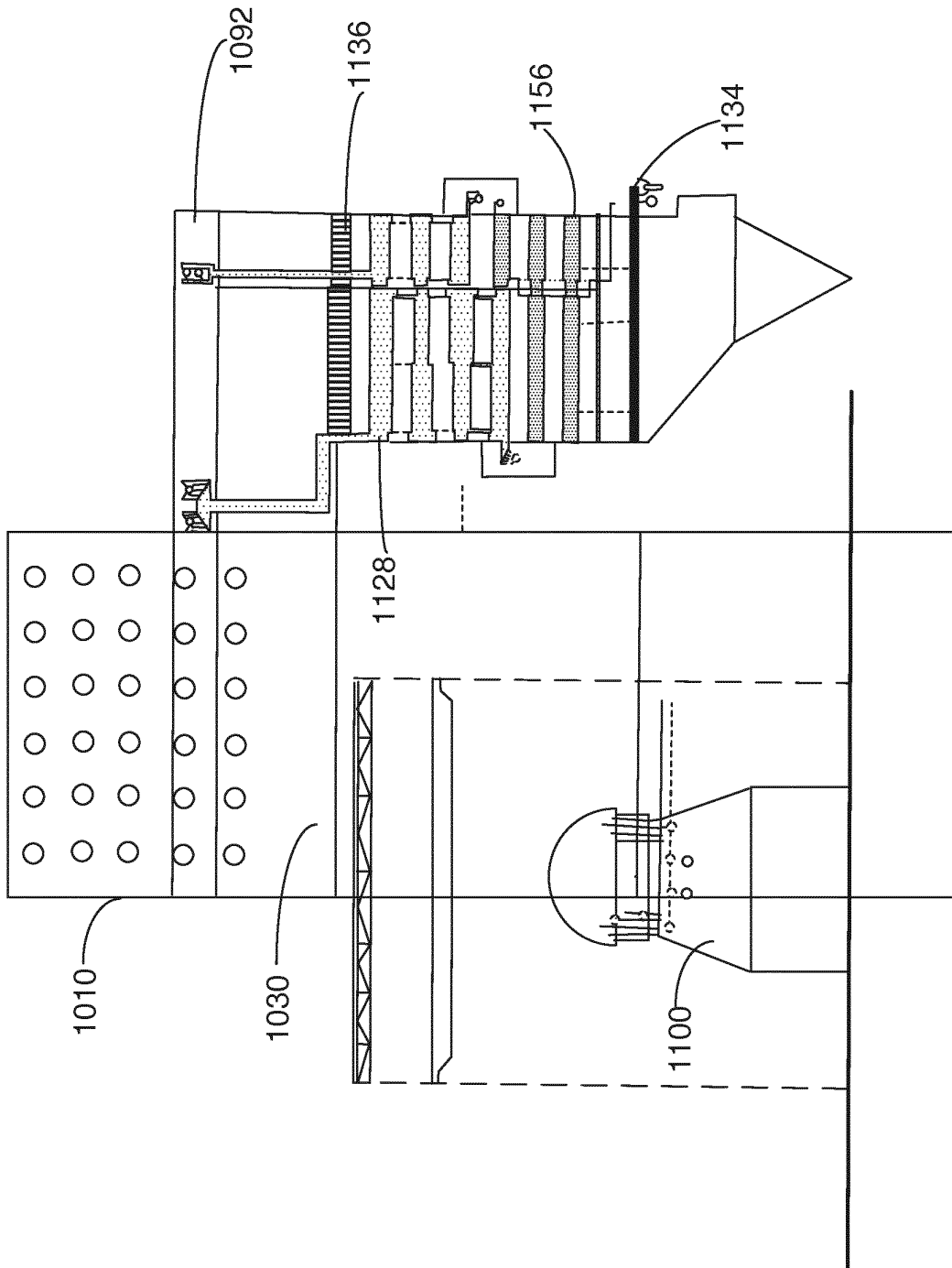


FIG. 11

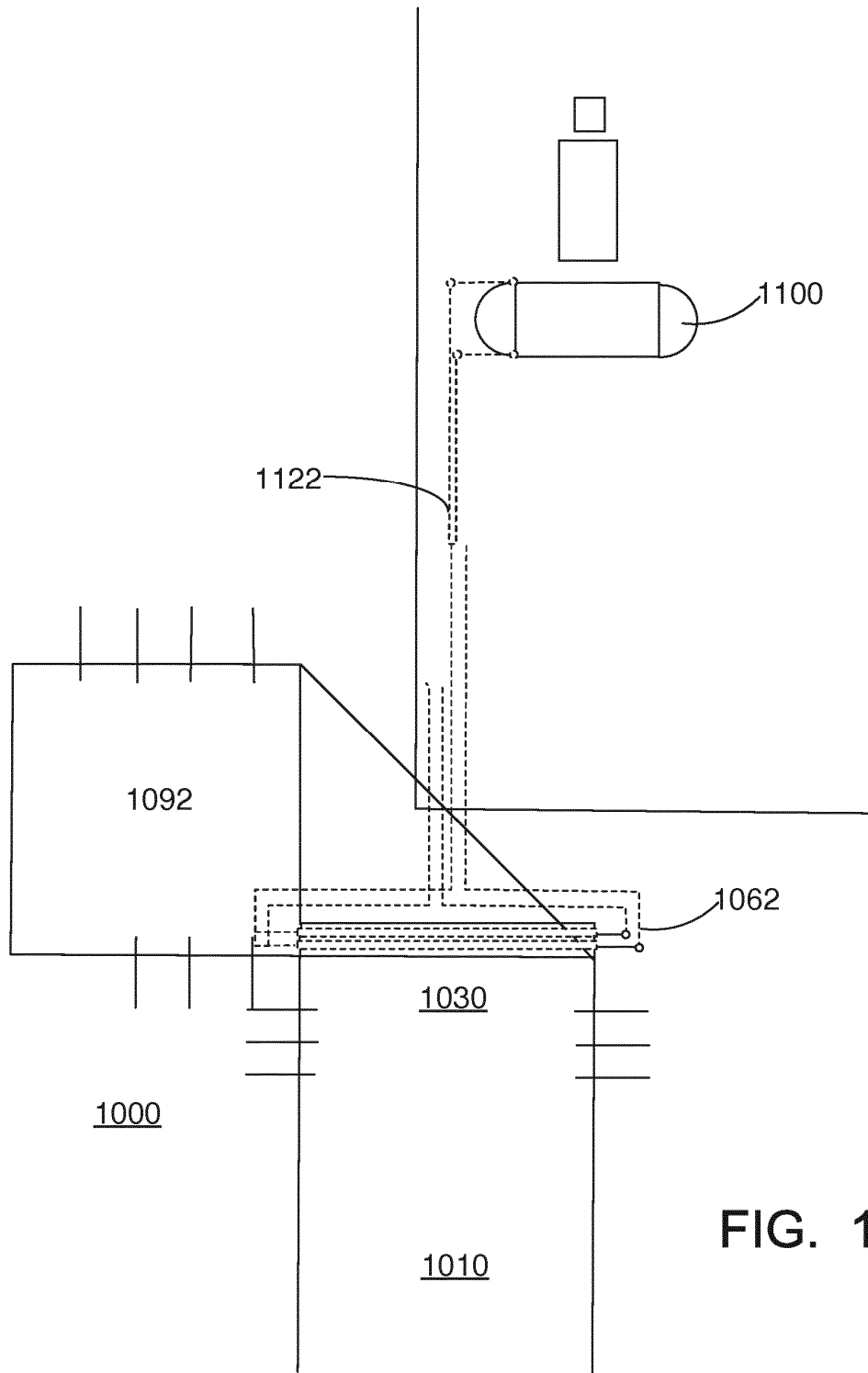


FIG. 12

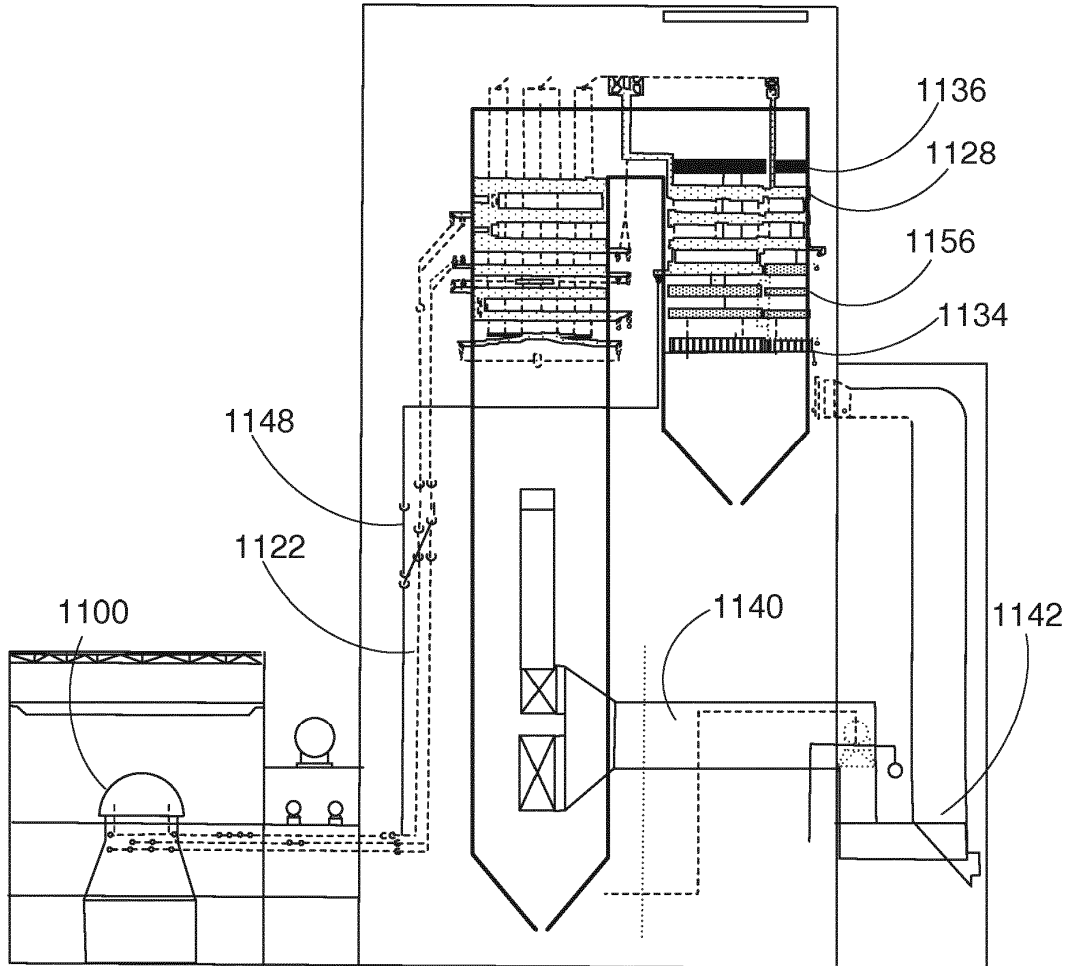


FIG. 13

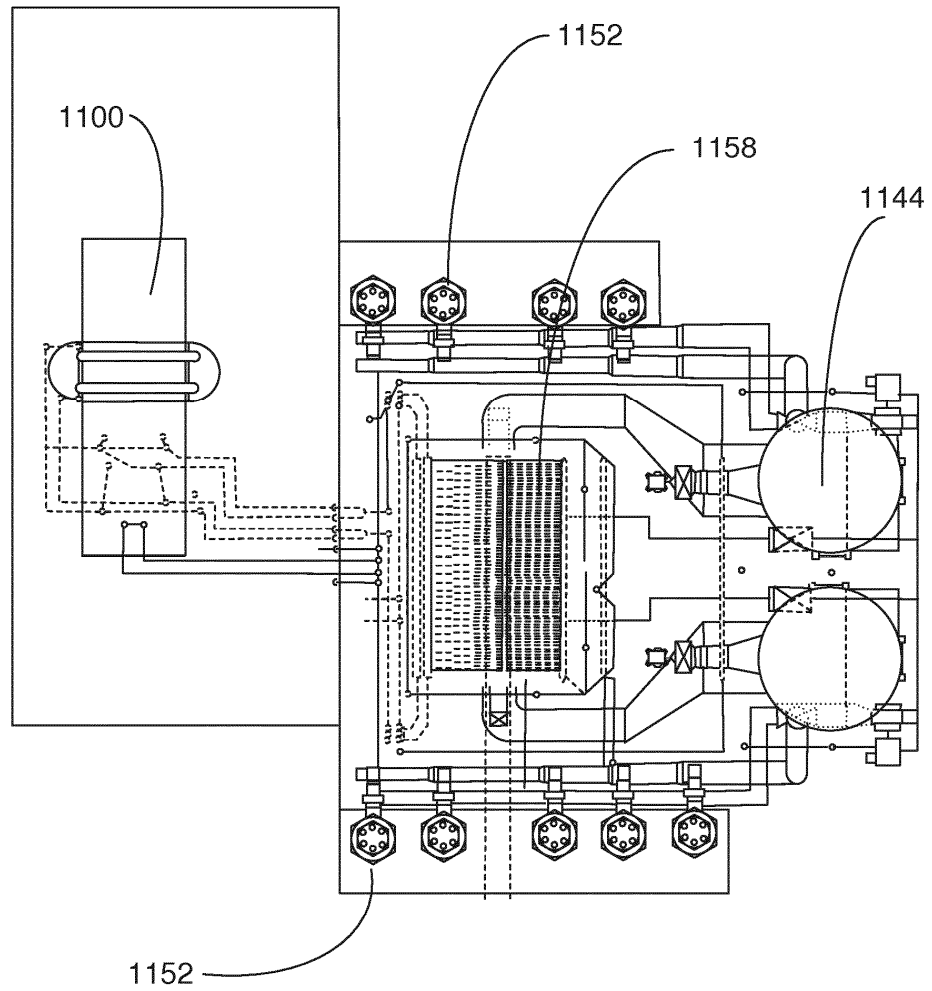


FIG. 14

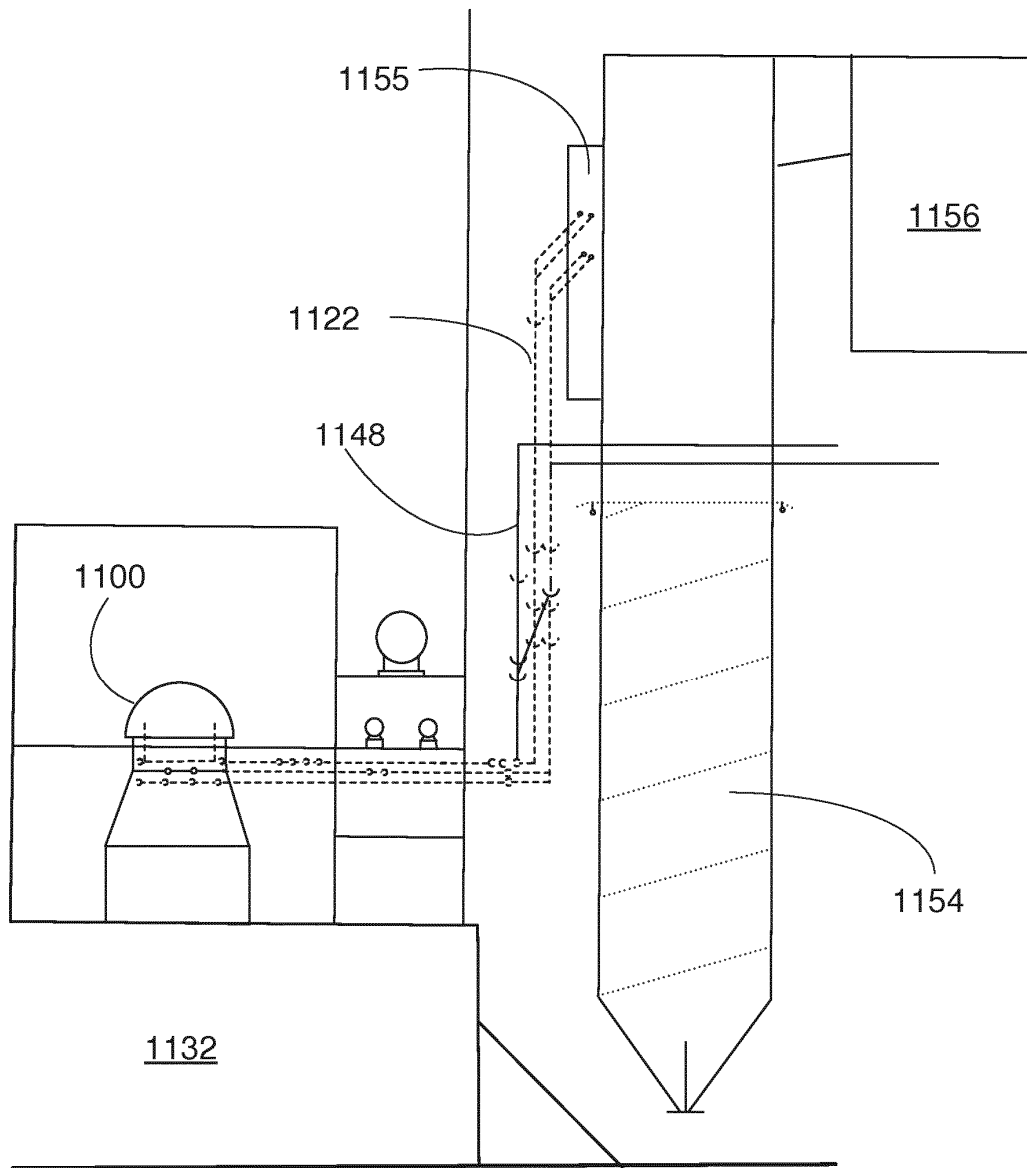


FIG. 15

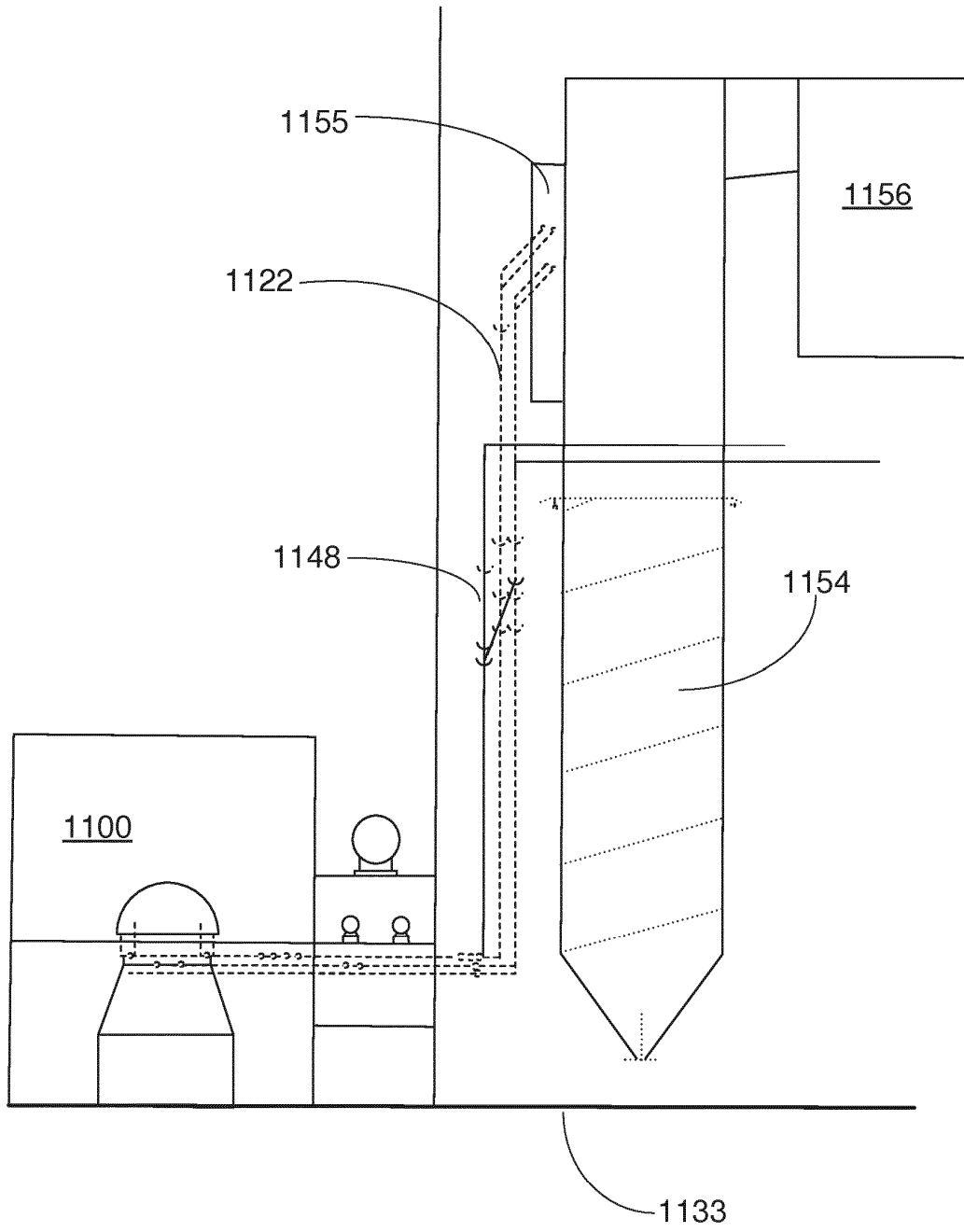


FIG. 16

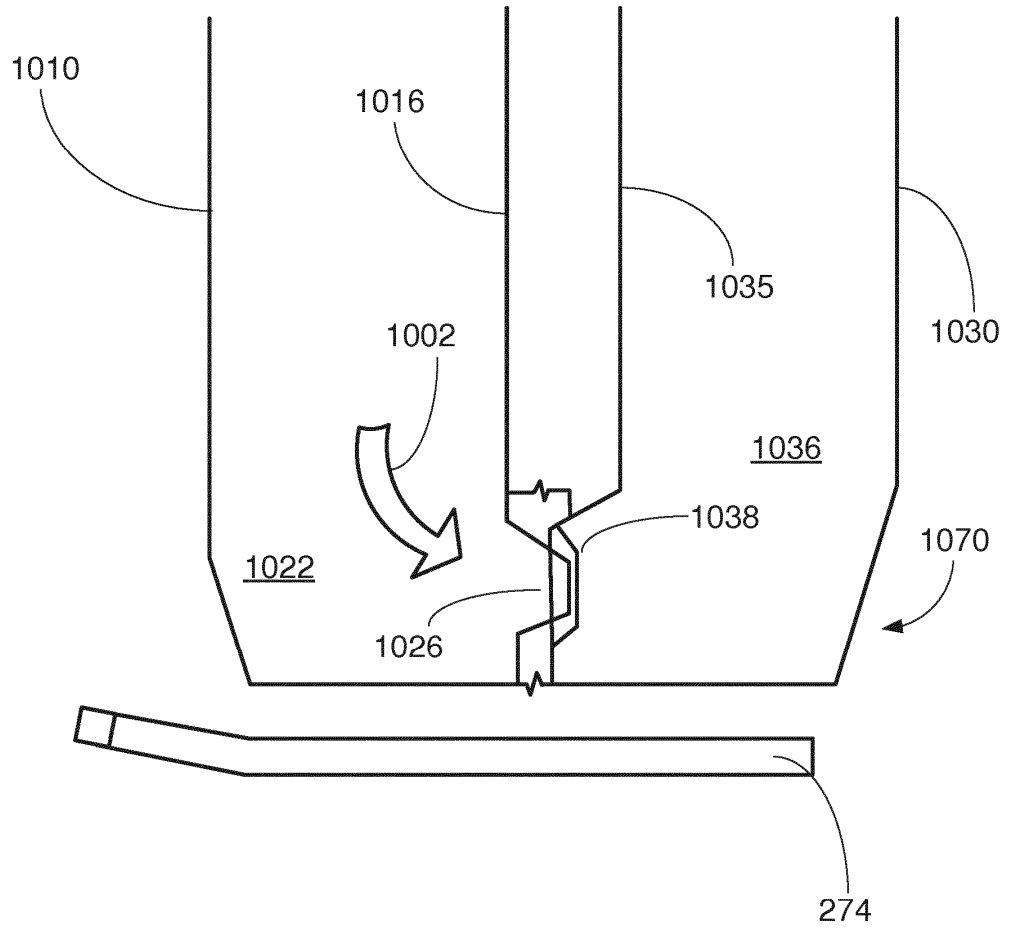


FIG. 17