

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 607 302**

51 Int. Cl.:

F28D 15/00 (2006.01)

F22B 21/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.04.2012 PCT/US2012/032828**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.11.2012 WO12148656**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.04.2012 E 12716894 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.09.2016 EP 2702324**

54 Título: **Generador de vapor de agua para recuperación de calor y evaporador multitambor**

30 Prioridad:
25.04.2011 US 201161478695 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.03.2017

73 Titular/es:
**NOOTER/ERIKSEN, INC. (100.0%)
1509 Ocello Drive
Fenton, MO 63026, US**

72 Inventor/es:
JACKSON, BRADLEY, N.

74 Agente/Representante:
DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 607 302 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 de agua para recuperación de calor y evaporador multitambor

Campo técnico

5 Esta invención está relacionada con generadores de vapor de agua para recuperación de calor ("HRSG", del inglés *heat recovery steam generator*), y más particularmente con evaporadores de HRSG para producir vapor de agua saturado y con procesos en un HRSG utilizado por evaporadores.

Antecedentes de la técnica

10 Las turbinas de gas que alimentan a generadores eléctricos descargan gases de escape a temperaturas extremadamente altas. Los generadores de vapor de agua para recuperación de calor (HRSG) extraen el calor de los gases para producir vapor de agua que alimenta turbinas que a su vez impulsa más generadores eléctricos.

15 El HRSG típico incluye múltiples intercambiadores de calor ubicados uno tras otro en el flujo de un gas de escape caliente desde una turbina de gas. Entre los intercambiadores de calor hay un economizador para elevar la temperatura del agua de alimentación, un evaporador para convertir el agua de alimentación a temperatura más alta descargada por el economizador en vapor de agua saturado, y un supercalentador para convertir el vapor de agua saturado en vapor de agua supercalentado. Muchos HRSG tienen más de un economizador, un evaporador y un supercalentador que funcionan a diferentes presiones. La patente europea EP 0915288 describe un HRSG de este tipo.

20 Algunos HRSG utilizan evaporadores de tipo circulación. El evaporador típico de tipo circulación, que se basa en diferencias de densidad para hacer circular agua a través de él, incluye un tambor de vapor de agua elevado y un serpentín compuesto de tubos ubicados en el flujo del gas caliente, con los extremos inferiores de los tubos conectados al tambor a través de un tubo de descenso y los extremos superiores en comunicación con el tambor a través de tubos de subida. Agua calentada entregada por una bomba a través de un economizador fluye al tambor de vapor de agua donde se mezcla con vapor de agua y agua ya en el tambor. El agua desde el tambor fluye hacia abajo a través del tubo de descenso a extremos inferiores de los tubos. El agua sube enseguida hacia arriba en los tubos y absorbe suficiente calor del gas que fluye a través del serpentín para volverse saturada. Una parte del agua saturada se convierte en vapor de agua saturado. El agua saturada y el vapor de agua saturado fluyen hacia arriba al tambor de vapor de agua. El vapor de agua saturado se separa del agua en el tambor de vapor de agua y fluye a un supercalentador. Cuando un evaporador de tipo circulación tiene los tubos de su serpentín orientados horizontalmente, puede ser necesaria una bomba para hacer circular el agua a través del serpentín.

30 Algunos HRSG tienen grandes evaporadores de tipo circulación natural de alta capacidad que funcionan a altas presiones. Estos evaporadores tienen grandes tambores de vapor de agua para aceptar la alta capacidad y paredes gruesas para aguantar la presión. Ciertamente, un tambor de vapor de agua para un evaporador de gran capacidad y alta presión puede tener un diámetro externo de 2,032 m (80 pulgadas) y paredes que son de 0,15 m o 0,17 m (seis o siete pulgadas) de grosor. La gran capacidad del tambor de vapor de agua se traduce en un gran volumen y proporciona al tambor tiempo de retención, es decir, permite al tambor suministrar agua al serpentín en ausencia de la entrega de agua al tambor. Esto protege el serpentín contra daño si falla el suministro de agua al evaporador.

40 Con el fin de evitar la sobrecarga de componentes del HRSG, particularmente los tambores de vapor de agua de sus evaporadores, el HRSG debe someterse a una puesta en marcha prolongada durante la que se controla la tasa de calentamiento, a menudo introduciendo puntos de retención en el procedimiento de puesta en marcha. La puesta en marcha prolongada retrasa el funcionamiento del HRSG en máximo rendimiento. Además, el retraso alarga el tiempo necesario para llevar el HRSG - y cualquier turbina de gas con la que se pueda acoplar - a cumplir requisitos de emisiones.

Breve descripción de los dibujos

45 La figura 1 es una vista en sección esquemática de un HRSG equipado con un evaporador convencional de tipo circulación natural y también con un evaporador de tipo circulación natural construido según, y que incorpora, la presente invención; y

La figura 2 es una vista en alzado esquemática del evaporador de la presente invención.

Mejores modos de llevar a cabo la invención

50 Haciendo referencia ahora a los dibujos, (figura 1), un generador de vapor de agua para recuperación de calor (HRSG) A tiene componentes, que son básicamente intercambiadores de calor, organizados en sucesión dentro de un alojamiento semejante a un conducto 2 para suministrar vapor de agua supercalentado a bajas y altas presiones. El alojamiento 2 tiene una entrada 4 y una salida 6. Gas caliente, que puede ser el escape de una turbina de gas, entra al alojamiento 2 en la entrada 4 y dentro del alojamiento 2 fluye a través de los varias componentes que

ES 2 607 302 T3

extraen calor del gas y convierten agua de alimentación líquida en vapor de agua supercalentado a baja y alta presión.

Entre los componentes de baja presión del HRSG A están un economizador 10 para elevar la temperatura del agua de alimentación, un evaporador 12 para convertir el agua del economizador 10 en vapor de agua saturado, y un supercalentador 14 para convertir el vapor de agua saturado del evaporador 12 en vapor de agua supercalentado. Economizador 10, evaporador 12 y supercalentador 14 típicamente funcionan a baja presión. El evaporador 12 puede adoptar la forma de un evaporador convencional de tipo circulación natural, y, como tal, tendrá un único tambor de vapor de agua 16 de configuración cilíndrica ubicado encima de un serpentín 18 a través del que fluye el gas caliente. El gas puede ser el escape de una turbina de gas que alimenta un generador eléctrico.

Además de sus componentes de baja presión, el HRSG tiene componentes de alta presión similares - es decir un economizador 20 para calentar agua de alimentación que está inicialmente en fase líquida, un evaporador de alta presión 22 que recibe el agua calentada del economizador 20 y la convierte en vapor de agua saturado, y un supercalentador de alta presión 24 que convierte el vapor de agua saturado del evaporador 22 en vapor de agua supercalentado a alta presión. Preferiblemente, con referencia al flujo de gas caliente a través del alojamiento 2, el supercalentador 24 se encuentra aguas arriba del evaporador 22, y el evaporador 22 se encuentra aguas arriba del economizador 20. El evaporador 22 tiene la capacidad de aguantar altas presiones que llegan a 193 bar (2800 psig), incluso se puede llevar a su temperatura de funcionamiento sin excesivos puntos de retención. Ciertamente, se puede poner en funcionamiento sin puntos de retención.

Realmente, un evaporador construido como el evaporador 22 puede ser sustituido por el evaporador 12. El HRSG A puede tener más de dos juegos de economizadores, evaporadores y supercalentadores, o puede tener un solo juego.

El evaporador 22 incluye (figura 2) dos tambores de vapor de agua de configuración cilíndrica, ubicados en elevaciones ligeramente diferentes - es decir, un tambor inferior de almacenamiento 32 y un tambor superior de separación 34 que también puede funcionar como tambor de almacenamiento. Los ejes longitudinales de ambos tambores 32 y 34 se extienden horizontalmente, y preferiblemente son paralelos. Ambos son más pequeños que un único tambor de vapor de agua tradicional para un evaporador diseñado para capacidad similar y también presión y tiempo de retención. Además, tienen paredes que son más delgadas que los de único tambor de vapor de agua. Los dos tambores 32 y 34 se conectan a través de una línea de drenaje 36 que se extiende entre el fondo del tambor superior 34 y la región inferior del tambor inferior 32, es decir, debajo del punto medio del lado del tambor 32. También se conectan a través de una línea de respiradero 38 que se extiende entre la parte superior del tambor inferior 32 y el lado de región superior del tambor superior 34 - ciertamente cerca de la parte superior del tambor 34. El tambor inferior 32 se conecta con una línea de entrada 40 que se abre en su región inferior. Se dirige agua, que está principalmente en fase líquida, a la línea de entrada 40 y de ahí al tambor 32 mediante una bomba que se conecta al economizador 20, con el suministro controlado por un sistema de control convencional de tres elementos. Sin embargo, la línea de entrada 40 se puede conectar en cambio con la región inferior del tambor superior 34. El tambor superior 34 tiene una línea de salida 42 conectada a él en su parte más superior, y la línea de salida 42 lleva al supercalentador 24 ubicado aguas arriba en el flujo de gas caliente desde el evaporador 22. Dentro de su interior el tambor superior 34 contiene dispositivos primario y secundario de separación vapor de agua-agua 44 y 46, respectivamente. Los dos tambores 32 y 34 se pueden ubicar ya sea dentro o encima del alojamiento 2.

Adicionalmente, el evaporador de alta presión 22 tiene un serpentín 50 que se encuentra dentro del interior del alojamiento 2, de modo que el gas caliente fluirá a través de él. El serpentín 50 incluye colectores inferiores 52 y colectores superiores 54 así como múltiples tubos 56 que se extienden verticalmente entre los colectores 52 y 54 en varias filas. Los colectores inferiores 52 se conectan al fondo del tambor inferior 32 a través de un tubo de descenso 60. Los colectores superiores 54 se comunican con el tambor superior 34 a través de tubos de subida 62 que se abren en el fondo del tambor superior 34.

En funcionamiento del evaporador 22, se entrega agua, que está principalmente en fase líquida, a alta presión desde el economizador 20 al tambor inferior 32 en la línea de entrada 40 o puede fluir al tambor superior 34 si la línea de entrada 40 se conecta a él. Si ocurre lo último, el agua encontrará su camino hacia el tambor inferior 32 a través de la línea de drenaje 36. Realmente, el agua que llega a través de la línea de entrada 40 se mezcla con agua saturada que entra al tambor superior 34 a través de los tubos de subida 62 y luego fluye desde el tambor superior 34 a través de la línea de drenaje 36 al tambor inferior 32. El agua en el tambor inferior 32 se descarga al tubo de descenso 60 y fluye hacia abajo a través del tubo de descenso 60 a los colectores inferiores 52. Desde allí entra a los tubos 56 del serpentín 50 en los extremos inferiores de los tubos 56, que sirven como entradas para los tubos 56. El gas caliente que fluye sobre los tubos 56 calienta el agua en los tubos 56 a la temperatura de ebullición a la presión a la que funciona el serpentín 50, y parte del agua se transforma en vapor de agua saturado. El resto del agua en las elevaciones superiores de los tubos 56 permanece como agua saturada y mantiene húmedas las superficies interiores de los tubos 56 de modo que el serpentín 50 no se sobrecalienta. La mezcla de vapor de agua saturado y agua saturada deja los tubos 56 en sus extremos superiores, que son salidas, y fluye hacia arriba a través de los tubos de subida 62 y al tambor de vapor de agua superior 34. Allí el vapor de agua se separa del agua y se marcha a través de la línea de salida 42 que la dirige al supercalentador 24 ubicado aguas arriba en el flujo del gas desde el evaporador 22. El agua saturada fluye a través de la línea de drenaje 36 al tambor inferior 32 para recircular a través

del tubo de descenso 60, el serpentín 50 y los tubos de subida 62. Parte del vapor de agua saturado puede acompañar al agua saturada que fluye a través de la línea de drenaje 36 al tambor inferior 32, pero pasa de nuevo al tambor superior 34 a través de la línea de respiradero 38. La circulación natural del agua a través del evaporador 22, incluyendo su serpentín 50, puede basarse enteramente en convección natural.

5 Los dos tambores 32 y 34 tienen juntos la misma capacidad que un único tambor en un evaporador de tiempo de retención equivalente que funciona a la misma presión, incluso cada uno es considerablemente más pequeño en diámetro y como tal puede aguantar la alta presión con una pared sustancialmente más delgada, que tiene cada uno. Mientras la pared de un único tambor para un evaporador de alta capacidad y de alta presión puede ser de 0,15 m o 0,17 m (6 o 7 pulgadas) de grosor, las paredes de los tambores 32 y 34 para el evaporador 22 que funciona a una presión y capacidad equivalentes, únicamente tiene que ser de 0,10 m o 0,13 m (4 o 5 pulgadas) de grosor o incluso menos. Aunque tienen la capacidad del tiempo de retención de un único tambor, los dos tambores 32 y 34 requieren menos tiempo para calentarse y llegar a la temperatura de funcionamiento para el evaporador 22. Esto a su vez acorta el ciclo de puesta en marcha para el HRSG A.

10 En lugar de un único tambor inferior 32, el evaporador 22 puede tener dos o más tambores inferiores 32. También, los tubos 56 del serpentín 50 se pueden abrir directamente al tambor de vapor de agua superior 34, eliminando así los colectores superiores 54 y tubos de subida 62. Además, si bien los tambores 32 y 34 son cilíndricos, uno o ambos, si bien son alargados, pueden tener otras configuraciones en sección transversal. La convección natural en el evaporador 22 puede ser complementada con una bomba.

15 Realmente, no es necesario que el evaporador 22 se base en convección natural en absoluto para hacer circular agua a través de él, pero en cambio basarse en circulación forzada proporcionada por una bomba. El evaporador 22 modificado así puede tener los tubos 56 de su serpentín 50 extendidos horizontalmente en el flujo de gas caliente a través del alojamiento 2, con las entradas de los tubos 56 abriéndose a un colector que se conecta con el tambor inferior 32 y sirve como tubo de descenso 60 y las salidas de los tubos 56 se abren en otro colector que lleva al tambor superior 34 y sirve como tubo de subida 62.

20
25

REIVINDICACIONES

1. Un generador de vapor de agua para recuperación de calor (A) que comprende:
un alojamiento (2) que tiene una entrada (4) a la que se dirige un gas caliente y una salida (6) a través de la que se descarga el gas, por lo que el gas fluye a través del alojamiento (2) desde su entrada (4) a su salida (6);
- 5 un economizador (20) ubicado en el alojamiento (2) de manera que el gas fluye a través de él, el economizador (20) se conecta a una fuente de agua de alimentación que está esencialmente en fase líquida para elevar la temperatura del agua de alimentación;
un evaporador (22) para convertir agua, que está principalmente en fase líquida, en vapor de agua saturado, dicho evaporador (22) comprende: un tambor superior (34) orientado horizontalmente; un serpentín (50) que tiene tubos (56) ubicados en un flujo de un gas caliente y provistos de entradas y salidas, con las salidas de los tubos (56) en comunicación con el tambor superior (34); el evaporador (22) tiene su serpentín (50) ubicado en el alojamiento (2) aguas arriba, en el flujo de gas, desde el economizador (20), con la línea de entrada (40) del evaporador (22) conectada al economizador (20) para recibir del economizador (20) agua que ha se ha sometido a calentamiento en el economizador (20); y
- 10 un supercalentador (24) ubicado en el alojamiento (2) aguas arriba, en el flujo del gas, del evaporador (22), con la línea de salida (42) del evaporador (22) conectada al supercalentador (24), todo de manera que el supercalentador (24) convierte el vapor de agua saturado del evaporador (22) en vapor de agua supercalentado;
y caracterizado por que el evaporador (22) comprende además al menos un tambor inferior (32) orientado horizontalmente y ubicado en una elevación más baja que el tambor superior (34); una línea de drenaje (36) que conecta la región inferior del tambor superior (34) al tambor inferior (32); una línea de entrada (40) que se abre a uno de los tambores; una línea de salida (42) que sale de la región superior del tambor superior (34) y en donde las entradas de los tubos (56) de serpentín están en comunicación con el tambor inferior (32).
- 20 2. Un generador de vapor de agua para recuperación de calor según la reivindicación 1 en donde los tubos (56) del serpentín (50) de evaporador están en comunicación con el tambor inferior (32) en el fondo del tambor inferior.
- 25 3. Un generador de vapor de agua para recuperación de calor según la reivindicación 2 en donde los tubos (56) del serpentín (50) de evaporador están en comunicación con el tambor superior (34) en el fondo del tambor superior.
4. Un generador de vapor de agua para recuperación de calor según la reivindicación 3 en donde los tubos (56) de evaporador se extienden verticalmente y tienen sus entradas en sus extremos inferiores, y comprende además un tubo de descenso (60) que conecta el tambor inferior (32) con las entradas de los tubos.
- 30 5. Un generador de vapor de agua para recuperación de calor según la reivindicación 4 en donde las salidas de los tubos (56) de evaporador están en los extremos superiores de los tubos (56) y comprenden además al menos un tubo de subida (62) que conecta las salidas de los tubos (56) con el tambor superior (34).
6. Un generador de vapor de agua para recuperación de calor según la reivindicación 4 en donde la línea de entrada (40) de evaporador se abre al tambor inferior (32).
- 35 7. Un generador de vapor de agua para recuperación de calor según la reivindicación 4 en donde la línea de drenaje (36) de evaporador se abre a la región inferior del tambor inferior (32).
8. Un generador de vapor de agua para recuperación de calor según la reivindicación 1 en donde al menos uno de los tambores (32, 24) de evaporador es cilíndrico.
9. Un generador de vapor de agua para recuperación de calor según la reivindicación 1 en donde los tambores superior e inferior (32, 34) de evaporador son cilíndricos.
- 40 10. Un método para convertir agua en vapor de agua saturado en un generador de vapor de agua para recuperación de calor, dicho método comprende:
proporcionar un generador de vapor de agua para recuperación de calor (A) que comprende:
un alojamiento (2) que tiene una entrada (4) a la que se dirige un gas caliente y una salida (6) a través de la que se descarga el gas, por lo que el gas fluye a través del alojamiento (2) desde su entrada (4) a su salida (6);
- 45 un economizador (20) ubicado en el alojamiento (2) de manera que el gas fluye a través de él, el economizador (20) se conecta a una fuente de agua de alimentación que está esencialmente en fase líquida para elevar la temperatura del agua de alimentación;
un evaporador (22) para convertir agua, que está principalmente en fase líquida, en vapor de agua saturado, dicho evaporador (22) comprende: un tambor superior (34) orientado horizontalmente; al menos un tambor inferior (32)
- 50

- orientado horizontalmente y ubicado en una elevación más baja que el tambor superior (34); una línea de drenaje (36) que conecta la región inferior del tambor superior (34) al tambor inferior (32); una línea de entrada (40) que se abre a uno de los tambores; una línea de salida (42) que sale de la región superior del tambor superior (34); un serpentín (50) que tiene tubos (56) ubicados en un flujo de un gas caliente y provistos de entradas y salidas, con las
- 5 entradas de los tubos (56) en comunicación con el tambor inferior (32) y las salidas de los tubos (56) en comunicación con el tambor superior (34); el evaporador (22) tiene su serpentín (50) ubicado en el alojamiento (2) aguas arriba, en el flujo de gas, del economizador (20), con la línea de entrada (40) del evaporador (22) conectada al economizador (20) para recibir del economizador (20) agua que se ha sometido a calentamiento en el economizador (20); y
- 10 un supercalentador (24) ubicado en el alojamiento (2) aguas arriba, en el flujo del gas, del evaporador (22), con la línea de salida (42) del evaporador (22) conectada al supercalentador (24), todo de manera que el supercalentador (24) convierte el vapor de agua saturado del evaporador (22) en vapor de agua supercalentado; y
- que incluye además las etapas de:
- 15 introducir un flujo de agua que está principalmente en fase líquida en uno de dos tambores horizontales de vapor de agua (32, 34), uno de los cuales se ubica más alto que el otro y en su región inferior está en comunicación con el tambor inferior (32) de modo que el tambor inferior contiene agua que está en fase líquida;
- calentar un flujo de agua del tambor inferior de vapor de agua (32) suficientemente como para transformar el agua en agua saturada y vapor de agua saturado;
- dirigir el agua saturada y el vapor de agua al tambor superior de vapor de agua (34);
- 20 dirigir el agua saturada del tambor superior vapor de agua (34) de nuevo al tambor inferior de vapor de agua (32); y
- extraer el vapor de agua saturado del tambor superior de vapor de agua (34).
11. El proceso según la reivindicación 10 en donde el calentamiento ocurre en el serpentín (50) sobre el que fluye gas caliente.
- 25 12. El proceso según la reivindicación 10 en donde los tambores de vapor de agua (32, 34) son alargados y tienen ejes longitudinales que son horizontales.
13. El proceso según la reivindicación 12 en donde los tambores de vapor de agua (32, 34) son cilíndricos.
14. El proceso según la reivindicación 12 en donde el agua, cuando se calienta y se transforma en agua saturada y vapor de agua saturado, fluye por circulación natural.

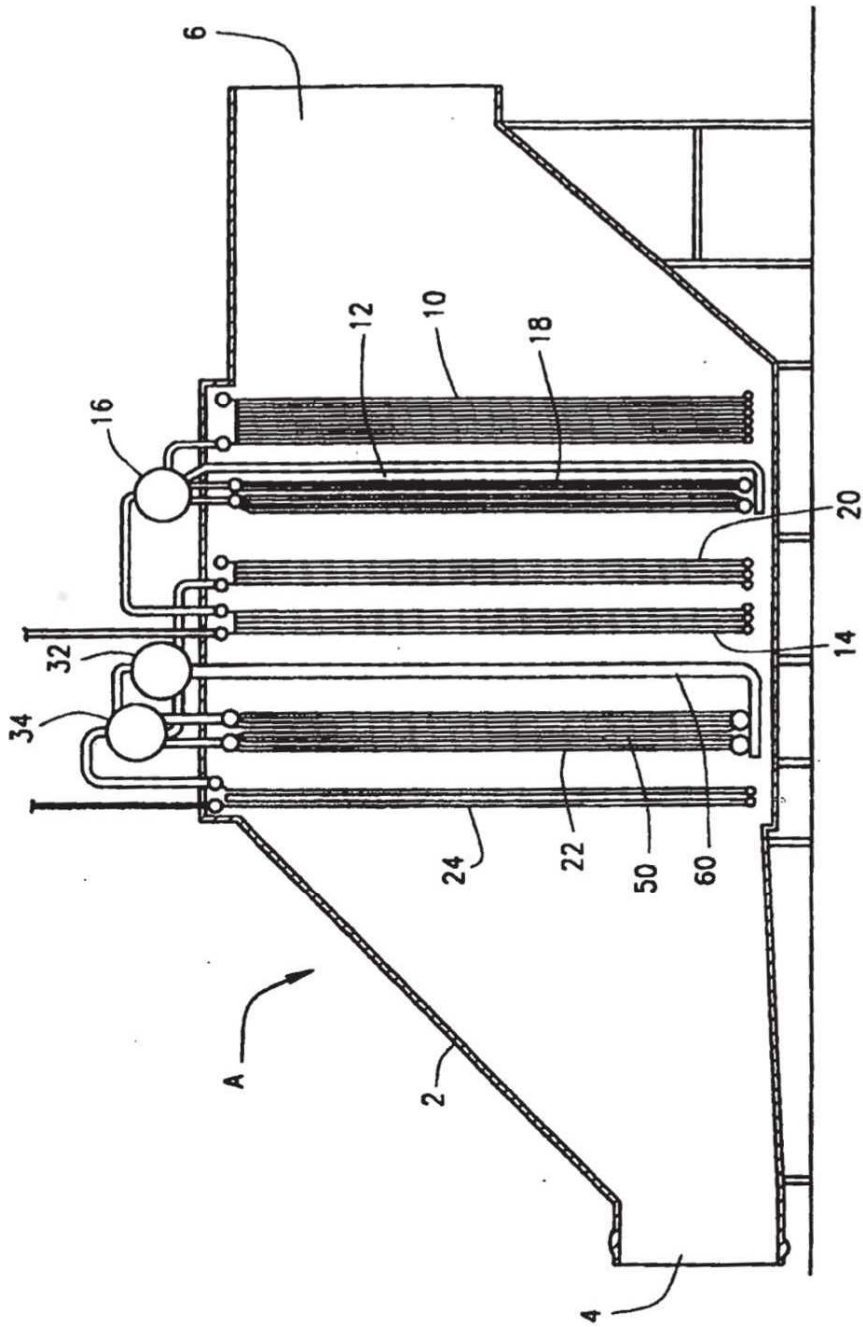


FIG. 1

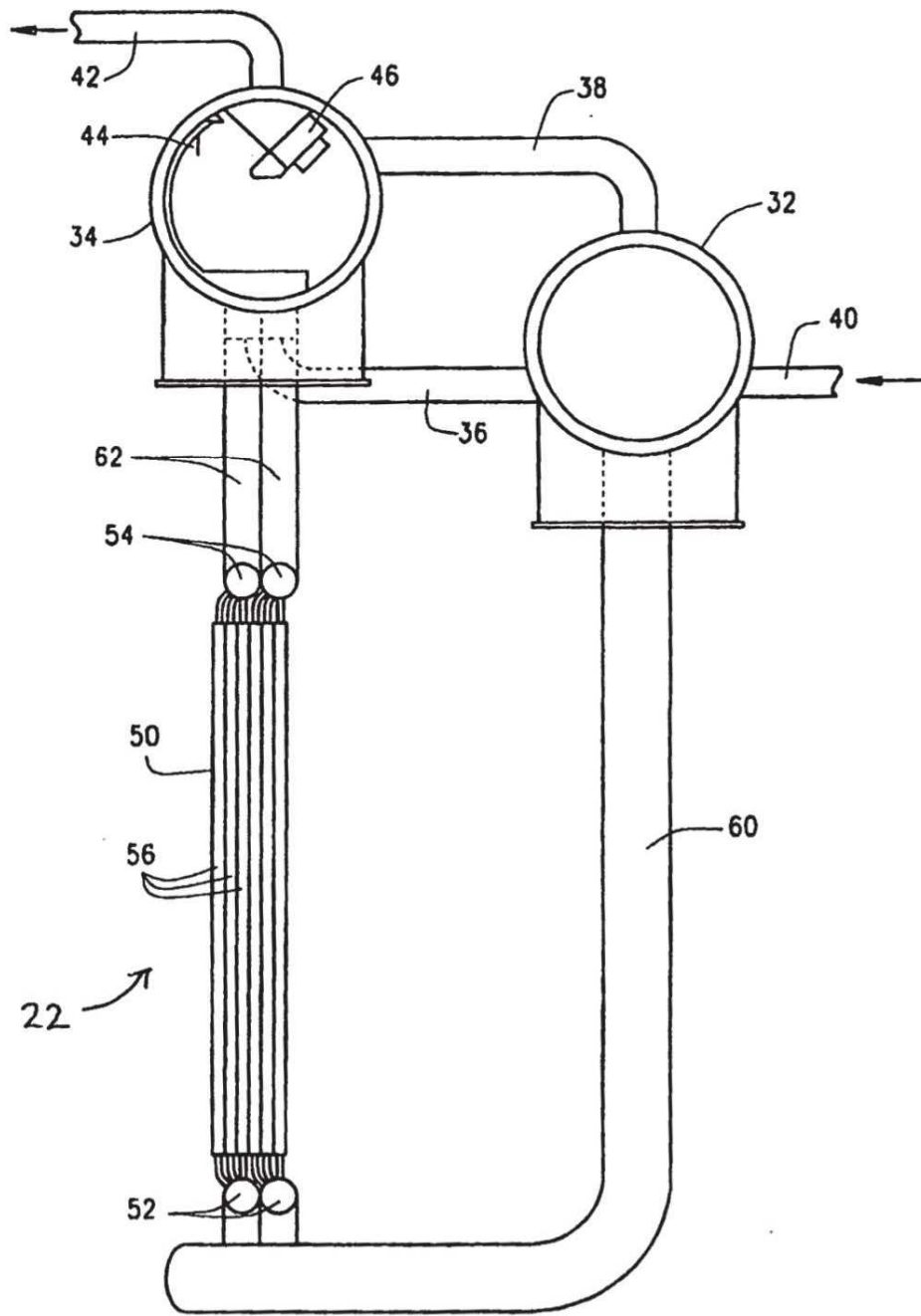


FIG. 2