



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 327 501**

51 Int. Cl.:
F22B 1/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02784722 .7**

96 Fecha de presentación : **04.12.2002**

97 Número de publicación de la solicitud: **1454093**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **08.09.2004**

54 Título: **Proceso de evaporación para generar vapor saturado.**

30 Prioridad: **05.12.2001 US 337370 P**
27.06.2002 US 183244

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
30.10.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
30.10.2009

73 Titular/es: **Nooter/Eriksen, Inc.**
1509 Ocello Drive
Fenton, Missouri 63026, US

72 Inventor/es: **Schroeder, Joseph, E.**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 327 501 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

Proceso de evaporación para generar vapor saturado.

5 Esta invención se refiere en general a generadores de vapor de agua y más particularmente a un proceso de evaporación.

Antecedentes

10 Muchos de los equipos para generar energía eléctrica se basan en el vapor de agua y, para ello, hay una diversidad de procesos industriales. En todos los casos, gases calientes, en muchos casos generados por combustión, pasan a través de un generador que convierte agua en vapor de agua recalentado. Típicos de estas instalaciones son generadores de vapor de agua, de recuperación de calor, que se usan para extraer calor de los gases calientes descargados por turbinas de gas que accionan generadores eléctricos. El calor extraído produce vapor de agua que pasa por una turbina de vapor que acciona otro generador eléctrico.

El generador típico de vapor de agua, además de un conducto a través del cual pasan los gases calientes, en su forma más básica incluye tres componentes adicionales, a saber, un recalentador, un evaporador y un economizador o calentador del agua de alimentación, dispuestos en este orden con respecto al flujo de los gases en el conducto. El agua 20 circula en dirección contraria, esto es, a través del economizador donde se calienta aunque permanece líquida, después a través del evaporador donde se convierte en vapor de agua saturado y después a través del recalentador donde el vapor de agua saturado se convierte en vapor de agua recalentado.

Los evaporadores pueden ser de dos configuraciones básicas: del tipo de circulación y del tipo de proceso directo, 25 cada uno con sus propias ventajas e inconvenientes. Las dos tienen un conjunto de tubos en el conducto a través del cual pasan los gases calientes.

En el tipo de circulación, los tubos están en un circuito con un calderín de vapor de agua encima de los tubos. El calderín contiene agua que sale del calderín, pasa por un tubo vertical de bajada y después entra en los tubos donde 30 parte se convierte en vapor de agua, pero el vapor de agua existe en forma de burbujas en el agua, y retorna a través de un tubo de subida al calderín de vapor de agua. Aquí el vapor de agua, que es saturado, se separa del agua líquida y pasa al recalentador. Es reemplazado por agua de alimentación suministrada al calderín. Los tubos de un evaporador de circulación permanecen húmedos siempre, es decir, existe agua líquida en contacto con la superficie interior de todos los tubos y esto promueve una buena transferencia de calor. Además, las impurezas, como sales disueltas, se concentran en el agua presente en el calderín y en el resto del circuito de circulación, dejando que el vapor de agua saturado 35 salga prácticamente exento de ellas. Un flujo pequeño de agua, conocido como purga, es extraído del calderín para controlar la acumulación de impurezas. Para hacer circular el agua en el evaporador, la mayoría de los evaporadores de circulación dependen totalmente de la diferencia de densidad entre el agua del tubo vertical de bajada y la mezcla de agua-vapor de agua de los tubos, aunque algunos tienen la ayuda de una bomba. Además, un evaporador de circulación contiene un depósito de agua almacenada. Así, el fallo de una bomba no afecta inmediatamente al funcionamiento del evaporador que lo haría vulnerable a un recalentamiento. También, los evaporadores de circulación funcionan muy bien en una amplia gama de condiciones de carga. Finalmente, los evaporadores de circulación predominan y, como consecuencia, los operadores de calderas están familiarizados con su funcionamiento.

45 Pero los evaporadores de circulación tienen sus inconvenientes. Quizás el más importante de estos es el gasto atribuible a los calderines de vapor de agua y a los tubos verticales de bajada y cabezales grandes para suministrar agua a sus tubos. Además, los depósitos de agua contenidos en ellos requieren tiempo para alcanzar la temperatura de ebullición por lo que se alarga el tiempo de puesta en marcha de un evaporador de circulación.

50 Los evaporadores de proceso directo no requieren tubos verticales de bajada ni calderines por lo que sólo el agua almacenada en ellos está en los propios tubos. Esto permite llevar un evaporador de proceso directo a sus condiciones operativas más rápidamente que un evaporador de circulación natural. Sin embargo, un evaporador de proceso directo debe convertir totalmente el agua en vapor de agua por lo que sólo sale de él y entra al recalentador vapor de agua saturado. Del evaporador no debe salir agua líquida. Como consecuencia, ciertas zonas de los tubos están secas, es 55 decir, su superficie interior no está humectada por agua líquida. La transferencia de calor disminuye significativamente en estas zonas, incluso aunque las zonas funcionen a temperaturas superiores a las de las zonas húmedas. Algunos fabricantes de evaporadores de proceso directo recurren a metales hiperalcados para permitir que los tubos soporten mejor las temperaturas elevadas. Mientras un evaporador de circulación descarga vapor de agua exento prácticamente de impurezas, un evaporador de proceso directo descarga vapor de agua que contiene todas las impurezas presentes en el agua de alimentación bombeada al evaporador. Por lo tanto, es necesario tratar el agua de alimentación para eliminar la mayor parte posible de impurezas.

Por lo tanto, los evaporadores de circulación y de proceso directo tienen cada uno ventajas e inconvenientes.

65 La patente de Estados Unidos número 5.419.285 describe una caldera que permite una cantidad pequeña de vaporización en los tubos de un solo paso del economizador. Los tubos de un solo paso de flujo ascendente están situados al final del economizador por lo que, si hierve fluido en el final del economizador, puede salir vapor de agua a través de los tubos de un solo paso.

Resumen de la invención

La presente invención proporciona un proceso para producir vapor de agua saturado a partir de un flujo de gases calientes, comprendiendo el citado proceso: introducir agua líquida en unos primeros tubos situados en el flujo de los gases, introducir el agua líquida procedente de los primeros tubos en un recipiente y hacer circular el agua líquida desde el recipiente a través de unos segundos tubos situados en el flujo de los gases y retornarla después al recipiente; caracterizado: por forzar el agua líquida a través de los primeros tubos a una velocidad suficiente para permitir que el interior de los primeros tubos esté totalmente humectado por el agua y se produzca vapor de agua en el agua, teniendo el vapor de agua un título de por lo menos 20%, con lo que el agua que sale de los primeros tubos tiene vapor de agua atrapado; separar del agua líquida que sale de los primeros tubos el vapor de agua atrapado; hacer circular el agua líquida desde el recipiente a través de los segundos tubos siendo la circulación tal que el interior de los segundos tubos permanece humectado en su totalidad por el agua y se produce vapor en el agua por lo que el agua que entra en el recipiente procedente de los segundos tubos tiene vapor de agua atrapado; y en el recipiente separar del agua que sale de los segundos tubos el vapor de agua atrapado.

A continuación se describe un evaporador que tiene muchas de las ventajas y pocos de los inconvenientes de un evaporador de circulación y de un evaporador de proceso directo. Para este fin, el evaporador incluye unos primeros tubos situados en un flujo de gases calientes, unos segundos tubos situados también en el flujo de gases calientes y un recipiente conectado a los primeros y segundos tubos de modo que recibe agua de los primeros tubos y este agua circula desde el recipiente a través de los segundos tubos y retorna al recipiente.

Un evaporador para extraer calor de una corriente de gases calientes y convertir agua líquida en vapor de agua saturado comprende: unos primeros tubos situados en la corriente y conectados a una fuente de agua líquida, un recipiente en comunicación con los primeros tubos, unos segundos tubos situados en la corriente de gases calientes y conectados al recipiente de modo que el agua circula desde el recipiente a través de los segundos tubos y una descarga del recipiente; caracterizado porque el agua líquida está y circula a través de los primeros tubos a un caudal que permite que los primeros tubos conviertan el agua en una mezcla de agua y vapor de agua, siendo el título del vapor de agua de por lo menos aproximadamente 20%, el recipiente contiene y recibe el agua líquida y vapor de agua de los primeros tubos, en los segundos tubos el vapor de agua queda atrapado en el agua por lo que el agua y el vapor de agua atrapado retornan al recipiente, y la descarga contiene vapor de agua saturado que sale del recipiente.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista esquemática en sección transversal de un generador de vapor de agua equipado con un evaporador, y

la figura 2 es una vista esquemática de un evaporador.

Mejor modo de realizar la invención

Con referencia ahora a los dibujos, un generador A de vapor de agua (figura 1) incluye básicamente un conducto 2 que tiene una boca de entrada 4 y una boca de descarga 6. La boca de entrada 4 está conectada a una fuente de gases calientes, como una turbina de gas o un incinerador, y estos gases circulan a través del conducto 2 saliendo por la boca de descarga 6. Además, el generador A de vapor de agua incluye un recalentador 12, un evaporador 14 y un economizador o calentador del agua de alimentación 16, dispuestos en el conducto 2 en este orden desde la boca de entrada 4 a la boca de salida 6. Así, los gases calientes circulan primero a través del recalentador 12, después a través del evaporador 14 y finalmente a través del economizador 16. El agua circula en dirección contraria. Más específicamente, el economizador 16 está conectado a una bomba de alimentación de agua 18 que suministra agua líquida de alimentación al economizador 16. El economizador extrae calor de los gases calientes y transfiere este calor al agua líquida que circula a través de aquél con lo que eleva la temperatura del agua. Después de salir del economizador, el agua líquida circula a través del evaporador 14. El evaporador 14 eleva aún más la temperatura del agua líquida (en realidad, lo suficiente para convertir parte del agua en vapor de agua saturado). El vapor de agua saturado circula a través del recalentador 12 que eleva su temperatura convirtiéndolo en vapor de agua recalentado que se puede usar para accionar una turbina o en un proceso industrial o incluso para calentar un edificio. El recalentador 12 y el economizador 16 son básicamente un haz de tubos. El evaporador 14 es más complejo.

El evaporador 14 representa, en cierta medida, una combinación de un evaporador de proceso directo y un evaporador de circulación natural. Como tal, incluye (figura 2) una sección de proceso directo 22 y una sección de circulación natural 24. Por la tubería de alimentación 26 se introduce en la sección de proceso directo 22 agua caliente procedente del economizador 16, agua que está en fase líquida, y en las dos secciones 22 y 24 este agua caliente se transforma en vapor de agua saturado que se descarga de la sección de circulación natural 24 a una tubería de descarga 28 que la suministra al recalentador 12.

Considerando primero la sección de proceso directo 22, ésta incluye (figura 2) tubos 34 que están en un conducto 2 por lo que los gases calientes pasan por encima de ellos. Incluye también una tubería de conexión 36 que lleva a la sección de circulación natural 24. El economizador 16 suministra agua caliente a los tubos 34 de la sección de proceso directo 22 donde parte del agua se convierte en vapor de agua saturado en los tubos 34. El flujo es tal que el título del vapor de agua de salida es bajo y el interior de los tubos 34 está humectado en su totalidad, controlándose este flujo por

ES 2 327 501 T3

la bomba de alimentación de agua 18. Así, en el interior de los tubos 34 hay agua líquida, aunque ésta puede contener burbujas de vapor de agua saturado. Al contrario que un evaporador convencional de proceso directo, los tubos 34 de la sección de proceso directo 22 no tienen sus paredes secas. En efecto, la disposición es tal que asegura que los tubos 34 están totalmente humectados y asegura también que el título del vapor de agua en la tubería de conexión 36 está en el intervalo entre 20 y 90% y preferiblemente entre 40 y 60%. “Título” significa la fracción en peso de la mezcla de agua y vapor de agua que es realmente vapor de agua. Así, un flujo con un título de vapor de agua del 40% contiene 40% en peso de vapor de agua y 60% en peso de agua líquida.

La sección de circulación natural 24 incluye (figura 2) un calderín de vapor de agua 42, que es un recipiente cilíndrico situado fuera y encima del conducto 2, y tubos 44 situados en el conducto 2. Además, la sección de circulación natural 24 tiene un tubo vertical de bajada 46 que se dirige hacia abajo desde el calderín 42, por fuera del conducto 2, y en su extremo inferior comunica con un cabezal de distribución 48 que se extiende por el conducto 2 y al que están conectados los extremos inferiores de los tubos 44. También, la sección de circulación natural 24 tiene un cabezal colector 50 en el que los extremos superiores de los tubos 44 comunican con el conducto 2 y tubos de subida 52 que van desde el cabezal colector 50 al calderín 42. Finalmente, el calderín 42 tiene conectada una tubería de purga 54.

El calderín de vapor de agua 42, el tubo vertical de bajada 46, los dos cabezales 48 y 50 así como los tubos 44 entre estos y los tubos de subida 52 contienen todos agua líquida y este agua procede de la sección de proceso directo 22. A este fin, la tubería de conexión 36 procedente de los tubos 34 de la sección de proceso directo 22 comunica con el calderín 42. La sección de proceso directo 22 suministra al calderín 42 agua líquida suficiente para mantener siempre el calderín 42 parcialmente lleno de agua líquida. La tubería de conexión 36 comunica con el calderín 42 por debajo del nivel de agua presente en el calderín 42, igual que los tubos de subida 52. El tubo vertical de bajada 46 y la tubería de purga 54 salen del calderín 42 por debajo del nivel de agua presente en el calderín 42.

Los tubos 34 y 44 de las dos secciones 22 y 24, respectivamente, pueden estar dispuestos lado a lado en el conducto 2 o los tubos 34 pueden estar delante de los tubos 44 o los tubos 44 pueden estar delante de los tubos 34. Se prefiere la última disposición.

En el funcionamiento del generador A de vapor de agua, la bomba de alimentación de agua 18 suministra agua fría de alimentación al economizador 16, que se calienta cuando aquélla pasa a través de éste. El agua caliente de alimentación entra en la sección de proceso directo 22 del evaporador 14 donde por lo menos el 20% y preferiblemente el 50% se convierte en vapor de agua saturado y el resto permanece como agua que circula a través de la sección de circulación natural 24 y se convierte en más vapor de agua saturado. El vapor de agua producido en las dos secciones 22 y 24 sale del evaporador 14 por la tubería de descarga 28 que lo dirige al recalentador 12. En el recalentador 12 el vapor de agua saturado procedente del evaporador 14 se convierte en vapor de agua recalentado.

Considerando con más detalle el funcionamiento del evaporador 14, la bomba de alimentación de agua 18 introduce el agua en los tubos 34 de la sección de proceso directo 22 y los tubos 34, que se calientan por los gases calientes en el conducto 2, transfieren calor al agua. Los tubos 34 funcionan a una temperatura algo mayor que el punto de ebullición del agua por lo que una parte del agua, pero no toda, presente en los tubos 34 se transforma en vapor de agua saturado. En realidad, el flujo a través de los tubos 34 es lo suficientemente grande para producir un vapor de agua con un título entre 20 y 90%, preferiblemente entre 40 y 60%. Como el título es menor que 100%, el interior de los tubos 34 está totalmente humectado. El vapor de agua producido en los tubos 34 toma la forma de burbujas atrapadas en el agua líquida. Este agua sale de los tubos 34 y entra en la tubería de conexión 36 que la dirige al calderín de vapor de agua 42 de la sección de circulación natural 24.

La propia sección de circulación natural 24 está llena de agua líquida, hasta un nivel que llena parcialmente el calderín 42 que forma la parte más alta del evaporador 14. La tubería de conexión 36 descarga el agua (y vapor de agua) de la sección de proceso directo 22 al calderín de vapor de agua 42 por debajo del nivel del agua líquida presente en el calderín 42. Después de entrar en el calderín 42, el vapor de agua atrapado escapa de la porción superior del calderín 42 y de aquí sale del calderín 42 a la tubería de descarga 28. El agua líquida procedente de la sección de proceso directo 22 se mezcla con el agua presente en el calderín 42. Este agua representa el único aporte de agua líquida al calderín 42 y a toda la sección de circulación natural 24. Las impurezas presentes en el agua que entra en el calderín 42 procedente de la sección de proceso directo 22 permanecen en el agua presente en el calderín 42. Como en un sistema convencional de circulación natural, pocas de estas impurezas permanecen en el vapor de agua que sale.

El agua que se suministra al calderín 42 de la sección de circulación natural representa la fuente de agua para esa sección 24. El agua líquida recogida en el calderín 42 sale del calderín 42 al tubo vertical de bajada 46 y después al cabezal de distribución 48 donde es distribuida a los tubos 44 de la sección 24. Los gases calientes presentes en el conducto 2 cruzan los tubos 44 calentándolos y, en consecuencia, los tubos 44 transfieren calor poseído por los gases al agua presente en los tubos 44. Parte del agua hierve, aunque no toda, por lo que el interior de los tubos 44 también permanece humectado en su totalidad asegurando así una transferencia eficiente de calor de los gases al agua. El vapor de agua que se produce como consecuencia de la ebullición existe en forma de burbujas en el agua que sale de los tubos 44. Este agua, con el vapor de agua atrapado, sale de los tubos 44 al cabezal 50 y de éste a los tubos de subida 52 que la retorna al calderín de vapor 42. El vapor de agua escapa por la porción superior del calderín 42 y sale de éste por la tubería de descarga 28 en estado saturado. Realmente, el agua procedente de la sección de proceso directo 22 y el agua suministrada de los tubos de subida 52 de la sección de circulación se mezclan en el calderín 42. El agua procedente de las dos secciones 22 y 24 tiene vapor de agua atrapado y este vapor de agua escapa a la porción

ES 2 327 501 T3

superior del calderín 42 y entra en el recalentador 12 por la tubería de descarga 28. Así, el agua que desciende por el tubo vertical de bajada 46 representa agua procedente de dos fuentes, a saber, de los tubos 34 de la sección de proceso directo 22 y de los tubos 44 de la sección de circulación.

- 5 De vez en cuando, se purga agua del calderín 42 por la tubería de purga 54 y esto limita la acumulación de impurezas en el agua que circula a través de la sección de circulación natural 24.

Como mucho del vapor de agua saturado producido por el evaporador 14 proviene de la sección de proceso directo 22, la sección de circulación natural 24 puede ser considerada más pequeña que un evaporador simple convencional de circulación natural de capacidad equivalente al evaporador 14 en su conjunto. Este tamaño más pequeño se traduce en un tubo vertical de bajada 46 más pequeño y en cabezales 48 y 50 más pequeños así como en menos tubos 44. Esto permite también que la sección de circulación alcance las condiciones operativas en menos tiempo con lo que se minimiza el tiempo de puesta en marcha. Aún así, el evaporador 14 tiene agua almacenada que da una medida de protección contra un funcionamiento seco. En el evaporador 14 no existen condiciones de paredes secas por lo que el evaporador 14 no adolece de las consecuencias negativas de transferencia de calor asociadas a dichas condiciones. La sección de circulación 24 evita inherentemente paredes secas en sus tubos 44 mientras que el agua en exceso bombeada a través de los tubos 34 de la sección de proceso directo 22 evita condiciones de paredes secas en esta sección 22. No se requieren esfuerzos especiales para eliminar impurezas del agua que entra en el evaporador 14 por su tubería de alimentación 26 puesto que el calderín 42 elimina inherentemente impurezas y evita que salgan del evaporador 14 y entren en la tubería de descarga 28.

En lugar de depender de las variaciones de densidad, para hacer circular agua a través de la sección 24 se puede utilizar una bomba. Así, la expresión “sección de circulación” significa la sección de un evaporador que depende de una circulación natural o de una circulación ayudada por una bomba. También, el vapor de agua producido en los tubos 34 de la sección de proceso directo 22 se puede separar del agua líquida antes del calderín de vapor de agua 42 pero el agua líquida procedente de la sección 22 debe entrar en el calderín de vapor de agua 42.

En algunos generadores convencionales de vapor de agua que utilizan evaporadores de circulación natural, los economizadores se emplean para calentar y producir vapor de agua saturado. Pero el título del vapor de agua producido por estos economizadores vaporizadores no se aproxima al título del vapor de agua producido por la sección de proceso directo 22 del evaporador 14 por lo que el evaporador 14 difiere en este aspecto principal de un evaporador de circulación natural acoplado a un economizador vaporizador.

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para producir vapor de agua saturado a partir de un flujo de gases calientes, comprendiendo el citado proceso:

- introducir agua líquida en unos primeros tubos (34) situados en el flujo de los gases,
- introducir el agua líquida procedente de los primeros tubos en un recipiente (42), y
- hacer circular el agua líquida desde el recipiente a través de unos segundos tubos (44) situados en el flujo de los gases y retornarla al recipiente;

caracterizado el citado proceso por:

- forzar el agua líquida a través de los primeros tubos a una velocidad suficiente para que el interior de los primeros tubos esté totalmente humectado por el agua y se produzca vapor de agua en el agua, teniendo el vapor de agua un título de por lo menos 20%, con lo que el agua que sale de los primeros tubos tiene vapor de agua atrapado,
- separar del agua líquida que sale de los primeros tubos el vapor de agua atrapado,
- siendo la citada circulación del agua líquida desde el recipiente a través de los segundos tubos tal que el interior de los segundos tubos permanece humectado en su totalidad por el agua y se produce vapor de agua en el agua por lo que el agua que entra en el recipiente procedente de los segundos tubos tiene vapor de agua atrapado, y
- en el recipiente separar del agua que sale de los segundos tubos el vapor de agua atrapado.

2. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la mezcla de agua y vapor de agua descargada de los primeros tubos (34) tiene entre aproximadamente 40% y aproximadamente 60% en peso de vapor de agua.

3. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además calentar agua líquida en un economizador (16) con los gases calientes, para proporcionar el agua líquida que se introduce en los primeros tubos (34).

4. El proceso de acuerdo con la reivindicación 3, que comprende además dirigir el vapor de agua procedente del recipiente (42) a un recalentador (12) que está en el flujo de los gases calientes corriente arriba del evaporador.

5. El proceso de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la temperatura del agua líquida que se dirige desde el economizador (16) a los primeros tubos (34) es inferior a la temperatura a la que el agua líquida se convierte en vapor de agua saturado.

6. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el vapor de agua atrapado en el agua líquida procedente de los primeros tubos (34) se separa del agua líquida en el recipiente (42).

7. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la mezcla de agua y vapor de agua descargada de los primeros tubos (34) tiene entre aproximadamente 20% y aproximadamente 90% en peso de vapor de agua.

8. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el recipiente (42) está situado encima de los segundos tubos (44).

9. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además extraer del recipiente (42) agua líquida para mejorar la pureza del agua que circula a través del recipiente y de los segundos tubos (44).

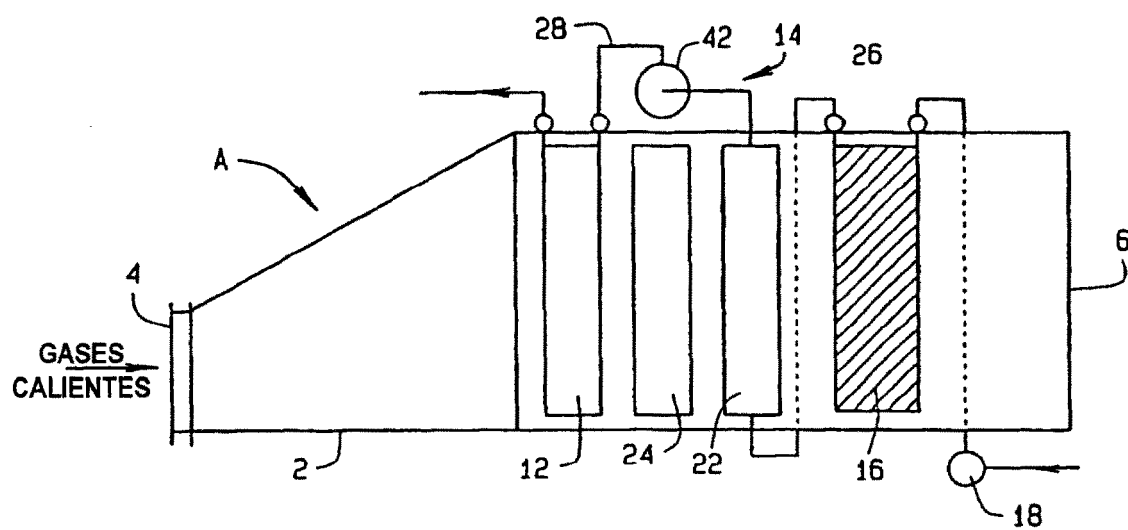


FIG. 1

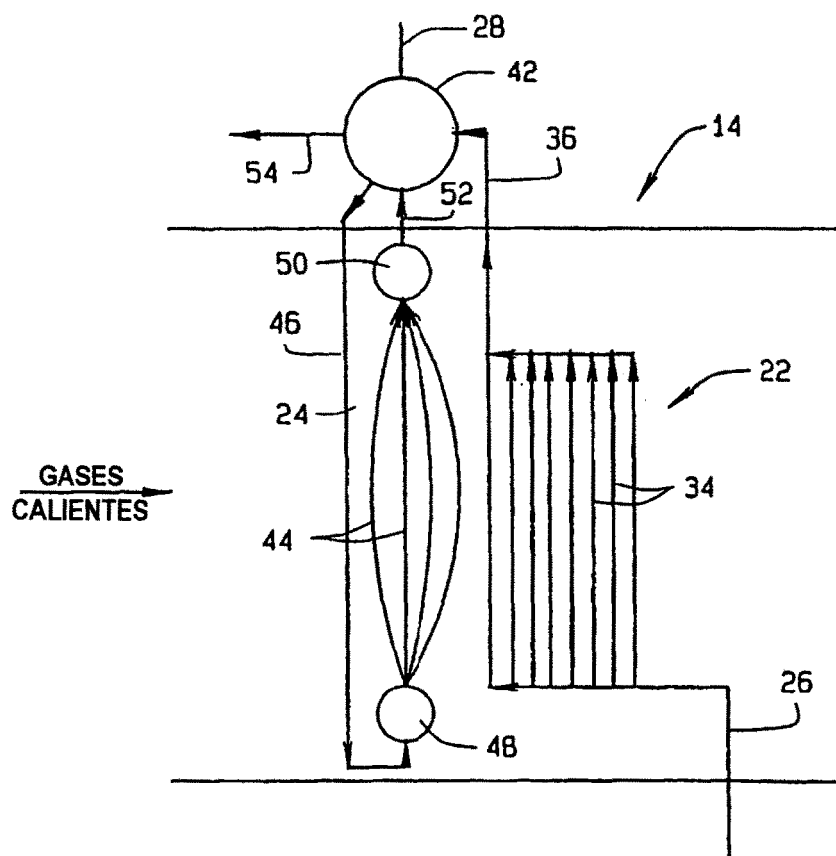


FIG. 2