(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 768 173**

(51) Int. Cl.:

F02C 6/18	(2006.01)
F01K 23/10	(2006.01)
F22B 37/02	(2006.01)
F22D 1/00	(2006.01)
F22D 5/34	(2006.01)
F22B 1/18	(2006.01)
F22B 35/00	(2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.12.2013 PCT/US2013/074140**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **18.09.2014 WO14143251**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.12.2013 E 13878141 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2020 EP 2971653**

(54) Título: **Sistema de intercambio de calor de gas a líquido con múltiples patrones de flujo de líquido**

(30) Prioridad:

13.03.2013 US 201313798462

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.06.2020

(73) Titular/es:

NOOTER/ERIKSEN, INC. (100.0%)
1509 Ocello Drive
Fenton, MO 63026, US

(72) Inventor/es:

RECHTMAN, YURI

(74) Agente/Representante:

ZUAZO ARALUZE, Alexander

ES 2 768 173 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

Sistema de intercambio de calor de gas a líquido con múltiples patrones de flujo de líquido

Antecedentes

1. Campo de la invención

Esta invención se refiere en general a sistemas de intercambio de calor de gas a líquido y más particularmente a un sistema que permite múltiples trayectorias de líquido para proporcionar diferentes temperaturas de líquido de alimentación que entra en el sistema.

2. Descripción de la técnica relacionada

El gas natural representa una fuente de energía eléctrica significativa en los Estados Unidos y otros países. Se quema produciendo pocas emisiones y está disponible en gran parte del mundo. Su precio también ha disminuido significativamente en los últimos años a media que nuevas técnicas de perforación tales como la fracturación hidráulica (o *fracking*) han abierto depósitos no disponibles anteriormente. Las centrales eléctricas que convierten gas natural en energía eléctrica son eficaces y, en comparación con proyectos hidroeléctricos y centrales de combustión de carbón, son relativamente fáciles y económicas de construir.

En la central típica tal como se muestra en la figura 1 y en el documento US-A-6 508 206, el gas natural se quema en una turbina (11) de gas, haciendo que el rotor de la turbina (11) gire y alimente un generador (13) eléctrico al que está conectado el rotor. Los gases de escape (esencialmente dióxido de carbono, determinados contaminantes y vapor) salen de la turbina de gas a aproximadamente 922,04 K (1200º F). El calor contenido en estos gases, por tanto, puede representar una fuente de energía adicional significativa. Para aprovechar esta energía, la central eléctrica de combustión de gas natural, de ciclo combinado típica también incluye un generador (100) de vapor con recuperación de calor (HRSG) a través del cual pasan los gases de escape calientes. El HRSG (100) actúa como un intercambiador de calor de gas a líquido que permite que el calor en el gas de escape se capture y se reutilice en una turbina (301) de vapor.

El HRSG (100) incluye un conducto (101) de entrada en el que los productos de combustión de la turbina de gas entran en (103) y un extremo (105) de escape de salida. El gas de escape fluye desde la turbina (11) de gas hacia el extremo (103) de aguas arriba del conducto (101). Entonces el gas atraviesa un canal de haces (200) de tubos con el fluido de trabajo, que incluye vapor, mezcla de vapor/agua, y agua. El gas de escape calienta el fluido de trabajo mientras se enfría a sí mismo. Una vez alejado de los haces (200) de tubos, el gas sale del extremo (105) de aguas abajo hacia una chimenea que dirige los gases de escape a la atmósfera. El HRSG de la figura 1 es un HRSG de dos niveles de presión. Como tal, como la mayoría de HRSG, sus haces (200) de tubos se componen en general de tres secciones funcionales dentro del conducto (101). La primera es un sobrecalentador (201), la segunda es un evaporador y la tercera es un economizador (también denominado calentador de agua de alimentación). Como sistema de dos presiones, el sistema de alta presión usa el sobrecalentador (201), un evaporador (203) de alta presión y un economizador (207) de alta presión. El sistema de baja presión usa el evaporador (206) de baja presión y un economizador (205) de baja presión. Estas son distinciones funcionales dado que los haces de tubos se conectan entre sí pero los componentes funcionales se disponen básicamente en ese orden desde el extremo (103) de aguas arriba hasta el extremo (105) de aguas abajo.

El líquido en los haces de tubos (denominado agua (407) de alimentación en el presente documento) entra en el economizador (205) de baja presión como un líquido. El economizador (205) de baja presión eleva la temperatura del agua (407) de alimentación. El agua (407) de alimentación a alta temperatura fluye entonces hacia el evaporador (206) de baja presión que convierte una parte del agua (407) de alimentación en vapor saturado a baja presión. Una parte del agua de alimentación también va al economizador (207) a alta presión. El evaporador (203) de alta presión convierte entonces esa agua que entra en vapor a alta presión. El vapor fluye entonces desde el evaporador de alta presión hasta el sobrecalentador (201) que convierte el vapor saturado en vapor sobrecalentado. Por tanto, el flujo del agua (407) de alimentación se contrarresta ligeramente con el flujo del gas en el conducto (101).

Una vez que el agua (407) de alimentación se ha sobrecalentado, el vapor sobrecalentado fluye hasta una turbina (301) de vapor externa que alimenta otro generador (13) eléctrico. Después de la turbina (301) de vapor, el fluido (407) de trabajo pasará hacia un condensador (303) en el que se condensa vapor a vacío para dar de nuevo líquido para su reutilización a través del sistema.

Una bomba (305) de condensado suministra el agua (407) de alimentación de vuelta al economizador (205).

Dado que el gas natural contiene frecuentemente trazas de azufre como contaminante que no puede eliminarse fácilmente antes de la combustión, la combustión del gas natural en la turbina (11) de gas provoca en general que el azufre se combine con oxígeno para producir óxidos de azufre. El proceso de combustión de la turbina (11) de gas también implica grandes cantidades de agua que simplemente está presente en la atmósfera. Siempre que los

gases de escape en el conducto (101) permanezcan por encima del punto de rocío de ácido para los gases, que se acepta en general en la industria como aproximadamente al menos 333,15 K (140º F) para el ácido sulfúrico para la concentración de azufre esperada en la mayor parte del gas natural, los óxidos de azufre salen del HRSG y van hacia la chimenea de escape.

Sin embargo, a menos que se precaliente, el agua (407) de alimentación que entra en los haces (200) de tubos dentro del conducto (101) estará en general a sólo de aproximadamente 305,37 K (90º F) a aproximadamente 310,93 K (100º F) y, por tanto, es posible que los haces (200) de tubos hacia el extremo (553) de aguas abajo del economizador (205) de baja presión, denominados frecuentemente “filas frías”, estén a una temperatura por debajo del punto de rocío de los gases de escape (aproximadamente 333,15 K (140º F) para gases de escape a partir de gas natural tal como se indicó anteriormente). Si esto sucede, el ácido sulfúrico puede condensarse en los tubos (200) hacia el extremo de aguas abajo a partir de los óxidos de azufre en el gas de chimenea que se unen con esa agua para formar ácido sulfúrico. Como el ácido sulfúrico es altamente corrosivo para el material de los tubos (200), tal formación puede provocar daños a los tubos (200), lo que requiere en última instancia una parada y reparación del HRSG (100) con todos los costes asociados.

Con el fin de impedir la formación de ácido sulfúrico, los fabricantes de HRSG (100) han intentado configurar los HRSG (100) de tal manera que el agua (407) de alimentación entre en el conducto (101) a una temperatura por encima del punto de rocío de ácido para los gases de escape.

Específicamente, se desea elevar la temperatura hasta aproximadamente 333,15 K (140º F) antes de que el agua entre en el canal (200) para operaciones con gas natural. Aunque hay varias maneras de realizar esto, incluyendo el uso de bombas de recirculación, la figura 1 proporciona una configuración más sofisticada en la que el agua (407) de alimentación se alimenta en la entrada fría de un intercambiador (307) de calor de líquido a líquido externo con respecto al conducto (101) antes de entrar en los tubos (200) dentro del conducto (101). Para proporcionar el líquido caliente al intercambiador (307) de calor, el agua (407) de alimentación que ya se ha calentado en el conducto (101) se envía fuera del conducto (101) hasta la entrada caliente del intercambiador (307) de calor.

El envío del agua (407) de alimentación calentada parcialmente se logra mediante el uso de un economizador (205) de baja presión que incluye dos secciones (205a) y (205b) tal como se muestra en las figuras 2 y 3. Estas secciones (205a) y (205b) permiten que se envíe agua calentada parcialmente dentro del economizador (205) de baja presión al intercambiador (307) de calor externo y luego de vuelta hacia del economizador (205) de baja presión. Las secciones (205a) y (205b) pueden situarse en una variedad de configuraciones diferentes dentro del conducto (101), pero en general, las secciones (205a) y (205b) eliminan la necesidad de una bomba de recirculación para precalentar el agua (407) de alimentación, lo que de este modo puede simplificar el funcionamiento y proporcionar una parte menos mecánica con posibilidad de averiarse.

La figura 2 proporciona un economizador (205) en el que las secciones (205a) y (205b) se sitúan en serie (una después de la otra) en relación con el flujo (591) de gas, mientras que la figura 3 proporciona un economizador (205) en el que las secciones (205a) y (205b) se sitúan en paralelo (una al lado de otra) en relación con el flujo (591) de gas. Entre las dos secciones (205a) y (205b), el agua (407) de alimentación fluye a través de la entrada caliente en el intercambiador (307) de calor que es externa al flujo (591) de gas. El agua (407) de alimentación fluye inmediatamente desde el condensador (303) a través de la entrada fría del intercambiador (307) de calor antes de que entre en el economizador (205). Por tanto, el intercambiador (307) de calor eleva la temperatura del agua (407) de alimentación que procede del condensador (303), que es de desde aproximadamente 305,37 K (90º F) hasta aproximadamente 310,93 K (100º F), hasta al menos 333,15 K (140º F) antes de que el agua (407) entre en las filas (553) de tubos de aguas abajo de la sección (205a) de economizador. Esto significa que la condensación de ácido en las filas (553) de tubos de aguas abajo de esa sección (205a) generalmente no se produce.

Los sistemas de las figuras 1 a 3 funcionan muy bien para turbinas de gas de combustión de gas natural con sistemas de generador de vapor con recuperación de calor (HRSG). Sin embargo, muchas centrales eléctricas de combustión de gas natural están diseñadas para tener capacidad de emergencia para permitir el funcionamiento cuando el gas natural no está disponible. Aunque que el gas natural es siempre un combustible preferido, a veces simplemente no hay suficiente disponible en la central eléctrica. La mayoría de las centrales eléctricas de combustión de gas natural que pueden realizar producción de emergencia están diseñadas para quemar un compuesto petroquímico alternativo en una emergencia. Similarmente, si el coste de gas natural aumenta significativamente, estas centrales eléctricas son también más flexibles dado que pueden convertirse para quemar materiales alternativos a tiempo completo. El material alternativo es habitualmente fuelóleo n.º 2, que contiene en general un contenido de azufre significativamente superior que el gas natural.

Cuando se quema fuelóleo n.º 2 durante el funcionamiento de la central eléctrica de las figuras 1 a 3, los gases de escape que entran en el conducto (101) incluyen en general un porcentaje más alto de azufre que cuando se usa gas natural. Este porcentaje aumentado de azufre significa que la temperatura a la que el ácido sulfúrico se condensará en los tubos de la trayectoria (200) de escape aumenta por encima de la temperatura de 333,15 K (140º F) a la que el agua (407) de alimentación se alimenta a los haces (200) de tubos. Cuando se usa una bomba de recirculación, esto no constituye en general un problema. Sin embargo, para diseños tales como los de la figura 2 y

la figura 3 que utilizan un intercambiador de calor externo, el sistema a menudo no puede proporcionar calor adicional al agua (407) de alimentación para elevarla sustancialmente por encima de 333,15 K (140ºF) debido al uso de combustible diferente y, por tanto, puede condensarse ácido sulfúrico en los tubos de extremo fríos del haz (200) de tubos diseñados para la entrada agua (407) de alimentación a 333,15 K (140º F), que ya no tendrá la temperatura suficiente para impedir la condensación y se requerirá una desviación completa de toda sección del economizador (205) para impedir la corrosión del haz (200) de tubos.

Sumario

Debido a los problemas anteriores de la técnica, se describen en el presente documento sistemas y métodos para el diseño de un generador de vapor con recuperación de calor (HRSG) o un sistema similar que se diseña para extraer calor de gases calientes que fluyen a través de un conducto que utiliza un intercambiador de calor de líquido a líquido externo para precalentar agua de alimentación. Los sistemas y el método permiten un patrón de flujo de agua variable para proporcionar agua precalentada a una variedad de temperaturas diferentes.

La invención tal como se define mediante la reivindicación 1 de aparato describe un sistema de tuberías para transferir calor de un flujo de gas de escape a un agua de alimentación que comprende: un economizador que incluye: una primera sección; una segunda sección; una tercera sección; y una cuarta sección; en el que la primera sección, la segunda sección, la tercera sección y la cuarta sección están dentro del flujo de gas; un intercambiador de calor que no está dentro del flujo de gas de escape y que tiene una entrada fría y una entrada caliente; y una pluralidad de válvulas; en el que las válvulas pueden disponerse en una primera configuración para que un agua de alimentación atraviese el sistema en el siguiente orden:

a) la entrada fría del intercambiador de calor;

b) la primera sección del economizador;

c) la entrada caliente del intercambiador de calor;

d) la segunda sección del economizador; y

e) la tercera sección y la cuarta sección del economizador en cualquier orden; y

en el que las válvulas pueden disponerse en una segunda configuración para que un agua de alimentación atraviese el sistema en el siguiente orden:

a) la entrada fría del intercambiador de calor;

b) la primera sección del economizador;

c) la tercera sección del economizador;

d) la entrada caliente del intercambiador de calor;

e) la segunda sección del economizador; y

f) la cuarta sección del economizador.

En una realización del sistema, el flujo de gas de escape se selecciona del grupo que consiste en: gas de escape procedente de la combustión de gas natural y gas de escape procedente de la combustión de fuelóleo n.º 2.

En una realización del sistema, las válvulas se disponen en la primera configuración cuando el gas de escape tiene un contenido de azufre relativamente inferior y en la segunda configuración cuando el gas de escape tiene un contenido de azufre relativamente superior.

En una realización del sistema, la primera sección del economizador y la segunda sección del economizador se disponen en paralelo en relación con el flujo de gas de escape.

En una realización del sistema, la primera sección del economizador y la segunda sección del economizador se disponen en serie en relación con el flujo de gas de escape.

En una realización del sistema, la tercera sección del economizador y la cuarta sección del economizador se disponen en paralelo en relación con el flujo de gas de escape.

En una realización del sistema, la tercera sección del economizador y la cuarta sección del economizador se disponen en serie en relación con el flujo de gas de escape.

En una realización del sistema, la pluralidad de válvulas incluye: una primera válvula de tres vías colocada entre una cara de aguas arriba de la primera sección del economizador, una cara de aguas arriba de la tercera sección del economizador, y la entrada caliente del intercambiador de calor; una segunda válvula de tres vías colocada entre una cara de aguas arriba de la primera sección del economizador, una cara de aguas arriba de la segunda sección del economizador, y una cara de aguas abajo de la tercera sección del economizador; y una primera válvula de dos vías colocada entre una cara de aguas arriba de la tercera sección del economizador y una cara de aguas arriba de la cuarta sección del economizador.

En una realización del sistema, la pluralidad de válvulas incluye además una válvula de desviación que permite que el agua de alimentación o bien: entre en la entrada fría del intercambiador de calor; o bien se desvíe del economizador.

En una realización del sistema, el agua de alimentación que entra en la entrada fría está entre aproximadamente 305,37 K (90º F) y aproximadamente 310,93 K (100º F).

En una realización del sistema, cuando las válvulas están en la primera configuración, el agua de alimentación que entra en la primera sección del economizador está por encima de 333,15 K (140º F).

En una realización del sistema, el sistema forma parte de un generador de vapor con recuperación de calor (HRSG).

En una realización del sistema, después de que el agua de alimentación ha atravesado o bien la primera configuración o bien la segunda configuración, el agua de alimentación se hace pasar a un evaporador de baja presión.

La invención también se define mediante la reivindicación 9 de método que describe un método para controlar el flujo de un líquido a través de un dispositivo para intercambiar calor entre un gas y un líquido, comprendiendo el método: proporcionar un dispositivo para intercambiar calor entre un gas y un líquido, incluyendo el dispositivo: un economizador que incluye: una primera sección; una segunda sección; una tercera sección; y una cuarta sección; en la que la primera sección, la segunda sección, la tercera sección y la cuarta sección están dentro del flujo de gas; un intercambiador de calor que no está dentro del flujo de gas de escape y que tiene una entrada fría y una entrada caliente; usar el dispositivo en una primera configuración en la que el líquido atraviesa los componentes del dispositivo en el siguiente orden:

a) la entrada fría del intercambiador de calor;

b) la primera sección del economizador;

c) la entrada caliente del intercambiador de calor;

d) la segunda sección del economizador; y

e) las secciones tercera y cuarta del economizador en cualquier orden;

cuando un primer gas de escape forma el flujo de gas de escape; y usar el dispositivo en una segunda configuración en la que el líquido atraviesa los componentes del dispositivo en el siguiente orden:

a) la entrada fría del intercambiador de calor;

b) la primera sección del economizador;

c) la tercera sección del economizador;

d) la entrada caliente del intercambiador de calor;

e) la segunda sección del economizador; y

f) la cuarta sección del economizador;

cuando un segundo gas de escape, diferente del primer gas de escape, forma el flujo de gas de escape.

En una realización del método, el primer gas de escape es gas de escape procedente de la combustión de gas natural y el segundo gas de escape es gas de escape procedente de la combustión de fuelóleo n.º 2.

En una realización del método, el primer gas de escape tiene un contenido de azufre relativamente inferior que el segundo gas de escape.
En una realización del método, la primera sección del economizador y la segunda sección del economizador se

disponen en paralelo en relación con el flujo de gas de escape.

En una realización del método, la primera sección del economizador y la segunda sección del economizador se disponen en serie en relación con el flujo de gas de escape.

En una realización del método, la tercera sección t del economizador y la cuarta sección del economizador se disponen en paralelo en relación con el flujo de gas de escape.

En una realización del método, la tercera sección del economizador y la cuarta sección del economizador se disponen en serie en relación con el flujo de gas de escape.

En una realización del método, el líquido que entra en la entrada fría está entre aproximadamente 305,37 K (90º F) y aproximadamente 310,93 K (100º F).

En una realización del método, en la primera configuración, el líquido que entra en la primera sección del economizador está por encima de 333,15 K (140º F).

En una realización del método, en la segunda configuración, el líquido que entra en la primera sección del economizador está por encima de 383,15 K (230º F).

En una realización del método, el método se realiza en un generador de vapor con recuperación de calor (HRSG).

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 proporciona un diagrama de bloques híbrido de una central eléctrica que incluye un generador de vapor con recuperación de calor (HRSG) de la técnica anterior.

La figura 2 proporciona un diagrama de bloques de economizador de la técnica anterior con intercambiador de calor externo que tiene dos secciones dispuestas en serie para el uso en un HRSG tal como el de la figura 1.

La figura 3 proporciona un diagrama de bloques de economizador de la técnica anterior con intercambiador de calor externo que tiene dos secciones dispuestas en paralelo para el uso en un HRSG tal como el de la figura 1.

La figura 4 proporciona un diagrama de bloques de una disposición de economizador para el uso en un HRSG tal como el de la figura 1 que incluye un sistema de válvulas para un funcionamiento conmutable.

La figura 5 muestra la combinación de la figura 4 con las válvulas dispuestas para un funcionamiento con gas natural.

La figura 6 muestra la combinación de la figura 4 con las válvulas dispuestas para un funcionamiento con petróleo.

Descripción de realización(es) preferida(s)

Esta divulgación comentará sistemas y métodos para el diseño de un generador (100) de vapor con recuperación de calor (HRSG) que utiliza un intercambiador (307) de calor de líquido a líquido externo para precalentar un condensado (407) y que permite que un patrón de flujo de agua variable modifique la temperatura con la que el condensado (407) entra en los haces (200) de tubos dentro del conducto (101) basándose en la composición de gas a partir de la cual el HRSG (100) recupera calor. Por tanto, la temperatura de entrada del condensado (407) es variable y la temperatura puede seleccionarse alterando la ruta elegida.

Debe reconocerse que, aunque esta divulgación describirá específicamente la disposición (500) de tuberías de un economizador (205) conjuntamente con un HRSG (100) diseñado principalmente para capturar calor procedente de gas (591a) de escape de gas natural, la disposición (500) de tuberías y la metodología es adecuada igualmente para un HRSG (100) usado para otras formas principales de intercambio de calor de gas a líquido, y otros sistemas para capturar calor procedente de gases calentados. Esto incluye, pero no se limita a, sistemas usados para capturar calor principalmente de la combustión de combustibles fósiles, tales como carbón y petróleo, la incineración de residuos, o de otros sistemas que generan calor. Además, dado que el término “economizador” es efectivamente una definición funcional, no se pretende que los componentes a los que se hace referencia en el presente documento como parte de esa sección sean limitativos y es posible, en diferentes realizaciones, que las funciones del economizador (205) puedan realizarse mediante otros componentes. De manera similar, también pueden cambiar otras posiciones funcionales, dado que la posición relativa de las partes (por ejemplo (205a) y (205c)) en comparación con el intercambiador (307) de calor es en general más importante que las posiciones de las partes (por ejemplo (205a) y (205c)) entre sí.

La figura 4 proporciona una realización de un sistema (50) que incluye una disposición (500) de tuberías a través de un HRSG (100) que permite una ruta modificable basándose en la composición del flujo (591) de gas. Los

componentes del HRSG (100) mostrados en la figura 4 se han reducido con respecto a los mostrados en la figura 1 con el fin de ilustrar la ruta específica de fluido a través del economizador (205). Los componentes restantes se dispondrán en general de una manera convencional tal como entiende un experto habitual en la técnica. En la figura 4, el economizador (205) se dispone para tener dos secciones (205a) y (205b) que se muestran dispuestas en paralelo tal como se comentó anteriormente conjuntamente con la figura 3. Sin embargo, como puede entender un experto habitual en la técnica, esta disposición no se requiere en modo alguno y se realiza sólo para fines ilustrativos. En una realización alternativa, el economizador (205) podrá disponerse con secciones en serie tal como se comentó conjuntamente con la figura 2.

La disposición (500) de tuberías incluye en general al menos tres y generalmente cuatro válvulas (501), (503), (505) y (507). Sin embargo, puede usarse otro número de válvulas dependiendo de la organización preferida y de la flexibilidad de diferentes flujos deseados. La válvula (501) es una válvula de desviación de tres vías que puede usarse para evitar enviar agua hacia la disposición (500) de tuberías si hay un problema con la disposición (500) de tuberías, tal como si requiere mantenimiento, se superó la capacidad de la disposición (500) de tuberías, o por cualquier otro motivo. Las válvulas (503), (505) y (507) se diseñan para permitir que el flujo de agua a través de la disposición (500) de tuberías se desplace a través de dos rutas diferentes, dependiendo del tipo de flujo (591) de gas que se usa para calentar el agua en la disposición (500) de tuberías. Las válvulas (503) y (505) son en general válvulas de tres vías mientras que la válvula (507) puede ser una válvula de dos vías.

En la realización de la figura 4, una primera válvula de tres vías (503) se coloca entre una cara (551) de aguas arriba de la primera sección (205a) del economizador (205), una cara (531) de aguas arriba de la tercera sección (205c) del economizador (205), y la entrada (703) caliente del intercambiador (307) de calor. Obsérvese que las posiciones “de aguas arriba” y “de aguas abajo” a las que se hace referencia en el presente documento son para el flujo de gas, no para el agua (407) de alimentación. Una segunda válvula (505) de tres vías está colocada entre una cara (551) de aguas arriba de la primera sección (205a) del economizador (205), una cara (551) de aguas arriba de la segunda sección (205b) del economizador (205), y una cara (533) de aguas abajo de la tercera sección (205c) del economizador (205). Una válvula (507) de dos vías también está colocada entre una cara (531) de aguas arriba de la tercera sección (205c) del economizador (205) y una cara (531) de aguas arriba de la cuarta sección (205d) del economizador (205).

Esta disposición proporciona al menos dos configuraciones de válvulas diferentes tal como se muestra en las figuras 5 y 6. En general, las válvulas (503), (505) y (507) del sistema (50) se ajustarán en general al mismo tiempo para que el sistema (50) se haga funcionar o bien con la configuración de la figura 5 o bien la configuración de la figura 6 y no en ninguna otra configuración. Sin embargo, un experto habitual en la técnica entenderá que disposiciones alternativas pueden ser beneficiosas en algunas circunstancias y que las configuraciones de las figuras 5 y 6 no deben considerarse limitativas porque podrían usarse otras configuraciones alternativas.

Debe reconocerse que, aunque la realización de la figura 4 muestra cuatro secciones para el economizador (205), pueden usarse más secciones dependiendo del tamaño y la flexibilidad deseada del sistema (50). Específicamente, en un sistema (50) mayor, el economizador (205) puede disponerse en cualquier número de secciones adicionales que funcionan según los principios de las secciones comentadas a continuación conjuntamente con las figuras 5 y 6. Además, como componente, el economizador (205) de baja presión se define más por una cuestión de función que no, y las secciones (205a), (205b), (205c) y (205d) pueden considerarse también para el uso en cualquier otra parte (por ejemplo el economizador (207) de alta presión, el evaporador (203) de baja presión, el evaporador (206) de alta presión, o el sobrecalentador (201)) en una realización diferente. En general, se proporcionará un número par de secciones para el economizador (205) de modo que cada pareja funcione de las maneras comentadas, pero asimismo esto tampoco se requiere.

La figura 5 muestra una disposición de válvulas tal como se usaría si se requiriera menos precalentamiento de agua (407) de alimentación. Esta es frecuentemente la disposición que se usaría en el flujo (591a) de gas que procede de quemar gas natural u otro material de alimentación que es relativamente bajo en azufre. Por tanto, el flujo (591a) de gas contendrá en general una cantidad relativamente menor de azufre en comparación con el flujo (591b) de gas de la figura 6. Eso significa que la temperatura del agua (407) de alimentación deseada en el momento que entra en el conducto (101) (es decir, sale de intercambiador (307) de calor y entra en la sección (205a) o (205b)) será en general de aproximadamente 333,15 K (140º F).

En la figura 5, el flujo de líquido será en general tal como se indica mediante las flechas en las tuberías (500). Además, las partes de válvula “sombreadas” están cerradas, lo que impide que el agua fluya a través de ellas. El agua (407) de alimentación procederá del condensador (303) a través de la válvula (501) de desviación sin que la válvula (501) de desviación se ajuste para desviarse del sistema (50). Por tanto, el agua (407) de alimentación fluirá hacia la entrada (701) fría del intercambiador (307) de calor en el que se precalentará mediante el intercambiador (307) de calor. Una vez precalentada, el agua (407) de alimentación entrará en el conducto (101) y fluirá hacia la cara (553) de aguas abajo de la primera sección (205a) del economizador (205). El agua (407) de alimentación se calienta en la primera sección (205a) y luego sale de la cara (551) de aguas arriba en la que atraviesa la válvula (503) y hacia la entrada (703) caliente del intercambiador (307) de calor.

Se intercambiará calor con el agua (407) de alimentación que entra en la entrada fría y el agua (407) de alimentación fluirá hacia la cara (553) de aguas abajo de la segunda sección (205b) del economizador (205). En general, el agua de alimentación que fluye hacia las caras (553) de aguas abajo tanto de la primera sección (205a) como de la segunda sección (205b) estará por encima de, y relativamente cerca de, 333,15 K (140º F). El agua (407) de alimentación fluirá entonces desde la cara (551) de aguas arriba de la segunda sección (205b) del economizador (205) a través de las secciones (205c) y (205d) y hasta el evaporador.

Tal como debe ser evidente a partir de la descripción anterior, la ruta del agua de alimentación hasta este punto coincide con la ruta de ambos economizadores (205) de las figuras 2 y 3 en los que el agua (407) de alimentación fluye a través de la entrada (701) fría del intercambiador (703) de calor, a través de una sección (205a) del economizador (205), hacia la entrada (703) caliente del intercambiador (307) de calor, y a través de la otra sección (205b) del economizador (205). Por tanto, esta es la misma disposición general que la comentada para los dispositivos que muestran que esta disposición de válvulas será en general suficiente para convertir agua de alimentación de aproximadamente 305,37 K (90º F) a aproximadamente 310,93 K (100º F) en el condensador (303) en al menos y aproximadamente 333,15 K (140º F), que es adecuada para el funcionamiento de la disposición (500) de tuberías en un flujo (591a) de escape de azufre inferior (por ejemplo producto de combustión de gas natural).

Una vez que está a través de las secciones (205a) y (205b) del economizador, el agua (407) de alimentación se dividirá en dos rutas mediante la válvula (505), que fluyen independientemente hacia las caras (533) de aguas abajo y fuera de las caras (531) de aguas arriba de las últimas dos secciones del economizador (205c) y (205d). En general, aproximadamente la mitad del flujo de agua (407) de alimentación atravesará cada sección (205c) y (205d). Las corrientes de agua (407) de alimentación pueden recombinarse a través de la válvula (507) y enviarse fuera hacia el evaporador (206) para evaporarse de cualquier manera convencional conocida por un experto habitual en la técnica.

Tal como resulta evidente a partir de lo anterior, la configuración de la figura 5 es esencialmente idéntica a la disposición de las figuras 2 ó 3, excepto en que la configuración de la figura 5 utiliza dos secciones (205c) y (205d) del economizador (205) con el flujo dividido uniformemente entre sí en contraposición a una sección única. Estas dos secciones (205c) y (205d) se dispondrán en general en paralelo para duplicar simplemente la función de un economizador (205) de sección única tradicional, pero esto no se requiere en modo alguno y pueden usarse diseños alternativos con las secciones (205c) y (205d) desplazadas entre sí, o dispuestas en serie, en realizaciones alternativas, si se desea.

Aunque la disposición de la figura 5 es suficiente para precalentar el agua (407) de alimentación con el intercambiador (307) de calor para un flujo (591a) de gas de azufre relativamente bajo, en general no será suficiente si el flujo (591b) de gas tiene más azufre. Esto puede producirse, en una realización, en la que una central eléctrica de combustión de gas natural principalmente cambia a un combustible alternativo, tal como, pero sin limitarse a, fuelóleo (incluyendo pero sin limitarse a, fuelóleo n.º 2 o fuelóleo n.º 6), en una situación de emergencia, o para lidiar con un aumento de precio del gas natural. En una realización todavía adicional, puede suceder que un gas (591a) de escape con cantidad relativamente baja de azufre generado a partir de la combustión de residuos municipales orgánicos principalmente se cambie a un gas (591b) de escape con mayor cantidad de azufre tal como a partir de la combustión del carbón. En una realización aún adicional, el gas (591a) de escape con baja cantidad de azufre puede proceder de una alimentación de carbón con cantidad relativamente baja de azufre mientras que el gas (591b) de escape con mayor cantidad de azufre procede de una alimentación de carbón con mayor cantidad de azufre (menor calidad).

Independientemente del motivo por el que el flujo (591) de escape aumenta su cantidad de azufre, cuando un operario es consciente de que el contenido de azufre del flujo (591) de escape va a aumentarse suficientemente, el sistema (50) de la figura 4 cambiará de la disposición de la figura 5 a la de la figura 6. El aumento se considerará en general suficiente para cambiar si la temperatura del agua (407) de alimentación que entra en las caras (553) de aguas abajo de una o ambas secciones (205a) y (205b) está por debajo del punto de rocío del gas (591) de escape cuando el sistema (50) funciona en la configuración de la figura 5. De nuevo, en la figura 6, las flechas en la disposición (500) de tuberías indican el flujo del agua (407) de alimentación y los indicadores sombreados en las válvulas (501), (503), (505) y (507) indican que el flujo a través de ese brazo de la válvula está prohibido.

En el funcionamiento de la figura 6, el agua (407) de alimentación procede de nuevo del condensador (303) y atraviesa la válvula (501) de desviación y hacia el sistema (50). Como debe ser evidente, la válvula (501) de desviación está en la misma posición en las disposiciones tanto de la figura 5 como de la 6, dado que la válvula (501) de desviación no se usa para modificar el patrón de flujo a través del economizador (205), sino para evitarlo totalmente. Dado que un funcionamiento de desviación (en el que el flujo del agua (407) de alimentación será desde el condensador (303) a través de la válvula (501) y directamente al evaporador (206) (o de manera más precisa otra válvula de desviación)) es convencional, no se comenta adicionalmente en el presente documento.

El agua (407) de alimentación de nuevo pasa hacia la entrada (701) fría del intercambiador (307) de calor y hacia la cara (553) de aguas abajo de la primera sección (205a) del economizador (205). El agua (407) de alimentación sale de la cara (551) de aguas arriba de la sección (205a) pero ahora está bloqueado su retorno al intercambiador (307)

de calor mediante la parte cerrada de la válvula (503). En cambio, ahora el agua (407) de alimentación entra en la cara (533) de aguas abajo de la sección (205c) de economizador. Luego sale de la cara (531) de aguas arriba de la sección (205c) y la válvula (507) cerrada la envía a través de la parte abierta de la válvula (503) y hacia la entrada (703) caliente del intercambiador (307) de calor en el que intercambiará calor con el agua fría que entra.

Debe ser evidente que el agua (407) de alimentación que entra en la entrada (703) caliente del intercambiador (307) de calor en la figura 6 está significativamente más caliente que el agua (407) de alimentación que entra en la entrada (703) caliente del intercambiador (307) de calor en la figura 5, dado que el agua (407) de alimentación habrá atravesado tanto la sección (205a) como la sección (205c) en contraposición a simplemente la sección (205a). Por tanto, el agua (407) de alimentación procedente de la entrada (701) fría del intercambiador (307) de calor se calentará hasta una temperatura significativamente mayor en la figura 6 que en la figura 5, antes de que el agua (407) de alimentación se suministre a la sección (205a) de economizador. De manera similar, puesto que el agua (407) de alimentación en la entrada (703) caliente del intercambiador (307) de calor está más caliente en la figura 6 que en la figura 5, el agua (407) de alimentación que sale del intercambiador (307) de calor hacia la sección (205b) de economizador también está más caliente en la figura 6 en comparación con la figura 5.

Dependiendo de la realización y de la temperatura de entrada deseada, el agua (407) de alimentación que sale del intercambiador (307) de calor de la figura 6 puede ser de hasta 383,15 K (230º F), 388,71 K (240º F), 410,93 K (280ºF), o mayor. Estas temperaturas pueden ser particularmente valiosas si el gas (591b) de escape procediera de fuelóleo n.º 2. En otra realización, el agua (407) de alimentación que sale del intercambiador (307) de calor puede estar sólo a 344,26 K (160º F) o más, lo que puede ser adecuado si fueran a usarse otras materias primas, pero en general está más caliente de lo que sería necesario en cualquier caso para el gas natural. Debe ser evidente que la temperatura específica con la que el agua (407) de alimentación sale del intercambiador (307) de calor puede seleccionarse tanto en las disposiciones de temperatura más baja como en las de temperatura más alta basándose en el tamaño y la colocación de las partes (205c) y (205a). Por tanto, aunque la temperatura del agua (407) de alimentación que sale del intercambiador (307) de calor en la figura 6 siempre estará más caliente que la de la figura 5, la cantidad exacta, o la diferencia entre las cantidades, puede ser variable dependiendo de la composición esperada de los gases (591a) de escape y de los gases (591b) de escape u otros factores conocidos por el experto habitual en la técnica.

Una vez que el agua (407) de alimentación ha atravesado la entrada (703) caliente del intercambiador (307) de calor, entrará en la segunda sección (205b) del economizador (205), pasando desde la cara (553) de aguas abajo hasta la cara (551) de aguas arriba, y luego, debido a la válvula (505) cerrada, el agua (407) de alimentación pasará hacia la cara (533) de aguas abajo de la cuarta sección (205d) del economizador (205). El agua (407) de alimentación saldrá entonces de la cara (531) de aguas arriba de sección (205d) y se dirigirá mediante la válvula (507) cerrada al evaporador (206). Por tanto, el agua (407) de alimentación atraviesa las dos secciones (205c) y (205d) en diferentes momentos en la figura 6 en contraposición a generalmente de manera simultánea en la figura 5.

Debe ser evidente que, en la disposición de la figura 4 en la que las dos partes (205a) y (205b) del economizador son paralelas y las secciones (205c) y (205d) de economizador son paralelas, la sección (205c) o (205d) del economizador (205) y la sección (205a) y (205b) del economizador (205) que se usan en cada trayecto del paso del agua (407) de alimentación son en general intercambiables. En una disposición en la que las secciones del economizador (205) se disponen en serie, las disposiciones de válvula se realizarán en general de tal manera que el agua (407) de alimentación atraviese la sección (205d) y (205b) de aguas arriba en segundo lugar en ambas disposiciones. Esto coincide con el uso de los números de referencia en el presente documento entre las figuras 2 y 4. Por tanto, las secciones (205d) y (205b) estarán en general aguas arriba de las secciones (205c) y (205a) relacionadas con una disposición no paralela.

Como debe ser evidente a partir de lo anterior, cuando el sistema (50) se coloca en la disposición de la figura 6, el agua (407) de alimentación del condensador (303) se precalienta hasta una temperatura significativamente más alta que en la disposición de la figura 5. Por tanto, hay poca probabilidad de que se forme condensación de ácido sulfúrico en los tubos (553) de aguas abajo de las diversas secciones del economizador (205), incluso si están presentes gases (591b) de escape con cantidad de azufre más alta o si hay otro motivo por el que el punto de rocío en los gases (591b) de escape sea más alto que el de los gases (591a) de escape. Por tanto, el sistema (50) puede conmutarse de la disposición de la figura 5 a la de la figura 6 cuando se usa una materia prima que tiene un mayor contenido de azufre, tal como cuando la central eléctrica funciona con fuelóleo n.º 2 en contraposición a gas natural.

Aunque la invención se ha dado a conocer en relación con determinadas realizaciones preferidas, esto no debe considerarse como una limitación de todos los detalles proporcionados. Pueden realizarse modificaciones y variaciones de las realizaciones descritas sin apartarse del alcance de la invención, y otras realizaciones deben entenderse como englobadas en la presente divulgación tal como entenderán los expertos habituales en la técnica.

Además se entenderá que cualquiera de los intervalos, valores o características dadas para cualquier componente individual de la presente invención puede usarse de manera intercambiable con cualquier intervalo, valor o característica dado para cualquiera de los otros componentes de la invención, siempre que sea compatible, para formar una realización que tiene valores definidos para cada uno de los componentes, tal como se facilita a lo largo

del presente documento.

REIVINDICACIONES

1. Sistema (50) de tuberías para transferir calor de un flujo (591; 591a; 591b) de gas de escape a un agua de alimentación que comprende:

un economizador (205) que incluye:

una primera sección (205a);

una segunda sección (205b);

una tercera sección (205c); y

una cuarta sección (205d);

en el que dicha primera sección, dicha segunda sección, dicha tercera sección, y dicha cuarta sección están dentro de dicho flujo (591; 591a; 591b) de gas;

un intercambiador (307) de calor que no está dentro de dicho flujo de gas de escape y que tiene una entrada (701) fría y una entrada (703) caliente; y

una pluralidad de válvulas;

en el que dichas válvulas pueden disponerse en una primera configuración para que un agua de alimentación atraviese el sistema en el siguiente orden:

a) dicha entrada (701) fría de dicho intercambiador (307) de calor;

b) dicha primera sección (205a) de dicho economizador (205);

c) dicha entrada (703) caliente de dicho intercambiador (307) de calor;

d) dicha segunda sección (205b) de dicho economizador (205); y

e) dicha tercera sección (205c) y dicha cuarta sección (205d) de dicho economizador (205) en cualquier orden; y

en el que dichas válvulas pueden disponerse en una segunda configuración para que un agua de alimentación atraviese el sistema en el siguiente orden:

a) dicha entrada (701) fría de dicho intercambiador (307) de calor;

b) dicha primera sección (205a) de dicho economizador (205);

c) dicha tercera sección (205c) de dicho economizador (205);

d) dicha entrada (703) caliente de dicho intercambiador (307) de calor;

e) dicha segunda sección (205b) de dicho economizador (205); y

f) dicha cuarta sección (205d) de dicho economizador (205).

2. Sistema según la reivindicación 1, en el que dicha primera sección (205a) de dicho economizador (205) y dicha segunda sección (205b) de dicho economizador (205) se disponen en paralelo en relación con dicho flujo de gas de escape.

3. Sistema según la reivindicación 1, en el que dicha primera sección (205a) de dicho economizador (205) y dicha segunda sección (205b) de dicho economizador (205) se disponen en serie en relación con dicho flujo de gas de escape.

4. Sistema según la reivindicación 1, en el que dicha tercera sección (205c) de dicho economizador (205) y dicha cuarta sección de dicho economizador se disponen en paralelo en relación con dicho flujo de gas de escape.

5. Sistema según la reivindicación 1, en el que dicha tercera sección (205c) de dicho economizador (205) y dicha cuarta sección (205d) de dicho economizador (205) se disponen en serie en relación con dicho flujo

de gas de escape.

6. Sistema según la reivindicación 1, en el que dicha pluralidad de válvulas incluye:

una primera válvula (503) de tres vías colocada entre una cara (551) de aguas arriba de dicha primera sección (205a) de dicho economizador (205), una cara (531) de aguas arriba de dicha tercera sección (205c) de dicho economizador (205), y dicha entrada (703) caliente de dicho intercambiador (307) de calor;

una segunda válvula (505) de tres vías colocada entre una cara (551) de aguas arriba de dicha primera sección (205a) de dicho economizador (205), una cara (531) de aguas arriba de dicha segunda sección (205b) de dicho economizador (205), y una cara (533) de aguas abajo de dicha tercera sección (205c) de dicho economizador (205); y

una primera válvula (507) de dos vías colocada entre una cara (531) de aguas arriba de dicha tercera sección (205c) de dicho economizador (205) y una cara (531) de aguas arriba de dicha cuarta sección (205d) de dicho economizador (205).

7. Sistema según la reivindicación 6, en el que dicha pluralidad de válvulas incluye además una válvula (501) de desviación que permite que dicha agua de alimentación o bien:

entre en la entrada (701) fría de dicho intercambiador (307) de calor; o bien

se desvíe de dicho economizador (205).

8. Sistema según la reivindicación 1, en el que dicho sistema forma parte de un generador (100) de vapor por recuperación de calor (HRSG).

9. Método para controlar el flujo de un líquido a través de un dispositivo para intercambiar calor entre un gas y un líquido, comprendiendo el método:

proporcionar un dispositivo (50) para intercambiar calor entre un gas y un líquido, incluyendo el dispositivo: un economizador (205) que incluye:

una primera sección (205a);

una segunda sección (205b);

una tercera sección (205c); y

una cuarta sección (205d);

en el que dicha primera sección, dicha segunda sección, dicha tercera sección y dicha cuarta sección están dentro de dicho flujo de gas;

un intercambiador (307) de calor que no está dentro de dicho flujo de gas de escape y que tiene una entrada (701) fría y entrada (703) caliente;

usar dicho dispositivo en una primera configuración en la que líquido atraviesa los componentes del dispositivo en el siguiente orden:

a) dicha entrada (701) fría de dicho intercambiador (307) de calor;

b) dicha primera sección (205a) de dicho economizador (205);

c) dicha entrada (703) caliente de dicho intercambiador (307) de calor;

d) dicha segunda sección (205b) de dicho economizador (205); y

e) dicha tercera sección (205c) y dicha cuarta sección (205d) de dicho economizador (205) en cualquier orden; cuando un primer gas de escape forma dicho flujo de gas de escape; y

usar dicho dispositivo en una segunda configuración en la que líquido atraviesa los componentes del dispositivo en el siguiente orden:

a) dicha entrada (701) fría de dicho intercambiador (307) de calor;

b) dicha primera sección (205a) de dicho economizador (205);

c) dicha tercera sección (205c) de dicho economizador (205);

d) dicha entrada (703) caliente de dicho intercambiador (307) de calor;

e) dicha segunda sección (205b) de dicho economizador (205); y

f) dicha cuarta sección (205d) de dicho economizador (205);

cuando un segundo gas de escape, diferente de dicho primer gas de escape, forma dicho flujo de gas de escape.

10. Método según la reivindicación 9, en el que dicho primer gas de escape tiene un contenido de azufre relativamente inferior que dicho segundo gas de escape.

11. Método según la reivindicación 9, en el que dicha primera sección (205a) de dicho economizador (205) y dicha segunda sección (205b) de dicho economizador (205) se disponen en paralelo en relación con dicho flujo de gas de escape.

12. Método según la reivindicación 9, en el que dicha primera sección (205a) de dicho economizador (205) y dicha segunda sección (205b) de dicho economizador (205) se disponen en serie en relación con dicho flujo de gas de escape.

13. Método según la reivindicación 9, en el que dicha tercera sección (205c) de dicho economizador (205) y dicha cuarta sección (205d) de dicho economizador (205) se disponen en paralelo en relación con dicho flujo de gas de escape.

14. Método según la reivindicación 9, en el que dicha tercera sección (205c) de dicho economizador (205) y dicha cuarta sección (205d) de dicho economizador (205) se disponen en serie en relación con dicho flujo de gas de escape.

15. Método según la reivindicación 9, en el que dicho método se realiza en un generador (100) de vapor con recuperación de calor (HRSG).

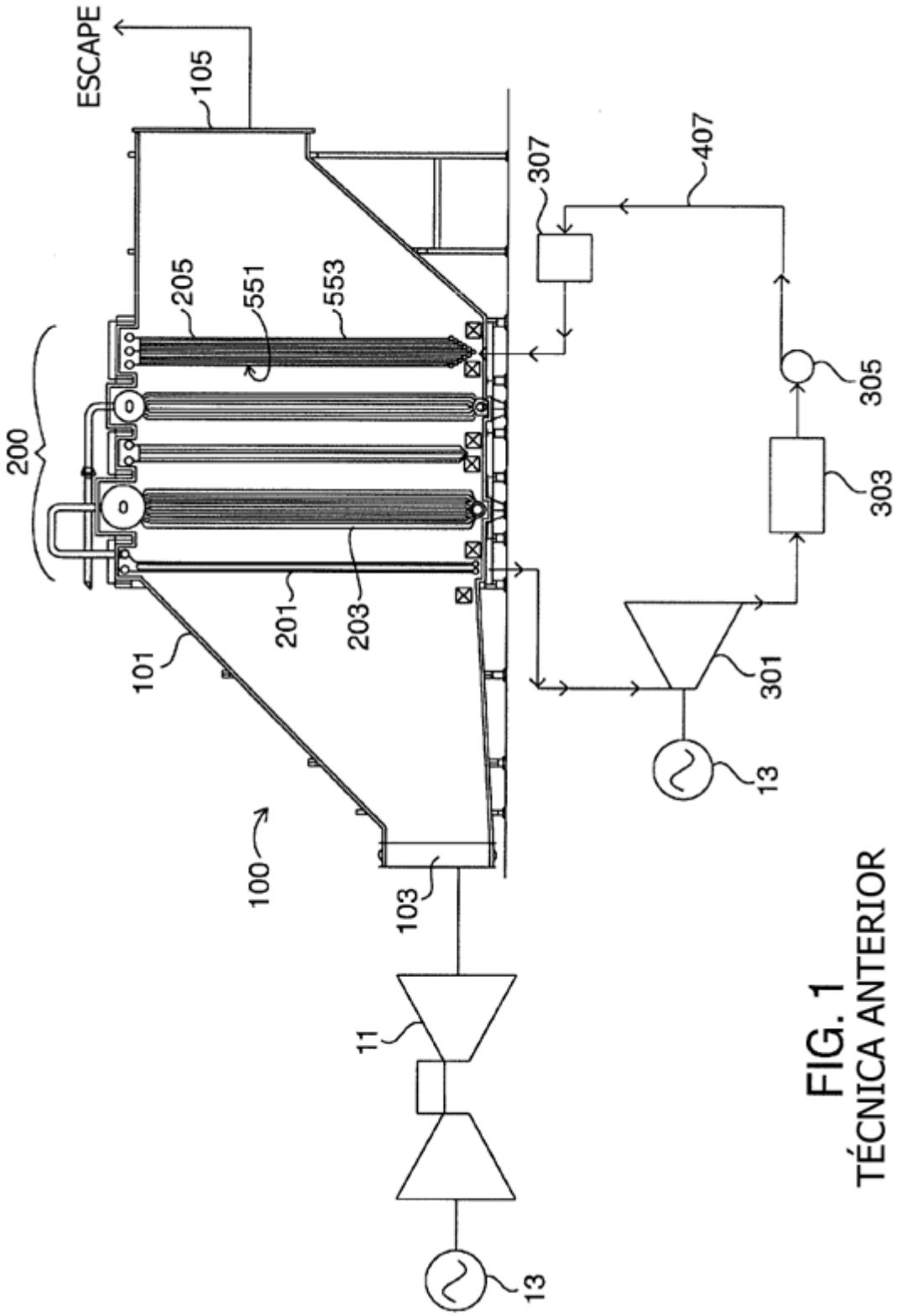

FIG. 1
TÉCNICA ANTERIOR

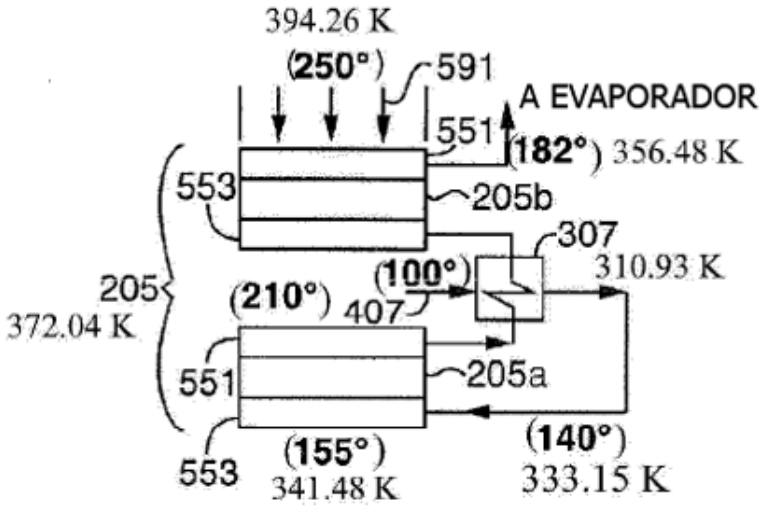

FIG. 2
TÉCNICA ANTERIOR

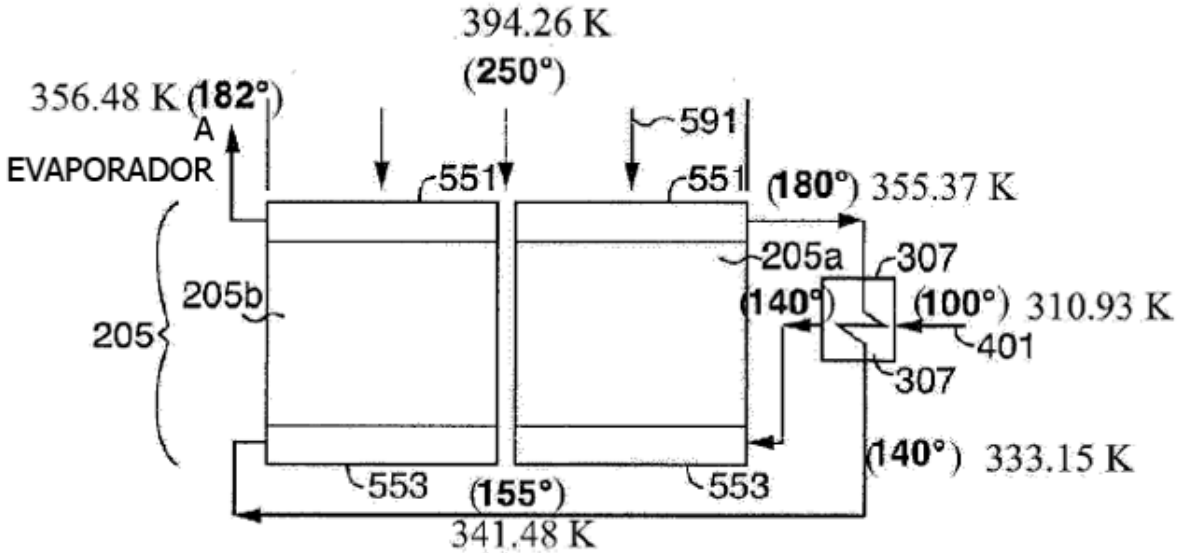

FIG. 3
TÉCNICA ANTERIOR

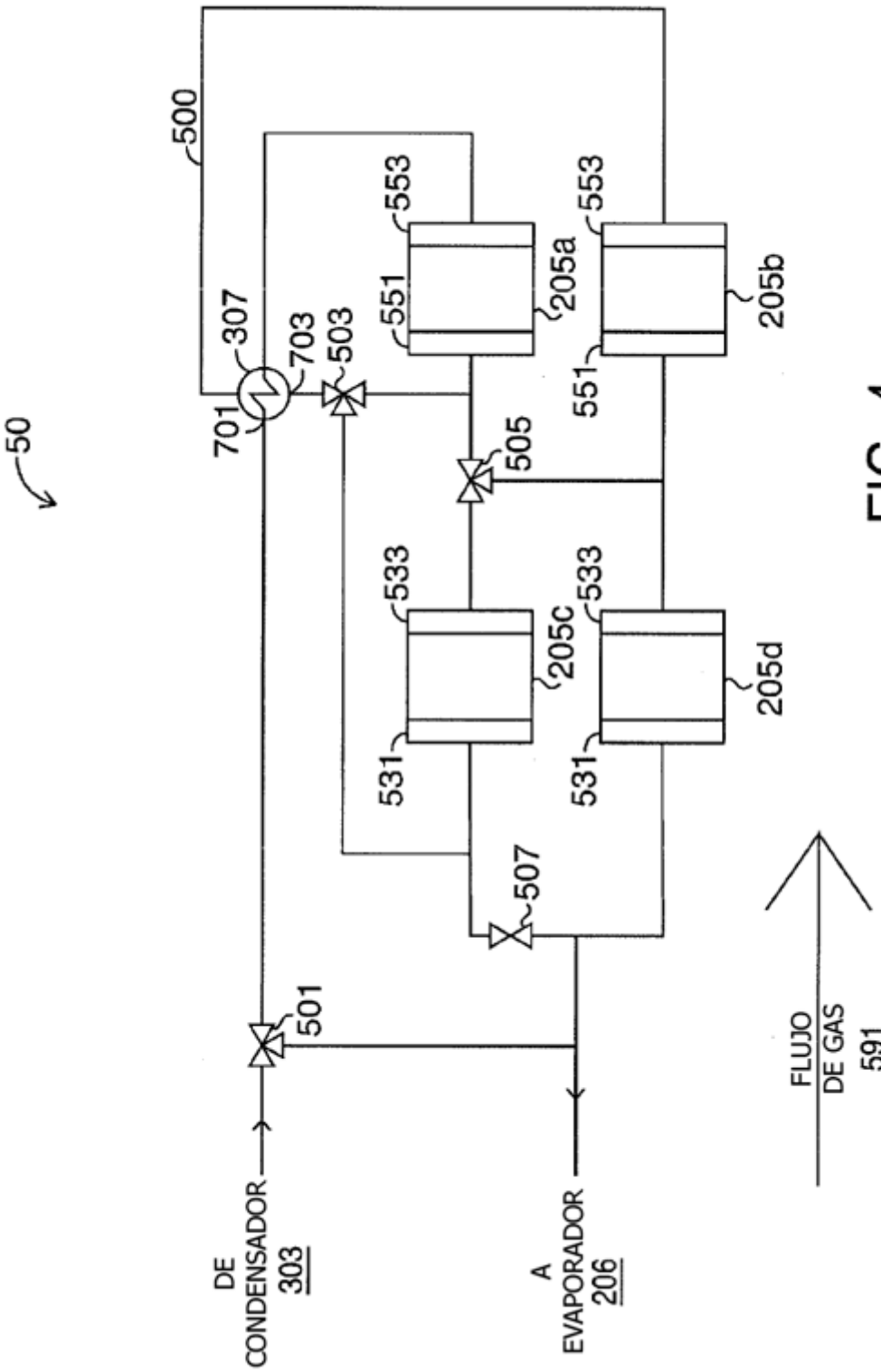
50
500
307
701
703
503
553
551
205a
553
551
205b
505
533
531
205c
533
531
205d
507
501
DE
CONDENSADOR
303
A
EVAPORADOR
206
FLUJO
DE GAS
591

FIG. 4

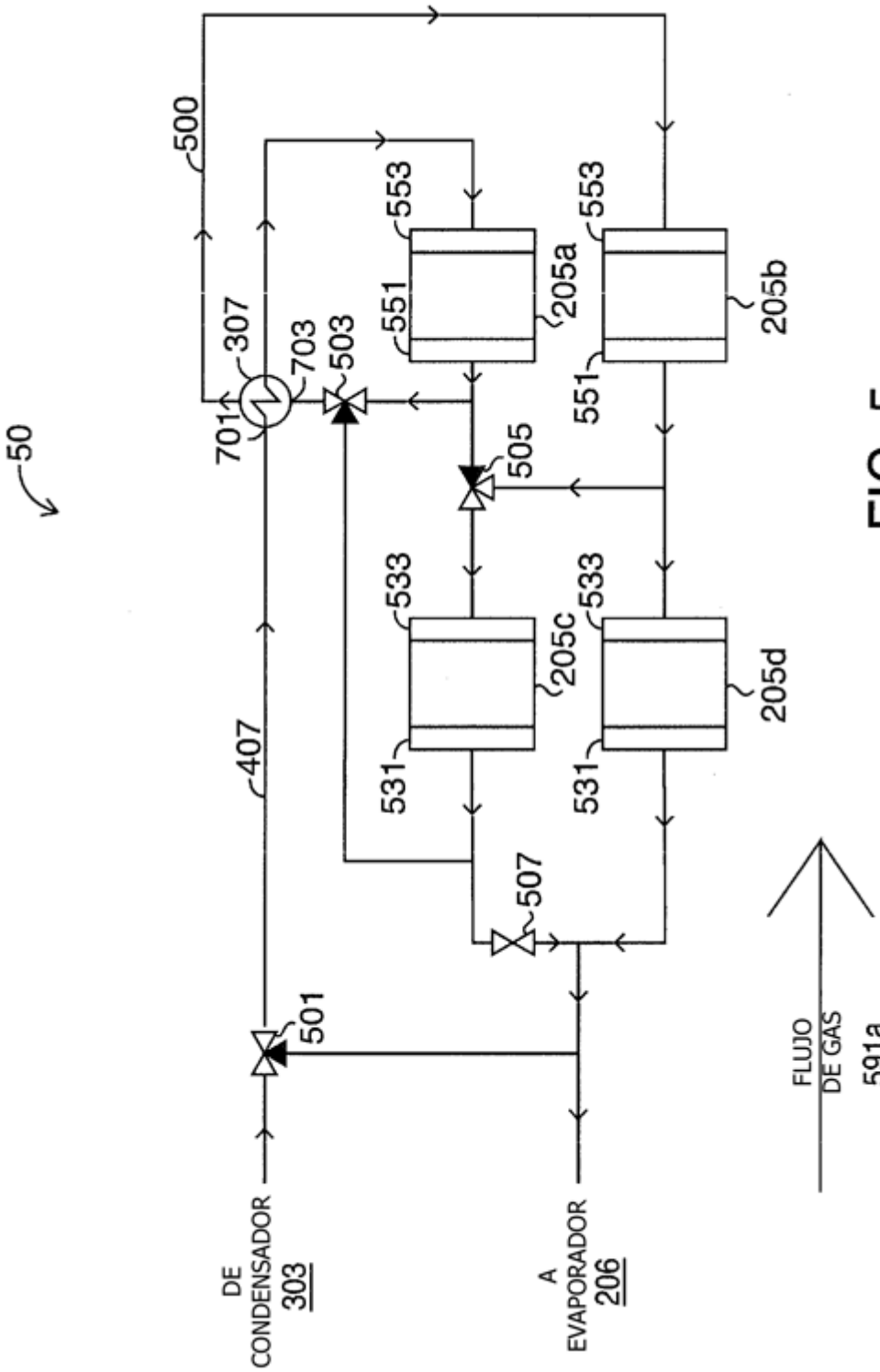
50
500
307
701
703
503
553
551
205a
205b
505
533
205c
205d
531
407
507
501
DE CONDENSADOR 303
A EVAPORADOR 206
FLUJO DE GAS 591a

FIG. 5

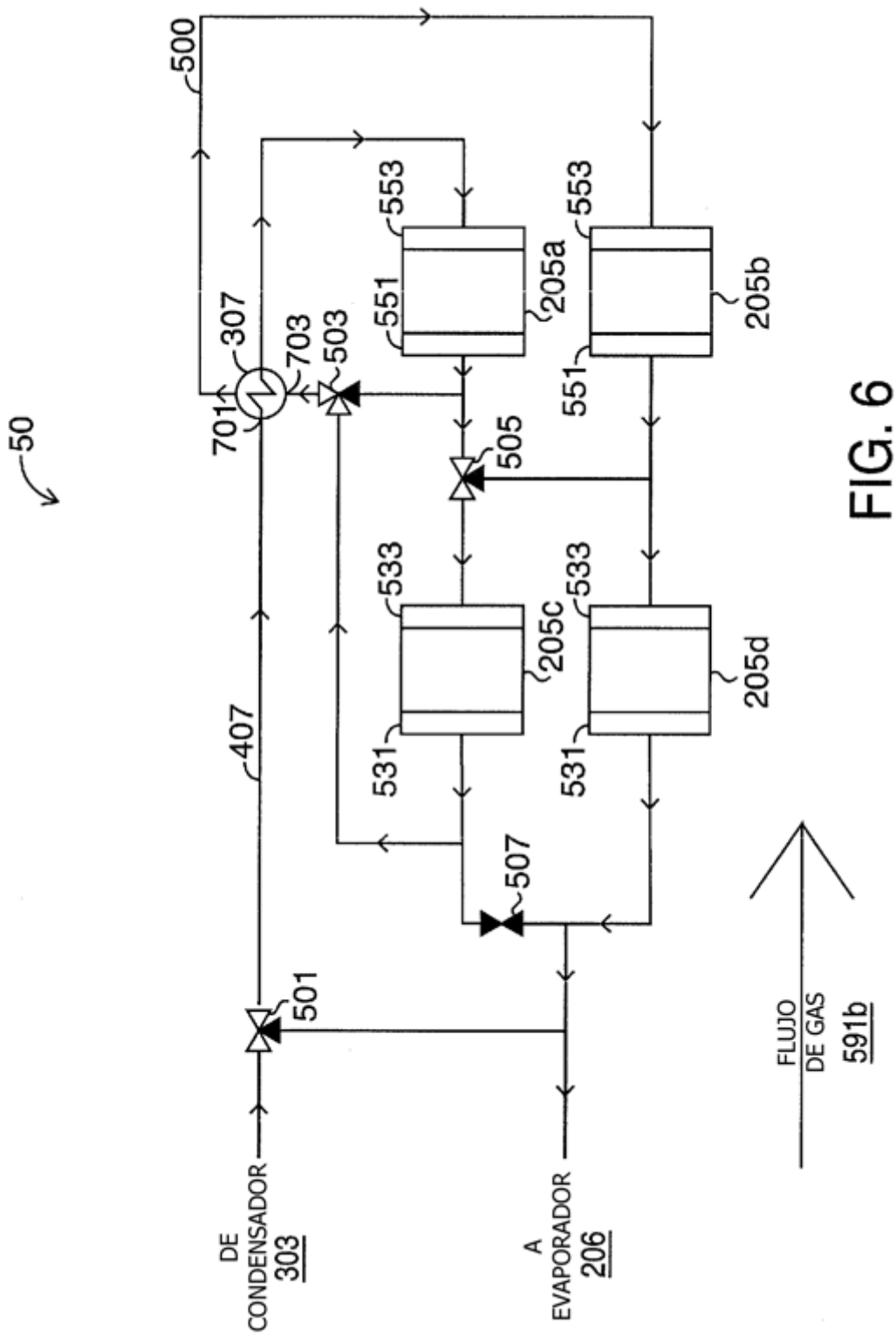
50
500
307
701
703
503
553
551
205a
553
551
205b
505
533
531
205c
533
531
205d
407
507
501
DE CONDENSADOR 303
A EVAPORADOR 206
FLUJO DE GAS 591b

FIG. 6