

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 461 869**

51 Int. Cl.:

F28F 27/02 (2006.01)

F28D 7/16 (2006.01)

F28F 9/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.01.2009 E 09700931 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.03.2014 EP 2229572**

54 Título: **Recuperador**

30 Prioridad:

07.01.2008 US 970197

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

21.05.2014

73 Titular/es:

**ALSTOM TECHNOLOGY LTD (100.0%)
BROWN BOVERI STRASSE 7
5400 BADEN, CH**

72 Inventor/es:

MASTRONARDE, THOMAS P.

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 461 869 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

Recuperador

CAMPO TÉCNICO

5 El presente invento se refiere a recuperadores, y más particularmente al calentamiento de aire presurizado capaz de recuperar energía de escape o evacuación desde una turbina de combustión de escala de utilidad.

ANTECEDENTES

10 El intercambio de calor desde un gas caliente a presión atmosférica a aire presurizado puede ser realizado en un recuperador, del que hay disponibles muchos diseños convencionales. Estos diseños comerciales están limitados en tamaño y tienen una historia de servicio pobre cuando se aplican a grandes aplicaciones de recuperación de calor, tales como la recuperación de calor residual desde la corriente de gas de escape de una turbina de combustión de tamaño de utilidad. El calor residual procedente de una turbina de combustión puede ser utilizado para calentar aire comprimido almacenado con propósitos de generación de energía en instalaciones o plantas de almacenamiento de energía de aire comprimido (CAES), u otro proceso que requiere aire comprimido calentado.

15 Los sistemas de CAES almacenan energía por medio de aire comprimido en una cueva o cámara durante períodos de temporada baja. La energía eléctrica es producida en hora punta admitiendo aire comprimido desde la cueva a una o varias turbinas mediante un recuperador. El tren de potencia comprende al menos una cámara de combustión que calienta el aire comprimido a una temperatura apropiada. Para cubrir las demandas de energía en hora punta una unidad de CAES podría ser puesta en marcha varias veces por semana. Para satisfacer las demandas de carga, es obligatoria una capacidad de puesta en marcha rápida del tren de potencia con el fin de satisfacer los requisitos del mercado de suministro de energía. Sin embargo, las rampas de carga rápida durante la puesta en marcha imponen tensiones térmicas en el tren de potencia por transitorios térmicos. Esto puede tener un impacto en la vida de los trenes de energía porque el consumo de vida aumenta con los transitorios térmicos crecientes. Para estos tipos de aplicaciones, el tamaño físico del intercambiador de calor y las grandes tensiones térmicas transitorias asociadas con calentamiento rápido del recuperador durante la puesta en marcha han probado estar más allá de la capacidad del equipamiento recuperador convencional.

25 De forma común a todos los recuperadores de aire de recuperación de calor (HRAR), la temperatura de la corriente de gas de escape disminuye desde la entrada del gas de escape a la salida del gas de escape del intercambiador de calor. La cantidad de calor transferida en cada fila de tubos del intercambiador de calor sobre la que fluye el gas de escape es proporcional a la diferencia de temperatura entre el gas de escape y el fluido en los tubos del intercambiador de calor. Por ello, para cada fila sucesiva de tubos del intercambiador de calor en la dirección del flujo del gas de escape, se transfiere una cantidad de calor menor, y el flujo de calor desde el gas de escape al fluido (por ejemplo, aire comprimido) dentro del tubo disminuye con cada fila de tubos desde la entrada a la salida de la sección del intercambiador de calor. Por tanto, para cada fila sucesiva de tubos del intercambiador de calor en la dirección del flujo del gas, la temperatura del metal del tubo viene determinada tanto por la cantidad de flujo de calor a través de la pared del tubo como por la temperatura media del fluido dentro del tubo.

30 Por ejemplo, en un recuperador convencional, la temperatura del metal del tubo del intercambiador de calor viene determinada tanto por la cantidad de flujo de calor a través de la pared del tubo del intercambiador de calor como por la temperatura media del medio que fluye dentro del tubo del intercambiador del calor. Como el flujo de calor disminuye desde la entrada a la salida de la sección del recuperador, la temperatura del metal del tubo del intercambiador de calor es diferente para cada fila de tubos del intercambiador de calor incluidos en la sección del recuperador.

35 Cada múltiple (cabezal) de un recuperador de aire de recuperación de calor horizontal (HRAR) que discurre perpendicular al flujo de gas de escape actúa como un punto de recogida para múltiples filas de tubos. Estos cabezales son de diámetro y grosor relativamente grandes para acomodar las múltiples filas de tubos. Las figs. 1a y 1b son dos vistas de tal conjunto 100, conocido como un conjunto de cabezal y tubos de múltiples filas, utilizado en disposiciones de intercambiador de calor típicas. Incluido en el conjunto 100 hay un cabezal 101 y múltiples filas de tubos 105A-105C. Como se ha mostrado en la fig. 1a, cada fila de tubos individual 105A-105C incluye múltiples tubos. En interés de la claridad de la ilustración, la fig. 1b muestra solamente un único tubo en cada fila de tubos 105A-105C. Como cada una de las filas de tubos 105A-105C está a una temperatura diferente, la fuerza mecánica debida a la expansión térmica es diferente para cada fila de tubos 105A-105C. Tal diferencia de expansión térmica provoca tensión en las curvas del tubo y en el punto de unión de cada tubo individual al cabezal 101. Además, contribuyendo también a las tensiones térmicas en el punto de unión de cada tubo individual al cabezal 101 hay una diferencia de grosor entre los tubos de pared relativamente delgada comparada con el cabezal 101 de pared gruesa. En ciertas condiciones de funcionamiento, estas tensiones pueden provocar el fallo del punto de unión, especialmente si el conjunto 100 es sometido a muchos ciclos de calentamiento y enfriamiento. Por consiguiente, existe una necesidad de un recuperador flexible para aplicaciones de plantas de servicio de gran escala que sea capaz tanto de un calentamiento como de un enfriamiento rápido así como de un gran número de ciclos de puesta en marcha y parada.

Además, la Publicación Norteamericana US2003/0051501 muestra una pluralidad de placas laminadas, en las cuales una pluralidad de tubos de transferencia de calor curvados en una forma de zigzag están dispuestos en contacto con cada superficie de cada una de las placas, y las placas son laminadas de manera que los tubos de transferencia de calor en una de las placas adyacentes se cortan con los tubos de transferencia de calor en la otra de las placas adyacentes.

5 La Publicación Norteamericana US2006/0130517 proporciona una unidad de enfriamiento para utilizar en un entorno refrigerado. La unidad de enfriamiento incluye un alojamiento y al menos un serpentín evaporador de microcanal que incluye un múltiple de entrada y un múltiple de salida. La Patente Norteamericana n° 4.147.208 proporciona un intercambio de calor que actúa como recuperador que incluye una pluralidad de subconjuntos idénticos, que incluyen una pluralidad de tubos rectos. La Publicación Internacional N° WO92/22741 proporciona una planta de energía

10 perfeccionada que emplea una combinación de almacenamiento de aire comprimido y saturación de aire comprimido. La planta de energía incluye una cámara de combustión que proporciona gas caliente para el accionamiento de una turbina. El sistema compresor es utilizado para comprimir aire que es almacenado en una cámara de almacenamiento de aire. La Patente Norteamericana n° 6.957.630 proporciona un generador de vapor que incluye un múltiple de entrada, un múltiple de descarga, y un conducto de gas de calentamiento. El área de calentamiento de un solo paso está formada de

15 múltiples conjuntos de cabezal y tubos de una sola fila.

RESUMEN

De acuerdo con los aspectos ilustrados aquí, se ha proporcionado un recuperador que incluye un conducto de gas de calentamiento, un múltiple de entrada; un múltiple de descarga; y un área de calentamiento de un solo paso dispuesta en el conducto de gas de calentamiento a través del cual es conducido el flujo de gas de calentamiento. El área de

20 calentamiento de un solo paso está formada de una pluralidad de primeros conjuntos de cabezal y tubos de una sola fila y de una pluralidad de segundos conjuntos de cabezal y tubos de una sola fila. Cada uno de la pluralidad de conjuntos de cabezal y tubos de una sola fila que incluye una pluralidad de primeros tubos generadores del intercambiador de calor está conectado en paralelo para un flujo pasante de un medio de flujo a su través y además incluye una pluralidad de cabezales de entrada conectados al múltiple de entrada. Cada uno de la pluralidad de segundos conjuntos de cabezal y

25 tubos de una sola fila que incluye una pluralidad de segundos tubos generadores de intercambiador de calor está conectado en paralelo para un flujo pasante del medio de flujo a su través desde los primeros tubos generadores del intercambiador de calor respectivos, y además incluye una pluralidad de cabezales de descarga conectados al múltiple de descarga. Cada uno de los cabezales de entrada está conectado al múltiple de entrada mediante al menos una de una pluralidad de primeros tubos de enlace respectivos y cada uno de los cabezales de descarga está conectado al

30 múltiple de descarga mediante al menos uno respectivo de una pluralidad de segundos tubos de enlace. Cada uno de los tubos del intercambiador de calor de cada uno de los primeros y segundos conjuntos de cabezal y tubos de una sola fila tienen un diámetro interior que es menor que un diámetro interior de cualquiera de la pluralidad de primeros y segundos tubos de enlace.

De acuerdo con otros aspectos ilustrados aquí, se ha proporcionado un sistema de almacenamiento de energía de aire comprimido. El sistema de almacenamiento de energía de aire comprimido incluye una cueva para almacenar aire comprimido; un tren de potencia que comprende un rotor y una o varias turbinas de expansión; y un sistema que proporciona al tren de potencia con aire comprimido procedente de la cueva que incluye un recuperador para precalentar el aire comprimido antes de la admisión a una o varias turbinas de expansión y una primera disposición de válvula que controla el flujo de aire precalentado desde el recuperador al tren de potencia. El recuperador incluye: un conducto de

35 gas de calentamiento que recibe flujo de gas de calentamiento en una dirección opuesta al flujo de aire comprimido; un múltiple de entrada; un múltiple de descarga; y un área de calentamiento de un solo paso dispuesta en el conducto de gas de calentamiento a través del cual es conducido dicho flujo de gas de calentamiento. El área de calentamiento de un solo paso está formada a partir de una pluralidad de primeros conjuntos de cabezal y tubos de una sola fila y de una pluralidad de segundos conjuntos de cabezal y tubos de una sola fila. Cada uno de la pluralidad de primeros conjuntos de cabezal y tubos de una sola fila que incluye una pluralidad de primeros tubos generadores del intercambiador de calor está conectado en paralelo para un flujo pasante de un medio de flujo a su través e incluye además un cabezal de

40 entrada conectado al múltiple de entrada. Cada uno de la pluralidad de segundos conjuntos de cabezal y tubos de una sola fila que incluye una pluralidad de segundos tubos generadores del intercambiador de calor está conectado en paralelo para un flujo pasante del medio de flujo a su través procedente de primeros tubos generadores del intercambiador de calor respectivos, e incluye además un cabezal de descarga conectado al múltiple de descarga. Cada uno de los cabezales de entrada está conectado al múltiple de entrada mediante al menos uno respectivo de una pluralidad de primeros tubos de enlace respectivos y cada uno de los cabezales de descarga está conectado al múltiple de

45 descarga mediante al menos uno de una pluralidad de segundos tubos de enlace respectivos. Cada uno de los tubos del intercambiador de calor de cada uno de los primeros y segundos conjuntos de cabezal y tubos de una sola fila tiene un diámetro interior que es menor que un diámetro interior de cualquiera de la pluralidad de primeros y segundos tubos de enlace.

De acuerdo aún con otros aspectos ilustrados aquí, se ha proporcionado un aparato para calentar aire presurizado capaz de recuperar energía de escape de una turbina de combustión de escala de servicio. El aparato incluye: un conducto de

50 gas de calentamiento; un múltiple de entrada; un múltiple de descarga; y un área de calentamiento de un solo paso dispuesta en el conducto de gas de calentamiento a través del cual es conducido un flujo de gas de calentamiento. El área de calentamiento de un solo paso está formada de una pluralidad de conjuntos de cabezal y tubos de una sola fila.

5 Cada uno de la pluralidad de conjuntos de cabezal y tubos de una sola fila incluye una pluralidad de tubos generadores de intercambiador de calor conectados en paralelo para un flujo pasante de un medio de flujo a su través e incluye además un cabezal de entrada conectado al múltiple de entrada. Cada uno de la pluralidad de conjuntos de cabezal y tubos de una sola fila está conectado al múltiple de descarga. Cada uno de los cabezales de entrada está conectado al múltiple de entrada mediante al menos una pluralidad de tubos de enlace respectivos. Cada uno de los tubos de intercambiador de calor de los conjuntos de cabezal y tubos de una sola fila tiene un diámetro interior que es menor que un diámetro interior de cualquiera de la pluralidad de tubos de enlace.

Las características antes descritas y otras características son ejemplificadas por las siguientes figuras y la descripción detallada.

10 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Con referencia ahora a las figuras, que son realizaciones ejemplares, y en las que elementos similares son numerados de forma similar:

La fig. 1 es una vista en perspectiva de un conjunto de cabezal y tubos de múltiples filas utilizado en el recuperador de aire de recuperación de calor de la técnica anterior;

15 La fig. 1b es una vista en planta frontal del conjunto de cabezal y tubos de múltiples filas mostrado en la fig. 1a;

La fig. 2 es una vista en perspectiva frontal de un grosor de componente escalonado con un conjunto de cabezal y tubos de una sola fila para un recuperador de aire de recuperación de calor (HRAR) de acuerdo con una realización ejemplar del presente invento;

La fig. 3 es una vista en planta frontal de la fig. 2;

20 La fig. 4 es una vista en planta lateral de la fig. 2;

La fig. 5 es una vista en perspectiva frontal de un módulo HRAR de acuerdo con una realización ejemplar del presente invento;

La fig. 6 es una vista en perspectiva agrandada de una parte superior del módulo de la fig. 5;

25 La fig. 7 es una vista en alzado lateral de un conjunto de recuperador ejemplar que tiene cinco módulos HRAR de la fig. 5 ensamblados juntos y dispuestos en un conducto de gas de calentamiento de acuerdo con una realización ejemplar del presente invento; y

La fig. 8 es una vista esquemática que ilustra el conjunto de recuperador de la fig. 7 empleado en un sistema de almacenamiento de energía de aire comprimido (CAES).

DESCRIPCIÓN DETALLADA

30 Con referencia a las figs. 2-4 un grosor de componente escalonado con el conjunto 200 de cabezal y tubos de una sola fila que no está sujeto a fallo de curvado y unión debido a tensiones térmicas, descrito antes, está previsto para utilizar en un HRAR horizontal de tipo de un solo paso. Las figs. 3 y 4 son vistas frontal y lateral de la vista en perspectiva del grosor de componente escalonado con el conjunto 200 de cabezal y tubos de una sola fila de la fig. 2. En interés de la claridad en la ilustración, la fig. 2 muestra solamente los cabezales exteriores que tienen cada uno una sola fila de una pluralidad de tubos. Sin embargo los puntos suspensivos ilustrados en la fig. 2 indican que cada cabezal incluye una sola fila de tubos. Más específicamente, el conjunto 200 incluye una primera pluralidad de únicas filas de tubos 201A-201F (por ejemplo, "primeras filas de tubos"), cada primera fila de tubos unida a un primer cabezal común (o cabezal de entrada) 205A-205F, respectivamente. Así, la fila de tubos 201A está unida al cabezal común 205A, la fila de tubos 201B (no mostrada) está unida al cabezal común 205B, y así sucesivamente, a través de la fila de tubos 201F que está unida al cabezal común 205F. El conjunto 200 incluye además una segunda pluralidad de filas de tubos únicas 201G-201L (por ejemplo, "segundas filas de tubo"), cada segunda fila de tubos unida a un segundo cabezal común 205G-205L (o cabezal de descarga), respectivamente. Así, la fila de tubos 201G (no mostrada) está unida al cabezal común 205G, la fila de tubos 201H (no mostrada) está unida al cabezal común 205H, y así sucesivamente, a través de la fila de tubos 201L que está unida al cabezal común 205H. Cada cabezal común 205A-205L se extiende en una dirección de eje y, y cada primera fila de tubos 201A-201L se extiende en una dirección de eje z, como se ha ilustrado. Tal disposición como se ha descrito antes puede ser denominada como un conjunto de cabezal y tubos de una sola fila de componente escalonado descrito adicionalmente más adelante.

50 Cada cabezal 205A-205F está conectado al menos a un primer múltiple de recogida (o múltiple de entrada) 215 (se han mostrado dos) mediante al menos un primer tubo de enlace 220A-220F (por ejemplo, cuatro primeros tubos de enlace 220A mostrados). Así, el cabezal 205A está conectado al múltiple de recogida 215 mediante el tubo de enlace 220A, el cabezal 205B está conectado al múltiple de recogida 215 mediante el tubo de enlace 220B, y así sucesivamente, a través del cabezal 205F que está conectado al primer múltiple de recogida 215 mediante el tubo de enlace 220F. Cada

múltiple de recogida 215 se extiende en una dirección de eje x, como se ha ilustrado.

En esta construcción, una sola fila de tubos 201A-201F está unida a un cabezal respectivo 205A-205F de diámetro relativamente pequeño con una pared más delgada que el cabezal grande 215 ilustrado en las figs. 2-4. Esta disposición puede ser descrita por el término "conjunto de cabezal y tubos de sola fila" para el conjunto de tubo y cabezal. Los cabezales pequeños 205A-205F están, a su vez, conectados al menos a un múltiple de recogida grande 215, utilizando tubos que pueden ser descritos como enlaces o conexiones 220A-220F. La combinación de tubos 201A-201F, cabezales pequeños 205A-205F, enlaces 220A-220F y grandes múltiples de recogida 215 puede ser descrita como un primer grosor de componente escalonado con el conjunto 230 de cabezal y tubos de una sola fila.

De manera similar, cada cabezal 205G-205L está conectado al menos a un segundo múltiple de recogida (o múltiple de descarga) 225 (se han mostrado dos) mediante al menos un segundo tubo de enlace 220G-220L (por ejemplo, cuatro segundos tubos de enlace 220G mostrados). Así, el cabezal 205G está conectado al segundo múltiple de recogida 225 mediante el tubo de enlace 220G, el cabezal 205H está conectado al segundo múltiple de recogida 225 mediante el tubo de enlace 220H, y así sucesivamente, a través del cabezal 205L que está conectado al segundo múltiple de recogida 225 mediante el tubo de enlace 220L.

Cada cabezal 205G-205L está conectado al menos a un segundo múltiple de recogida 225 mediante al menos un segundo tubo de enlace 220G-220L. Así, el cabezal 205G está conectado al segundo múltiple de recogida 225 mediante el segundo tubo de enlace 220G, y así sucesivamente, a través del cabezal 205L que está conectado al segundo múltiple de recogida 225 mediante el segundo tubo de enlace 220L. Similantemente, la disposición con respecto a los segundos cabezales 205G-205L y tubos asociados 201G-201L es denominada como un segundo conjunto 230 de cabezal y tubos de una sola fila, tal disposición puede ser denominada como un segundo conjunto 240 de cabezal y tubos de una sola fila de grosor de componente escalonado.

Cada tubo de cada fila de tubos 201A-201L tiene un diámetro más pequeño que cada cabezal común 205A-205L y cada tubo de enlace 220A-220L. Cada cabezal común 205A-205L tiene un diámetro más pequeño y un grosor de pared más delgado que cada múltiple de recogida 215.

Como resultado de esta configuración, no ocurre una elevada concentración de tensiones durante el calentamiento y el enfriamiento en las curvas y en los puntos de sujeción. Más particularmente, debido a que los tubos de cada fila de tubos 201A-201L no tiene curvas, no existe tensión térmica asociada con las curvas. También, la tensión de curvado en la unión por soldadura de cada tubo a cada cabezal 205A-205L no tiene lugar debido a que no existe un momento de curvado impuesto por las curvas del tubo durante el calentamiento. Así, los conjuntos 230 y 240 de una sola fila pueden resistir muchos más ciclos de calentamiento y enfriamiento que el conjunto 100 de cabezal y tubos de múltiples filas representado en la fig. 1, y descrito anteriormente.

La fig. 5 es la vista en perspectiva frontal de un módulo HRAR 300 (zona de calentamiento de un solo paso) que incluye el primer conjunto 230 de cabezal y tubos de sola fila de grosor de componente escalonado y segundo conjunto 240 de cabezal y tubos de sola fila de las figs. 2-4 de acuerdo con una realización ejemplar del presente invento. El módulo HRAR 300 ilustra la comunicación de fluido del primer conjunto 230 de cabezal y tubos de una sola fila de grosor de componente escalonado con el segundo conjunto 240 de cabezal y tubos de una sola fila mediante una parte superior 360 del módulo 300.

Con referencia a la fig. 6, la parte superior 360 incluye una pluralidad de terceros cabezales 305A-305L comunes conectados a una fila de tubos 201A-201L correspondiente, y por lo tanto en comunicación de fluido con un cabezal 205A-205L común respectivamente mediante una fila de tubos 201A-201L correspondiente. Además, los terceros cabezales 305A-305F comunes están en comunicación de fluido con los terceros cabezales 305G-305L comunes correspondientes mediante un tercer tubo de enlace 320AL, 320BK, 320CJ, 320DI, 320EH y 320FG correspondiente, respectivamente.

Por ejemplo y con referencia de nuevo a la fig. 5, un medio fluido W (por ejemplo, aire comprimido) fluye al primer cabezal común 205 desde una entrada 362 del primer múltiple 215 a través del primer tubo de enlace 220A y fluye a través de la primera fila de tubos 201A en una primera dirección indicada por la flecha 364 en las figs. 5 y 6. El medio fluido W fluye a continuación al tercer cabezal 305A correspondiente y a continuación al tercer cabezal 305L a través del tercer tubo de enlace 320 AL. El medio fluido W fluye a continuación a la segunda fila de tubos 201L correspondiente en una segunda dirección indicada por la flecha 366 en las figs. 5 y 6. El segundo cabezal común 205L recibe el medio fluido W procedente de la segunda fila de tubos 201L correspondiente y emite el medio fluido W desde una salida 368 del segundo múltiple 225 mediante la conexión con el segundo enlace 220L. El módulo HRAR 300 está mostrado con la salida 368 opuesta a un flujo de gas de escape 370 procedente de una turbina de combustión, por ejemplo, pero no está limitado a ello, y la entrada 362 aguas abajo del flujo de gas de escape 370. Con referencia a la fig. 4, se reconocerá que los múltiples 215 y 225 tienen cada uno un capuchón o tapa 372 en un extremo opuesto del mismo con relación a la entrada 362 y a la salida 368, respectivamente.

Con referencia ahora a la fig. 7, se ha mostrado una realización de un recuperador de aire de recuperación de calor (HRAR) horizontal de tipo de un solo paso del presente invento que incorpora quince (15) módulos HRAR 300 (por

ejemplo, módulos 300 de triple ancho en cinco secciones, pero no limitados a ello), designado generalmente de aquí en adelante como recuperador 400. Puede verse que el recuperador 400 está dispuesto aguas abajo de una turbina de gas (no mostrada) en el lado del gas de escape del mismo. El recuperador 400 tiene una pared de cierre 402 que forma un conducto 403 de gas de calentamiento a través del cual el flujo puede ocurrir en una dirección de gas de calentamiento

5 aproximadamente horizontal indicada por la flecha 370 y que está destinada a recibir el gas de escape desde la turbina de gas. Los módulos HRAR 300 están conectados en serie entre sí y posicionados en el conducto 403 de gas de calentamiento. En la realización ejemplar de la fig. 7, se han mostrado cinco módulos 300 conectados en serie juntos, pero un módulo 300, o un número mayor de módulos 300 puede estar previsto también sin salir de la esencia del presente invento.

10 Los módulos 300, comunes a la realización respectiva ilustrada en las figs. 2 a 5, contienen un número de primeras filas de tubos 201A-201F y segundas filas de tubos 201G-201L, respectivamente, que están dispuestas una detrás de la otra en la dirección del gas de calentamiento. Cada fila de tubo de las primeras filas de tubos 201A-201F está conectada a su vez a una fila de tubos respectiva de las segundas filas de tubos 201G-201L mediante un enlace 320 correspondiente como se ha descrito antes con respecto a las figs. 5 y 6 y están dispuestas una a continuación de la otra en la dirección

15 del gas de calentamiento. En la fig. 7, solamente un único tubo 201 intercambiador de calor vertical puede verse en cada fila de tubos 201A-201L.

Los tubos 201 intercambiadores de calor de una fila de tubos común 201A-201F respectiva de la primera fila de tubos para cada módulo 300 están conectados cada uno en paralelo a un primer cabezal de entrada común 205A-205F respectivo, formando un primer conjunto de entrada de cabezal y tubos de una sola fila, descrito antes y mostrado en las

20 figs. 2 a 5. También, los tubos 201 intercambiadores de calor de las primeras filas de tubos 201A-201F comunes de cada módulo 300 están conectados cada uno a un tercer cabezal de descarga común 305A-305F respectivo, formando así un conjunto de entrada de cabezal y tubos de una sola fila para cada fila 201A-201F. De manera similar, los tubos 201 intercambiadores de calor de las segundas filas de tubos 201G-201L comunes de una segunda área de calentamiento de un solo paso están conectados cada uno en paralelo a un tercer cabezal de entrada común 305G-305L respectivo,

25 formando un conjunto de descarga de cabezal y tubos de una sola fila para cada fila 201G-201L, y están conectados cada uno también en paralelo a un segundo cabezal de descarga común 205G-205L respectivo, formando así un segundo conjunto de descarga de cabezal y tubos de una sola fila para cada fila 201G-201L. Cada tercer cabezal de descarga común 305A-305F respectivo está conectado a un cabezal de entrada común 305G-305L respectivo mediante un tubo de enlace 320 respectivo.

30 Cada primer conjunto de entrada de cabezal y tubos de una sola fila de cada módulo 300 está conectado a un múltiple de entrada 215 mediante un primer tubo de enlace 220A-220F, formando así un primer grosor de componente escalonado con el conjunto 230 de entrada de cabezal y tubos de una sola fila. También, cada segundo conjunto de descarga de cabezal y tubos de una sola fila de cada módulo 300 está conectado a un múltiple de descarga 225 mediante un segundo tubo de enlace 220G-220L, formando así un segundo grosor de componente escalonado con el

35 segundo conjunto 240 de descarga de cabezal y tubos de una sola fila.

Cada salida 368 de un segundo múltiple 225 de un módulo 300 está conectada a una entrada 362 de un primer múltiple 215 mediante un módulo sucesivo 300 mediante un acoplador 374, pero para el primer y último módulos 300 conectados en serie. El medio de flujo W entra en el primer grosor de componente escalonado con el conjunto 230 de entrada de cabezal y tubos de una sola fila de un primer módulo 300, fluye en paralelo a través de las filas de tubos 201A-201F, y sale el primer grosor de componente escalonado con el conjunto 230 de entrada de cabezal y tubos de una sola fila del primer módulo a través del tercer tubo de enlace 320A-320L en el segundo grosor de componente escalonado con el

40 conjunto 240 de descarga de cabezal y tubos de una sola fila del primer módulo 300 y sale mediante el múltiple de descarga 225. El medio de flujo W se desplaza entonces a una entrada 362 de un segundo módulo 300 conectada a la salida 368 del primer módulo 300. La entrada 362 y la salida 368 están conectadas con el acoplador 374.

45 Una mejora significativa en la flexibilidad de recuperadoras grandes puede ser alcanzada con un conjunto de secciones o módulos 300 de intercambiador de calor construidos utilizando la configuración descrita antes en la fig. 7 como un "grosor del componente escalonado con el conjunto de cabezal y tubos de una sola fila". Este nuevo conjunto utiliza conjuntos de cabezal y tubos de una sola fila a todo lo largo del recuperador para formar los circuitos de fluido dispuestos en contraflujo requerido para un recuperador grande 400, como se ha ilustrado en la fig. 7.

50 El recuperador grande descrito con respecto a la fig. 7 acomoda un flujo de aire parcial durante la puesta en marcha para minimizar la ventilación de aire almacenado. Los módulos de intercambiador de calor se pueden drenar y ventilar completamente. Unos agujeros de ventilación (no mostrados) pueden estar previstos en cada punto elevado (por ejemplo, utilizando tapones roscados) para propósitos de mantenimiento futuro. Los múltiples inferiores 215, 225 pueden ser provistos con tuberías de drenaje y válvulas de drenaje que terminan fuera de la envolvente o conducto 403 de gas de calentamiento.

55

Los módulos 300 intercambiadores de calor son completamente ensamblados en almacén con tubos con aletas, cabezales, envolturas de techo, y vigas de apoyo superiores. Los módulos 300 intercambiadores de calor son instalados desde la parte superior a la estructura de acero. La vibración del tubo es controlada por un sistema de restricciones 380 del tubo, como puede verse mejor con referencia a la fig. 5, probado en el servicio de gran generador de vapor de

recuperación de calor (HRSG). Utilizar la combinación de estos dos conceptos permitirá la producción de recuperadores flexibles para aplicaciones a gran escala capaces de calentamiento y enfriamiento rápidos y un gran número de ciclos de inicio-parada. Por ejemplo, la fig. 8 es una vista esquemática que ilustra el conjunto recuperador de la fig. 7 empleado en un sistema de almacenamiento de energía de aire comprimido (CAES) que tiene una capacidad de alrededor de 150-300 MW.

Una implantación básica de una planta de energía CAES está mostrada en la fig. 8. La planta comprende una cueva 1 para almacenar aire comprimido. El recuperador 400 como se ha descrito con referencia a la fig. 7 precalienta el aire comprimido procedente de la cueva 1 antes de que sea admitido a una turbina de aire 3. El recuperador 400 precalienta el aire comprimido procedente de la cueva 1 mediante un flujo de gas de escape que fluye en una dirección opuesta, tal como desde una turbina de gas 5, por ejemplo. Siguiendo la transferencia de calor al aire comprimido frío desde la cueva 1, el gas de combustión deja el sistema a través de la pila 7. El flujo de aire al recuperador 400 y a la turbina de aire 3 es controlado por disposiciones de válvula 8 y 9, respectivamente.

Aunque el invento ha sido descrito con referencia a distintas realizaciones ejemplares, los expertos en la técnica comprenderán que pueden hacerse distintos cambios y pueden ser sustituidas equivalencias por elementos del mismo sin salir del marco del invento. Además, pueden hacerse muchas modificaciones para adaptar una situación o material particular a las enseñanzas del invento sin salir del marco esencial del mismo. Por lo tanto, se pretende que el invento no está limitado a la realización particular descrita como el mejor modo contemplado para llevar a cabo este invento, sino que el invento incluirá todas las realizaciones que caen dentro del marco de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1.- Un recuperador (400) que comprende:

un conducto (403) de gas de calentamiento;

5 un múltiple de entrada (215); y

un múltiple de descarga (225);

un área (300) de calentamiento de un solo paso dispuesta en el conducto (403) de gas de calentamiento a través del cual es conducido un flujo (370) de gas de calentamiento, estando formada dicha área (300) de calentamiento de un solo paso de una pluralidad de primeros conjuntos (230) de cabezal y tubos de una sola fila y de una pluralidad de segundos conjuntos (240) de cabezal y tubos de una sola fila; caracterizado por que:

10 cada uno de dicha pluralidad de primeros conjuntos (230) de cabezal y tubos de una sola fila incluye una pluralidad de primeros tubos generadores de intercambiador de calor (201A-F) conectados en paralelo para un flujo pasante o que atraviesa de un medio de flujo a su través e incluyendo además una pluralidad de cabezales de entrada (205A-F) conectados a dicho múltiple de entrada (215), incluyendo cada uno de dicha pluralidad de segundos conjuntos (240) de cabezal y tubos de una sola fila una pluralidad de segundos tubos del intercambiador de calor (201G-L) conectados en paralelo para un flujo pasante de dicho medio de flujo a su través desde dichos primeros tubos del intercambiador de calor respectivos (2001A-F), e incluyendo además una pluralidad de cabezales de descarga (205G-L) conectados a dicho múltiple de descarga (225), estando conectado cada uno de dichos cabezales de entrada (205A-F) a dicho múltiple de entrada (215) mediante al menos uno de una pluralidad de primeros tubos de enlace respectivos (220A-F), estando conectado cada uno de dichos cabezales de descarga (205G-L) a dicho múltiple de descarga (225) mediante al menos uno de una pluralidad de segundos tubos de enlace respectivos (220G-L), y teniendo cada uno de dichos primer y segundo tubos de intercambiador de calor (201A-L) de cada uno de dichos primer y segundo conjuntos (230, 240) de cabezal y tubos de una sola fila un diámetro interior que es menor que un diámetro interior de cualquiera de dicha pluralidad de primeros tubos de enlace (220A-F) y de cualquiera de dicha pluralidad de segundos tubos de enlace (220G-L).

2.- El recuperador (400) de la reivindicación 1, en el que el conducto (403) de gas de calentamiento está dispuesto horizontalmente para dirigir el flujo de gas de calentamiento (370) en una dirección de gas de calentamiento aproximadamente horizontal.

3.- El recuperador (400) de la reivindicación 1 ó 2, en el que el conducto (403) de gas de calentamiento está adaptado para conducir aire comprimido.

4.- El recuperador (400) de una de las reivindicaciones precedentes, en el que al menos uno de dicha pluralidad de segundos tubos del intercambiador de calor (201G-L) asociado con dicha pluralidad de segundos conjuntos (240) de cabezal y tubos de una sola fila está dispuesto aguas arriba de dicha pluralidad de primeros tubos del intercambiador de calor (201A-F) asociado a dicha pluralidad de primeros conjuntos (230) de cabezal y tubos de una sola fila.

5.- El recuperador (400) de una de las reivindicaciones precedentes, en el que dicho múltiple de entrada (215) tiene un diámetro interior mayor que un diámetro interior de cada uno de dichos cabezales de entrada (205A-L); y dicho múltiple de descarga (225) tiene un diámetro interior menor que un diámetro interior de cada uno de dichos cabezales de descarga (205G-L).

6.- El recuperador (400) de una de las reivindicaciones precedentes, en el que dicha área (300) de calentamiento de un solo paso es una primera zona de calentamiento de un solo paso, dicho múltiple de entrada (215) es un primer múltiple de entrada, dicho múltiple de descarga (225) es un primer múltiple de descarga, y que comprende además: una segunda área (300) de calentamiento de un solo paso dispuesta en dicho conducto (403) de gas de calentamiento, estando formada dicha segunda área (300) de calentamiento de un solo paso de otra pluralidad de dichos primeros y segundos conjuntos (230, 240) de cabezal y tubos de una sola fila, incluyendo cada uno de dicha otra pluralidad de primeros y segundos conjuntos (230, 240) de cabezal y tubos de una sola fila una pluralidad de primeros y segundos tubos del intercambiador de calor (201A-L), respectivamente, conectados en paralelo para un flujo pasante del medio de flujo a su través, incluyendo cada uno de dicha otra pluralidad de primeros conjuntos (230) de cabezal y tubos de una sola fila una pluralidad de cabezales de entrada (205A-F) conectados a un segundo múltiple de entrada (215) e incluyendo cada uno de dicha otra pluralidad de segundos conjuntos (240) de cabezal y tubos de una sola fila una pluralidad de cabezales de descarga (205G-L) conectados a un segundo múltiple de descarga (225) en que dicha primera área (300) de calentamiento de un solo paso está en comunicación de fluido con la segunda área (300) de calentamiento de un solo paso conectando el primer múltiple de descarga (225) al segundo múltiple de entrada (215).

7.- El recuperador (400) de la reivindicación 6, en el que dicha segunda área (300) de calentamiento de un solo paso está dispuesta a aguas arriba de dicha primera área (300) de calentamiento de un solo paso.

- 5 8.- El recuperador (400) de una de las reivindicaciones precedentes, en el que cada uno de dicha pluralidad de segundos tubos del intercambiador de calor (201G-L) asociados con dicha pluralidad de segundos conjuntos (240) de cabezal y tubos de una sola fila está en comunicación de fluido con uno respectivo de dicho primer tubo del intercambiador de calor (201A) de dicha pluralidad de primeros tubos del intercambiador de calor (201A-F) asociado con dicha pluralidad de primeros conjuntos (230) de cabezal y tubos de una sola fila mediante una parte superior del área (300) de calentamiento de un solo paso.
- 10 9.- El recuperador (400) de una de las reivindicaciones precedentes, en que la parte superior del área (300) de calentamiento de un solo paso incluye una pluralidad de primeros y segundos cabezales comunes (305A-L) conectados a una fila de tubos correspondiente de dichos primeros y segundos tubos generadores intercambiadores de calor (201A-L), respectivamente, un primer cabezal común de dicha pluralidad de primeros cabezales comunes (305A-F) está en comunicación de fluido con un segundo cabezal común correspondiente de dicha pluralidad de segundos cabezales comunes (305G-L) mediante un tercer tubo de enlace (320) correspondiente.
- 15 10.- El recuperador (400) de las reivindicaciones 1 a 9, en el que dicho recuperador (400) es un recuperador de aire de recuperación de calor.
- 20 11.- El recuperador (400) de una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que el múltiple de entrada (215) incluye una pluralidad de múltiples de entrada en los que cada uno de dichos cabezales de entrada (205A-F) están conectados a dicha pluralidad de múltiples de entrada (215) mediante al menos uno respectivo de una pluralidad de tubos de enlace (220).
- 25 12.- Un sistema de almacenamiento de energía de aire comprimido, caracterizado por que el sistema de almacenamiento de energía de aire comprimido comprende:
una cueva (1) para almacenar aire comprimido;
un tren de potencia que comprende un rotor y una o varias turbinas de expansión; y
un sistema que proporciona a dicho tren de potencia con dicho aire comprimido de dicha cueva (1), incluyendo el sistema un recuperador (400) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes para calentar previamente dicho aire comprimido antes de la admisión a dicha una o varias turbinas de expansión (3) y una primera disposición (8) de válvula que controla el flujo de aire precalentado desde dicho recuperador (400) a dicho tren de potencia.

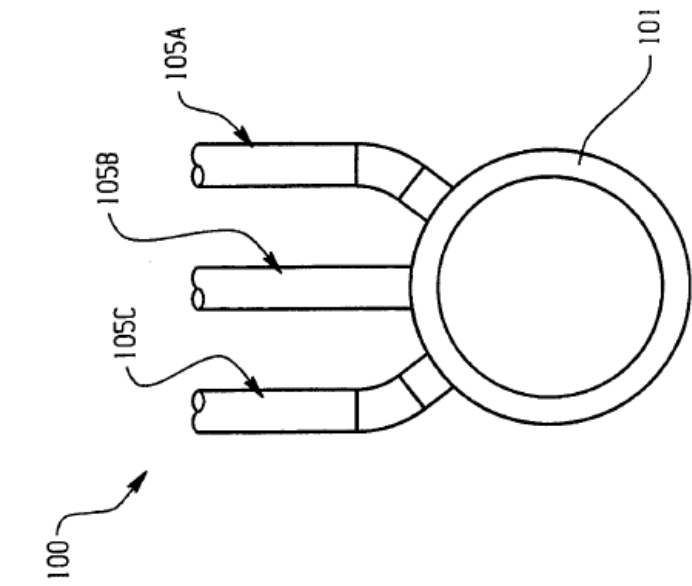


Fig. 1a
TÉCNICA ANTERIOR

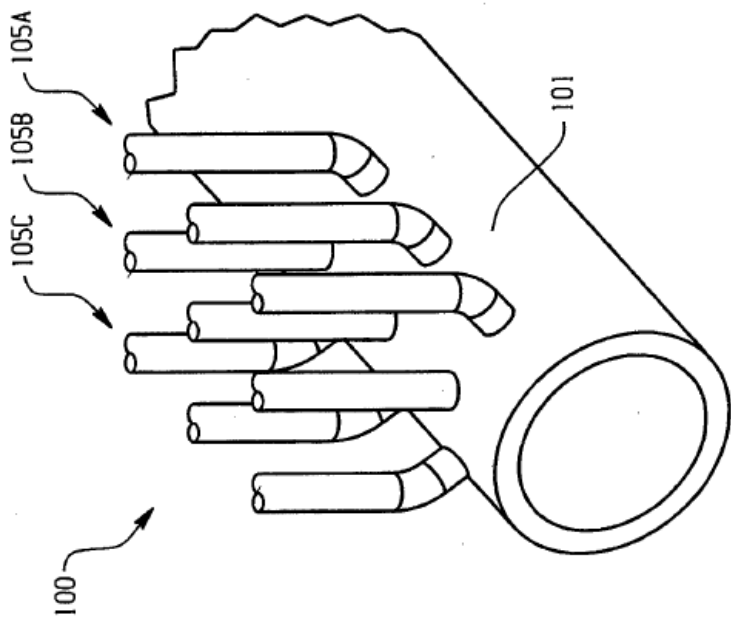


Fig. 1b
TÉCNICA ANTERIOR

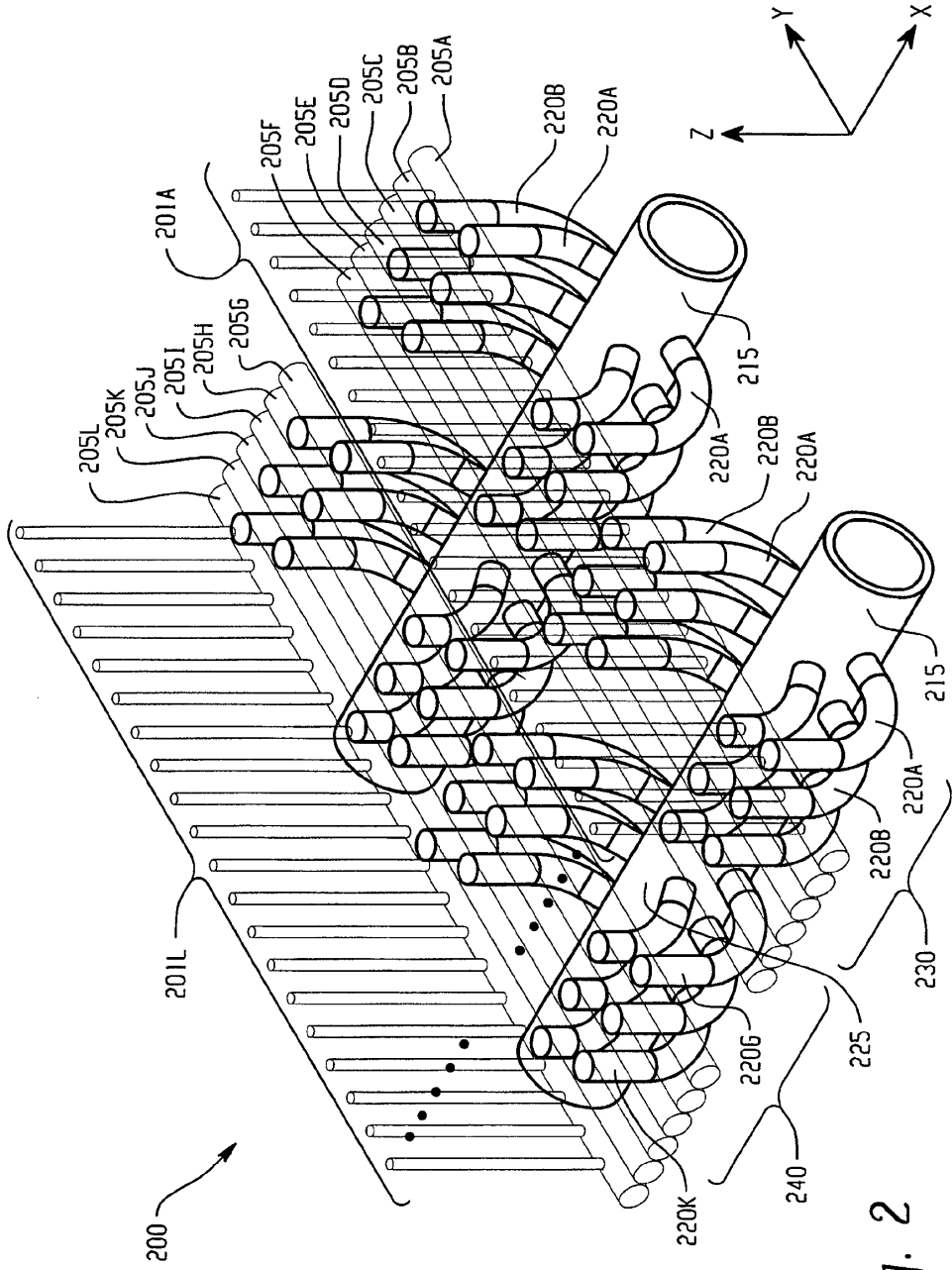


Fig. 2

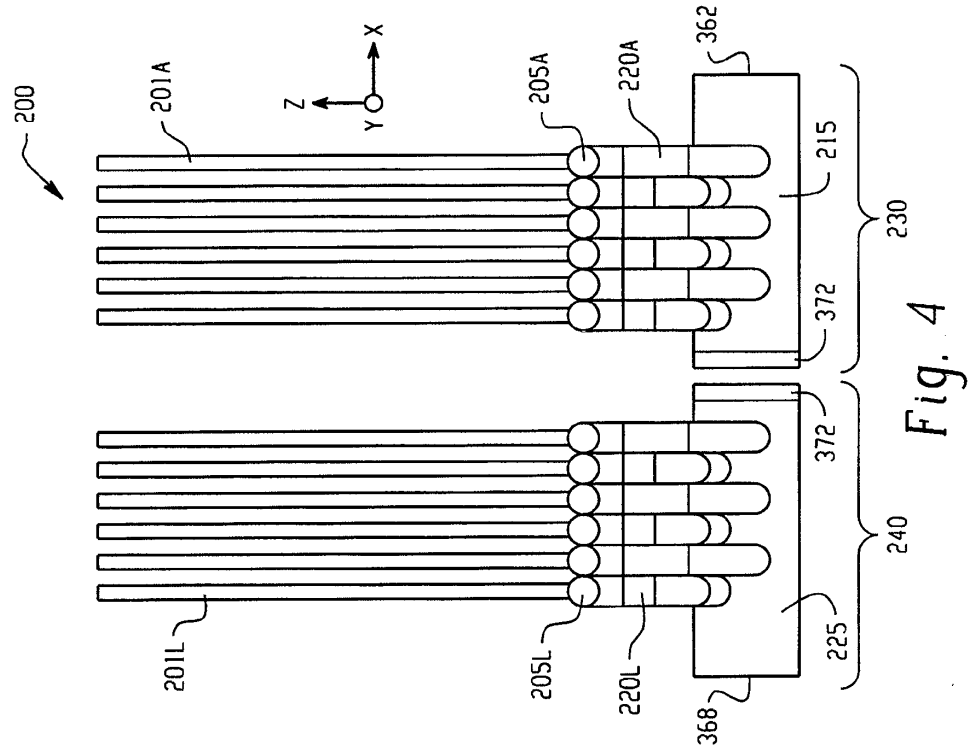


Fig. 4

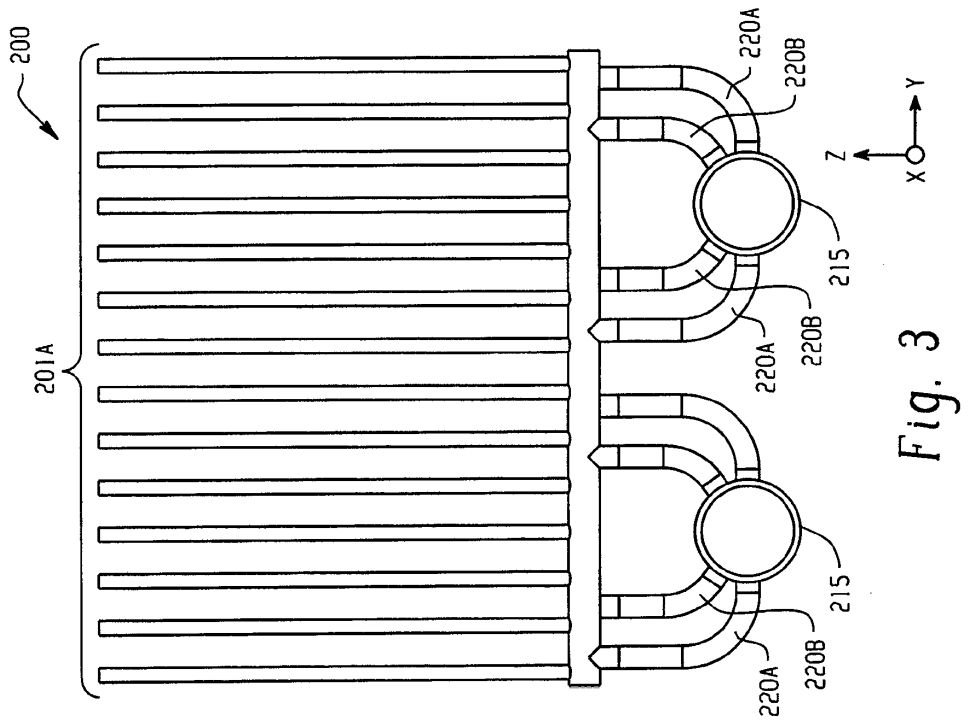
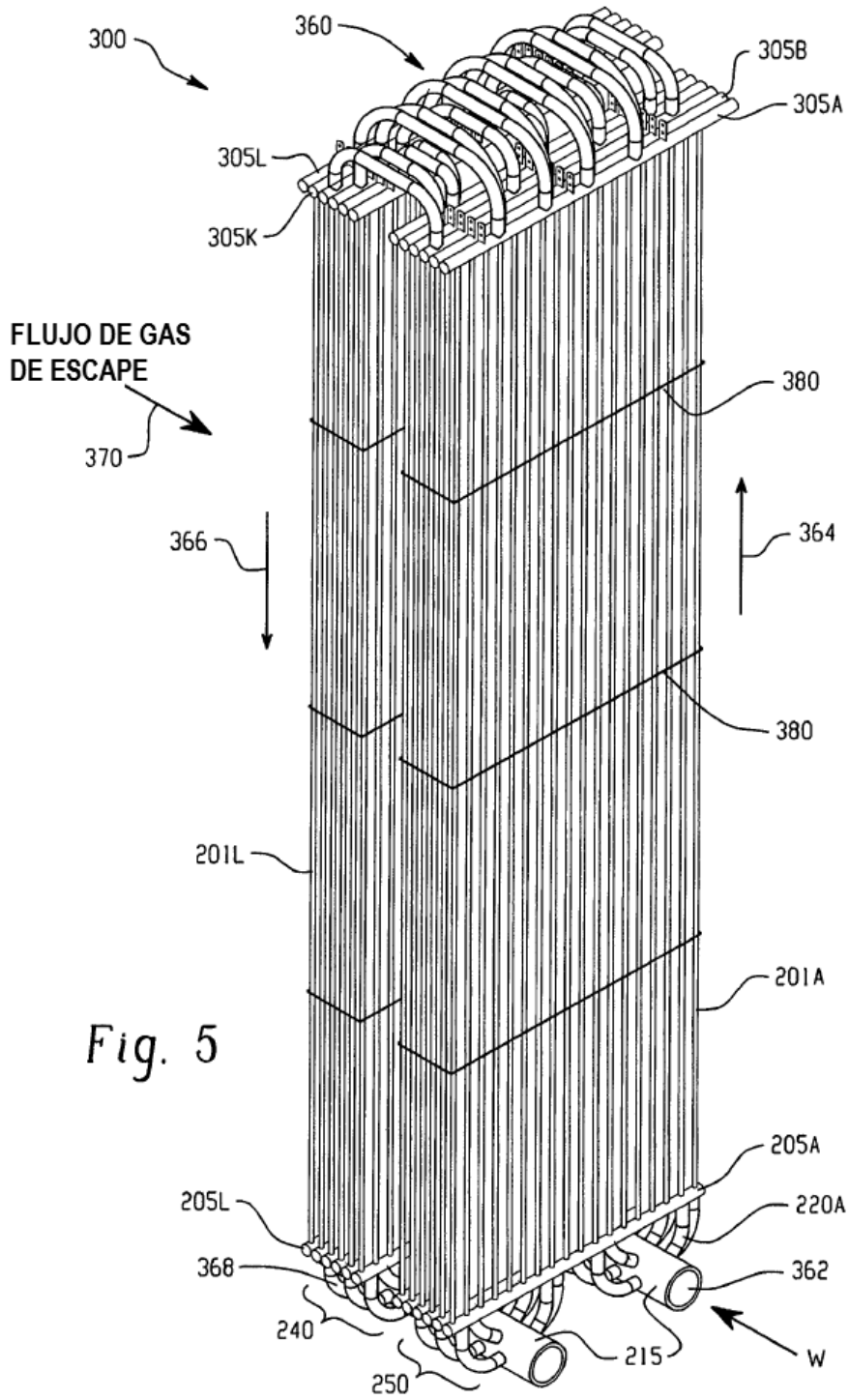


Fig. 3



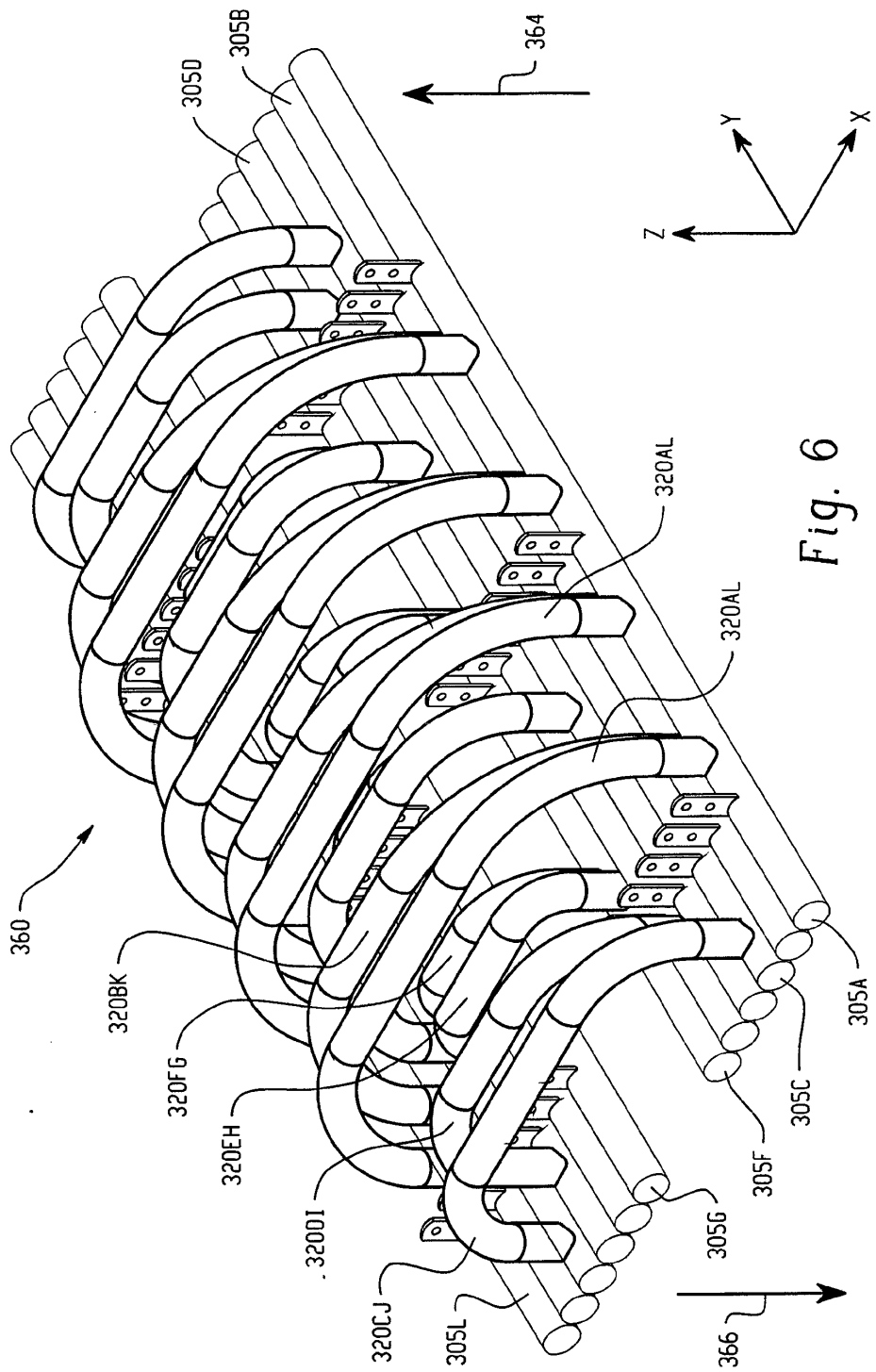
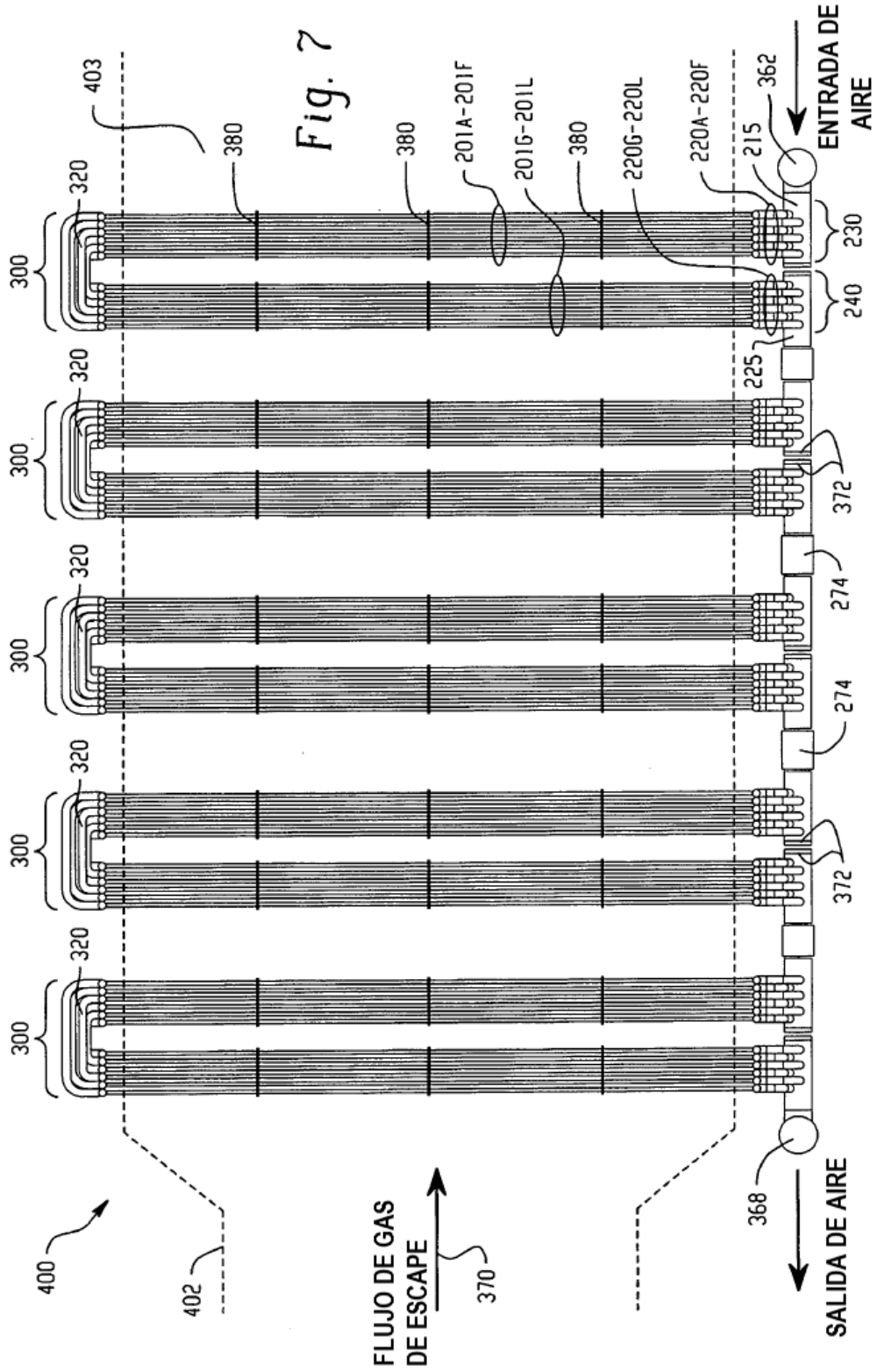


Fig. 6



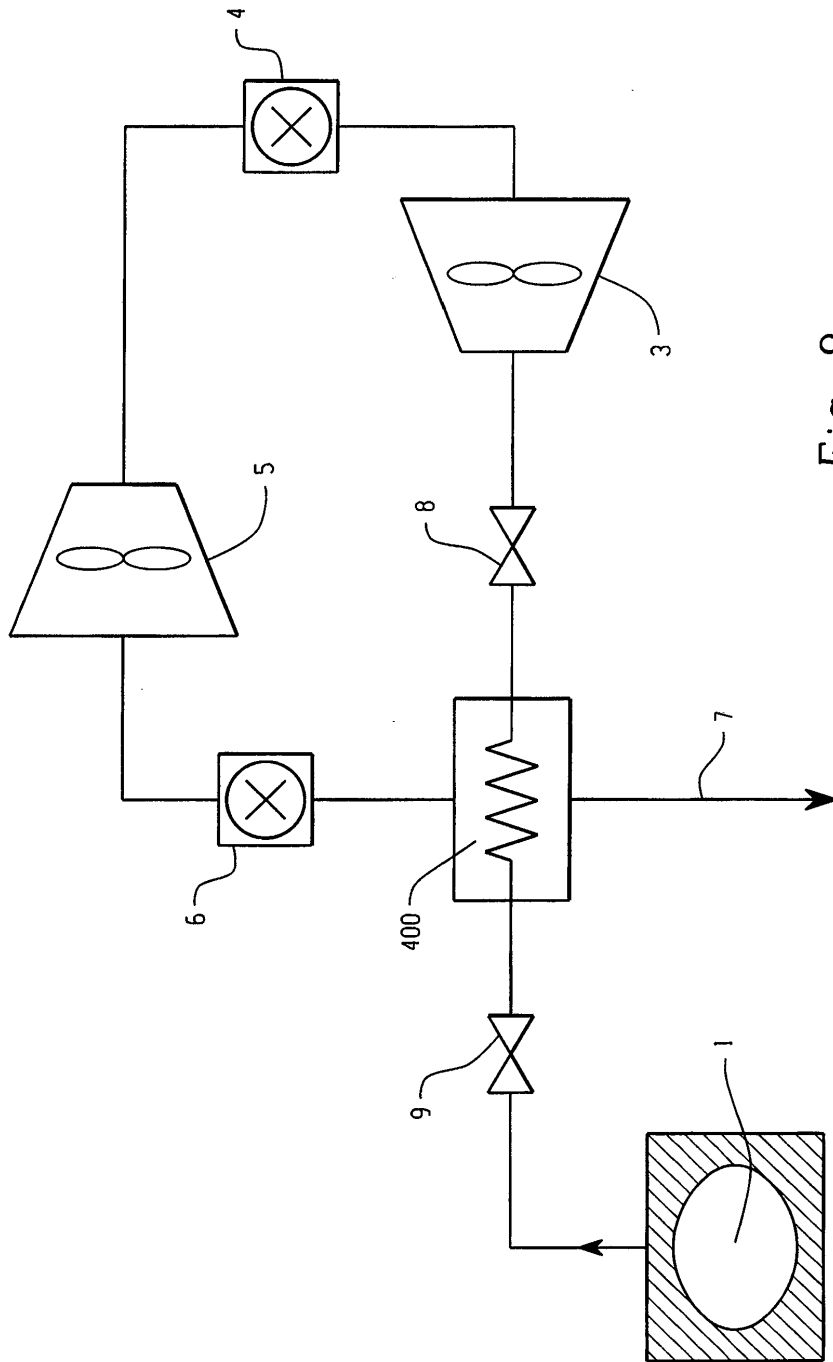


Fig. 8