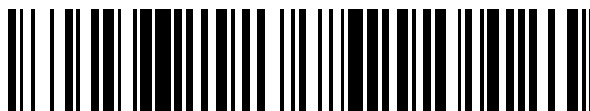


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 475 116**

51 Int. Cl.:

F24H 9/20 (2006.01)

F24H 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.11.2010** **E 10842347 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.04.2014** **EP 2494278**

54 Título: **Un calentador eléctrico de flujo axial de doble pared para aplicaciones sensibles a fugas**

30 Prioridad:

17.12.2009 US 653694

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

10.07.2014

73 Titular/es:

**LORD LTD LP (100.0%)
6050 Santo Road, Suite 240
San Diego, California 92124, US**

72 Inventor/es:

**LORD, STEPHEN M. y
LUND, KURT**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 475 116 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

Un calentador eléctrico de flujo axial de doble pared para aplicaciones sensibles a fugas

- 5 La presente invención se refiere, en general, al campo del calentamiento eléctrico de fluidos y, más concretamente, a un calentador eléctrico de flujo axial de doble pared para aplicaciones sensibles a fugas.

Definiciones

- 10 A continuación, se exponen las definiciones de ciertas expresiones para los fines de la presente divulgación.

Una “varilla calentadora” es un calentador montado en una camisa de metal estampada que se inserta en un tubo de protección. El calentador montado comprende tres zonas, a saber, la zona del cable conductor que se extiende hacia fuera desde la unión fría, que tiene una salida baja de calor, una segunda zona que comprende el propulsor del calentador, que tiene una salida alta de calor y una tercera zona que comprende el dedo frío, que tiene una salida baja de calor.

- 20 Las “varillas de conexión” comprenden múltiples varillas metálicas largas usadas para fijar el conjunto de deflectores entre sí. Un extremo de la varilla de conexión se enrosca en una lámina tubular y el otro extremo se sujeta, por ejemplo, mediante tuercas. Los deflectores tienen unos agujeros en los mismos que coinciden con las posiciones de la varilla de conexión y se deslizan sobre las varillas de conexión y se colocan longitudinalmente usando espaciadores entre los deflectores.

- 25 Los “espaciadores” son dispositivos usados para separar los deflectores junto con las varillas de conexión. Un espaciador es, normalmente, un tubo con un diámetro mayor que el agujero en el deflector, a través del que se ajustan las varillas de conexión. La varilla de conexión comprime el conjunto de deflectores y espaciadores para sujetar el conjunto en su lugar y evitar la vibración. Puesto que los espaciadores se comprimen en ambos extremos o contra un deflector o contra una lámina tubular hay muy poco flujo de fluido de bajada hacia el interior del espaciador. Por lo tanto, los espaciadores pueden usarse para eliminar el flujo de ciertas áreas del intercambiador de calor. En las realizaciones descritas en el presente documento los espaciadores se usan para este fin, así como para la separación de los deflectores. Por lo tanto, la forma transversal de los espaciadores puede ser diferente de la del tubo usado habitualmente con el fin de proporcionar una forma deseada al flujo en el área de flujo.

- 35 Un “tubo de protección” es un tubo insertado en la carcasa del calentador para separar la varilla calentadora del fluido en la carcasa.

Un “aro de refuerzo” es un dispositivo situado alrededor de la varilla calentadora para enderezar el flujo haciendo que el fluido fluya hacia abajo de un hueco con una alta relación entre longitud y hueco.

- 40 Un “cable conductor” es un cable que conduce la electricidad desde el exterior del calentador hacia el propulsor de calentador en el que se genera la mayor parte del calor.

Una “unión fría” es la unión entre el cable conductor y las bobinas del calentador en el propulsor de calentador.

- 45 Un “propulsor de calentador” hace referencia a la sección del calentador que está diseñada para ser la fuente primaria de calor y normalmente consiste en cables o bobinas de calentador de alta resistencia. Se localiza entre el dedo frío y la unión fría.

- 50 Un “dedo frío” es la sección separada de los cables conductores del calentador en la que las bobinas generadoras de calor se conectan entre sí mediante una pieza en forma de U de cable de baja resistencia. Esta sección es mucho más fría que el propulsor de calentador.

Un “hueco de expansión térmica” es un hueco proporcionado para permitir la expansión térmica diferencial de la varilla calentadora en el interior del tubo de protección.

55

Antecedentes

- 60 Tradicionalmente, los gases y los líquidos se calientan mediante intercambiadores de calor de carcasa y tubos, en los que un líquido caliente o un gas que pasa a través de los tubos proporciona el calor, que atraviesa las paredes de los tubos para calentar el material que pasa a través del intercambiador de calor en el exterior de los tubos. La carcasa contiene el líquido o el gas que se calienta y es normalmente cilíndrica para proporcionar una buena barrera de presión. La barrera de presión en los extremos del cilindro está provista de una lámina tubular en la que se estampan los tubos huecos. Sin embargo, son factibles muchos diseños diferentes. Cuando la aplicación es sensible a las fugas, el intercambiador está provisto a menudo de una doble lámina tubular con un hueco entre las láminas tubulares, de manera que pueden evitarse las fugas que van desde el tubo a la carcasa o viceversa, y observarse de manera que pueden emprenderse las reparaciones antes de que se produzca una fuga importante. Como

alternativa, el fluido de calentamiento puede introducirse en la carcasa y el fluido que debe calentarse puede hacerse pasar a través del interior de los tubos.

5 Cuando se requieren mayores temperaturas que las que pueden obtenerse a partir de vapores, tales como el vapor de agua, o líquidos usados como fluidos de transferencia térmica que pasan a través de los tubos, entonces se usan los calentadores eléctricos en lugar de los tubos. Sin embargo, los calentadores eléctricos presentan ciertas limitaciones en comparación con los intercambiadores de calor de carcasa y tubos. Se usan al menos dos diseños básicos: un diseño de horno donde el fluido fluye a través de tubos situados en el interior de un horno calentado eléctricamente o un diseño de inmersión directa donde el fluido fluye a lo largo de las varillas calentadoras que se insertan directamente en un conducto de algún tipo.

10 Un ejemplo de un diseño de horno se denomina horno de bobina radiante (véase el diseño Wellman) en el que un serpentín que contiene un gas se calienta mediante elementos de calentador eléctrico, con las paredes del horno conteniendo el calor. Normalmente, el horno tiene una tapa o unas placas terminales a través de las que sobresalen los tubos para hacer la conexión con el resto del proceso. Los tubos se expanden y se mueven a medida que se calientan. Normalmente, el horno no está homologado como estanco al gas o a la presión para permitir el movimiento de los tubos y reducir el coste.

15 Un segundo ejemplo usa un calentador de inmersión tal como se muestra en el documento US 7.318.735, que es un diseño embreadado en el que múltiples elementos de calentamiento en forma de U se sueldan a una brida con cables conectados a los calentadores eléctricos que se extienden hacia fuera de los agujeros en la brida. El haz de elementos de calentador se coloca dentro de un tubo vacío y el líquido que se está calentando entra y sale desde el lado del tubo.

20 Los dos tipos de diseño liberarán materiales a la atmósfera en el caso de una fuga en los tubos y tendrán que apagarse para su reparación. Con materiales corrosivos aumenta la probabilidad de fugas: muchos materiales corrosivos también son tóxicos, suponiendo de este modo un grave riesgo para la salud. A pesar de esta posibilidad de fugas, no suelen proporcionarse sistemas de detección de fugas para advertir al operario. La corrosión aumenta rápidamente con la temperatura, de modo que cualquier punto caliente en el tubo se corroerá mucho más rápido. Con el diseño de horno también hay cierto sombreado de partes del tubo, de modo que algunas partes están más calientes que otras. Con el diseño de inmersión algunas áreas pueden tener poco flujo y, por lo tanto, son incapaces de eliminar el calor y se convierten en puntos calientes. Especialmente, este es el caso de los gases corrosivos que son más difíciles de calentar.

25 Puede observarse a partir de la figura 1 del documento US 7.318.735 que el fluido entra desde el lado y, por lo tanto, debe girar para ir hacia abajo y hacia fuera por la salida. Tales cambios en la dirección crean áreas de flujo bajo en la transición de flujo cruzado a flujo axial que pueden crear puntos calientes. En la patente US 7.318.735 no hay un mecanismo para ayudar en esta transición. Además, es una característica de los calentadores eléctricos que el calor emitido por unidad de longitud sea constante; por lo tanto, si este calor no se elimina de manera uniforme de toda el área del calentador, pueden desarrollarse "puntos calientes". Este no es el caso de los intercambiadores de calor de carcasa y tubos, ya que las áreas de baja transferencia de calor simplemente no transfieren calor, por lo que el problema de los puntos calientes es mucho menos grave. Por lo tanto, no es posible usar diseños de carcasa y tubos convencionales con calor eléctrico, ya que los deflectores de flujo cruzado habituales provocan puntos calientes. También puede observarse que el fallo de un tubo o cable del calentador requiere la retirada de todo el conjunto para reparar el fallo. Esto se suma al coste de la operación como se trata en el documento US 7.318.735. Sin embargo, la solución presentada en el mismo también tiene problemas, porque la unidad debe apagarse y desmontarse para soldarla en la placa del cabezal.

30 Un problema adicional con los materiales corrosivos es que tienen habitualmente una temperatura superior que no debe superarse. Además, esto limita el flujo que puede usarse en el extremo caliente del calentador. Sin embargo, puesto que los calentadores tienen habitualmente un único flujo esto puede hacer que también haya un flujo bajo en el extremo frío y, por lo tanto, el calentador en conjunto sea mucho más grande. Una solución a esto es un caudal variable donde el flujo es mayor en el extremo frío que en el extremo caliente, pero tales calentadores son más caros de fabricar y no están fácilmente disponibles. Una desventaja adicional es la ausencia de métodos para medir la temperatura del calentador y, por lo tanto, enterarse de si se sobrecalienta un calentador. Es posible poner pozos termométricos separados a través de la placa del cabezal pero esto requiere más espacio y penetraciones adicionales de la placa, y cada pozo termométrico solo mide el punto del calentador con el que contacta.

Breve resumen

60 Los objetivos de las realizaciones de la invención incluyen, pero sin limitarse a, proporcionar una seguridad mejorada mediante la reducción del riesgo de fugas y la detección de fugas antes de la liberación, un bajo coste de propiedad, un flujo variable a lo largo de la longitud del calentador, una reducción de los puntos calientes que pueden aumentar las tasas de corrosión y una reducción o eliminación del sobrecalentamiento del calentador.

Otros objetivos y ventajas de la presente invención se harán evidentes a partir de las descripciones siguientes, consideradas en relación con los dibujos adjuntos, en los que, a modo de ilustración y ejemplo, se desvela una realización de la presente invención.

- 5 De acuerdo con una realización preferida de la invención, se desvela un calentador eléctrico de flujo axial de doble pared para aplicaciones sensibles a fugas que comprende:

una carcasa, para contener un fluido sensible a fugas que debe calentarse, teniendo la carcasa al menos una conexión terminal para una lámina tubular, y al menos una primera y una segunda conexión o para una entrada o
10 una salida de fluido que puede estar o en un lado o en una conexión terminal, una lámina tubular primaria y una secundaria, donde la lámina tubular primaria está conectada a la conexión terminal de la carcasa y la lámina tubular secundaria está conectada a la lámina tubular primaria o directamente o a través de un conducto,
al menos una varilla calentadora dentro de un tubo de protección de bayoneta, donde el tubo de protección está
15 cerrado en un extremo y, por lo tanto, libre para expandirse y el otro extremo se sella a la lámina tubular primaria, sellándose la varilla calentadora a la lámina tubular secundaria, y al menos un deflector giratorio de flujo situado o después de la entrada de fluido o antes de la salida de fluido.

Una protección de fugas adicional comprende un conducto entre la placa tubular primaria y la secundaria, diseñado
20 para soportar la presión del proceso y para proporcionar un transmisor y una alarma de presión que contengan, ambos, una fuga a través de un tubo de protección y para dar la alarma de que se ha producido una fuga. A continuación, es posible dejar temporalmente la unidad fuera de servicio mientras se realiza una reparación de emergencia retirando la varilla calentadora y taponando el tubo de protección con la fuga, como es práctica habitual con los intercambiadores de calor de carcasa y tubos. Además, se prefiere que cada varilla calentadora se selle a
25 presión individualmente a la placa tubular secundaria, de modo que pueda retirarse y reemplazarse mientras que está en servicio si falla la varilla calentadora, y que el interior del tubo de protección y el exterior de la varilla calentadora tengan un recubrimiento de alta emisividad para mejorar la transferencia de radiación entre los mismos. Además, puede obtenerse una reducción del coste mediante el uso de un segundo haz de tubos insertado en el extremo opuesto al primer haz. La flexibilidad del diseño adicional de flujo variable puede obtenerse aumentando o
30 variando el diámetro del tubo de protección. Puede insertarse un pozo termométrico en el centro de la varilla calentadora o el tubo de protección para medir directamente la temperatura del calentador en diversas localizaciones.

Breve descripción de los dibujos

35 Los dibujos constituyen una parte de la presente memoria descriptiva e incluyen realizaciones a modo de ejemplo de la invención, que pueden materializarse de diversas formas. Debe entenderse que, en algunos casos, diversos aspectos de la invención pueden mostrarse exagerados o ampliados para facilitar la comprensión de la invención.

40 La figura 1 es una vista transversal esquemática de una unidad de intercambio de calor básica que incorpora características de la invención, teniendo la unidad un haz de tubos, una entrada lateral y una salida terminal.

La figura 2 es una vista transversal esquemática de una realización ampliada con dos haces de tubos, una
45 entrada lateral y una salida.

La figura 3 es una vista transversal esquemática que ilustra la trayectoria de flujo del fluido a través de un intercambiador de calor de carcasa y tubos convencional.

La figura 4 es una vista transversal esquemática que ilustra los puntos calientes provocados por la trayectoria de
50 flujo del fluido a través de un intercambiador de calor de carcasa y tubos convencional en el que se han sustituido los tubos por calentadores eléctricos.

La figura 5 es una vista esquemática en sección transversal que ilustra que el flujo axial evita las zonas de flujo
55 bajo y los puntos calientes en un intercambiador de calor de carcasa y tubos con calentadores eléctricos.

La figura 6 es una vista en sección transversal de un intercambiador de calor que incorpora características de la invención que incluyen un deflector giratorio.

La figura 7 es una vista en sección transversal de un deflector de araña que soporta un tubo de protección.

60 La figura 8 es una vista en sección transversal de un diseño de tubo de protección que muestra deflectores y espaciadores de flujo axial.

La figura 9 es una vista en sección transversal de un diseño de tubo de protección que muestra deflectores y
65 espaciadores de flujo axial y el uso de los espaciadores como área de superficie extendida.

La figura 10 es una vista en sección transversal de un diseño de tubo de protección que incluye un tubo central grande usado como un deflector de flujo axial.

5 La figura 11 es una vista en sección transversal de un diseño de tubo de protección que muestra el uso de tubos de paso en cuadro rodeados por un deflector de flujo axial.

La figura 12 es un diagrama esquemático que muestra una porción de un intercambiador de calor que ilustra un área de transferencia de calor extendida proporcionada por el uso de radiación en un espaciador y un deflector.

10 La figura 13 es un diagrama esquemático que ilustra la provisión de un flujo variable cambiando el diámetro del tubo de protección.

La figura 14 es una vista en sección transversal que ilustra un uso de la técnica anterior de la soldadura de una varilla calentadora envuelta delgada en una placa de soporte.

15 La figura 15 es una vista en sección transversal que muestra el sellado de una varilla calentadora y un tubo de protección para separar las placas.

La figura 16 es una vista lateral de un sensor de temperatura insertable.

20 Las figuras 17 y 18 son vistas frontales y longitudinales de la varilla calentadora con un pozo termométrico central rodeado por las bobinas del calentador.

Descripción detallada

25 Aunque en el presente documento se proporcionan unas descripciones de una realización preferida, debe entenderse que la presente invención puede materializarse de diversas formas. Por lo tanto, los detalles específicos desvelados en el presente documento no deben interpretarse como limitantes, sino más bien como una base para las reivindicaciones y como una base representativa para enseñar a un experto en la materia a emplear la presente invención en prácticamente cualquier sistema, estructura o modo detallado de manera apropiada.

La figura 1 es un diagrama esquemático del concepto de la realización básica de la invención. La porción superior incluye una disposición de doble lámina tubular similar a las dobles láminas tubulares usadas en los intercambiadores de calor de carcasa y tubos. Para evitar la contaminación cruzada entre el fluido de intercambio de calor y el fluido que se calienta, ya que solo hay un fluido que se calienta, las láminas tubulares constituyen la parte superior de la doble pared. La protección secundaria consiste en el pleno 135 entre la lámina tubular primaria 101, que está conectada a la lámina tubular secundaria 102 por un conducto embreadado 103, que está soldado a su vez a la lámina tubular secundaria 102 y sujeto a la lámina tubular primaria 101 con unos pernos 104, que también sujetan el conjunto a la carcasa 100. Se proporciona una penetración 105 en un conducto 134, que conduce a un detector de fugas 106, que puede ser uno de diversos dispositivos tales como un transmisor de presión o temperatura, un detector de conductividad o densidad o un cromatógrafo de gases, y una conexión de llenado y de purga 107. En los intercambiadores de calor de carcasa y tubos convencionales con dobles láminas tubulares, la penetración 105 es simplemente un agujero de fugas y la detección de fugas se realiza por el operario al notar que algo gotea desde el agujero, lo que no es aceptable para aplicaciones sensibles a fugas. La protección primaria se proporciona mediante la lámina tubular primaria 101, el tubo de protección 108, y la lámina tubular para el sello tubular 128. Preferentemente, los tubos de protección 108 se expanden en la lámina tubular primaria 101 usando técnicas de fabricación de intercambiadores de calor convencionales y, preferentemente, también se sueldan herméticamente a la lámina tubular primaria 101 para reducir aún más el riesgo de fugas. Las varillas calentadoras eléctricas 109 se insertan en los tubos de protección 108 con un espacio 110 libre entre los mismos que es suficiente, al menos, para permitir las tolerancias de fabricación, la expansión térmica diferencial y un posible aumento en el espesor debido a la corrosión. La varilla 109 calentadora pasa a través de los agujeros 111 en un bloque 112 de aislamiento a través de los agujeros 113 en la lámina tubular secundaria 102, y a través de los sellos 114 de presión individuales, que se sueldan a través de un tubo 115 corto a la lámina tubular secundaria 102. Los sellos de presión mostrados son accesorios de compresión de baja velocidad de fuga pasantes perforados convencionales, tales como los fabricados por Swagelok o Parker, y se sellan a las varillas calentadoras con unos casquillos 116 de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes. También son factibles otros sellos de presión, tales como bridas y juntas tóricas. Las varillas calentadoras 109 pueden tener una pieza de extensión 117 de un tubo de tamaño convencional soldado a la varilla calentadora real para mejorar el ajuste en el punto donde se realiza el sellado. Los sellos de compresión son especialmente ventajosos debido a la baja velocidad de fuga y sus reducidas dimensiones, pudiendo abrirse y rehacerse varias veces con fines de inspección y pudiendo insertarse nuevas varillas calentadoras directamente a través de los sellos de presión después de reemplazarse las viejas. En el extremo superior de las varillas calentadoras 109 hay un sello 118, en el conducto 120, y un haz de cables 119 aislados, que se extienden hacia una caja de conexiones 121. Para aplicaciones industriales se requiere práctica para encerrar los cables en un conducto 120, que puede ser rígido o flexible. Cuando el haz de cables 119 también incluye cables de termopar, deben protegerse contra los campos electromagnéticos generados por los cables de alimentación. La localización de la caja de conexiones está en el lado, de manera que las varillas calentadoras 109, y toda la lámina tubular primaria

101, y la lámina tubular secundaria 102, con el haz de tubos de protección 108, pueden retirarse fácilmente.

La conexión de llenado y de purga 107 se usa para presurizar el pleno 135 de aislamiento-llenado entre la lámina tubular primaria 101 y la lámina tubular secundaria 102, y para llenar el espacio libre 110 alrededor de los tubos con un gas 122 que es inerte a los materiales de construcción y al fluido de proceso 123. El gas 122 también puede usarse para purgar por agitación el pleno 135 y los espacios libres 110 del fluido de proceso 123 en caso de una fuga que requiera la apertura de la parte superior del intercambiador de calor. El fluido de proceso 123 entra a través de una entrada lateral 131 e impacta los lados de los tubos de protección 108. Las flechas de flujo 124 muestran el flujo de fluido de proceso desviado hacia arriba y alrededor de la parte superior de la carcasa y, a continuación, desviado hacia abajo para fluir en la parte de refuerzo 125 del deflector giratorio 126. Los aros de refuerzo 125 funcionan para enderezar el flujo del fluido después del flujo cruzado turbulento en la parte superior de la carcasa. El hueco 132 entre el aro de refuerzo y el tubo de protección proporciona una caída de presión que ayuda a distribuir uniformemente el flujo. El deflector 126 está soportado por espaciadores (no mostrados) y varillas espaciadoras (no mostradas) de la placa tubular primaria, como es práctica habitual en los intercambiadores de calor de carcasa y tubos. Unos deflectores de araña 127 adicionales, como los mostrados en la figura 7, que son deflectores de soporte tubulares con una estructura muy abierta, se localizan en varias localizaciones para reducir la vibración de los tubos de protección a la vez que minimizar las alteraciones del flujo. Las flechas de flujo 124 de fluido muestran el flujo axial del fluido de proceso 123 de bajada hacia el intercambiador, más allá del extremo 133 de los calentadores y los tubos de protección y, a continuación, hacia fuera por la salida 129 central, continuando el fluido de proceso 130 calentado hacia un conducto adicional (no mostrado). Una alternativa es proporcionar una salida lateral, pero esto requiere un deflector giratorio 126 adicional para hacer que el fluido gire para que fluya hacia fuera por la salida lateral, sin provocar alteraciones aguas arriba en el flujo axial. Un beneficio de la realización es que tanto las varillas calentadoras 109 como los tubos de protección 108 son de estilo bayoneta (es decir, sin restricciones en el extremo inferior) lo que hace que sean libres para expandirse en la parte inferior y, por lo tanto, su expansión térmica no suponga presión en la lámina tubular para el sello tubular 128 que se conoce por ser el área más proclive a fugas en un intercambiador de carcasa y tubos convencional.

La figura 2 muestra una representación esquemática simplificada de un conjunto de calentadores primero y segundo 201, 202, mostrándose cada uno de los mismos con más detalle en la figura 1, con el conjunto de calentador inferior 202 invertido en relación con el conjunto de calentador superior 201. En esta realización, el fluido 210 entra a través de una entrada lateral superior 203 en el conjunto de calentador superior 201 y sale a través de la salida central 204, que también es la entrada central para el conjunto de calentador inferior 202, y sale a través de la salida lateral 205. En esta realización, la carcasa inferior 206 tiene un diámetro mayor que la carcasa superior 207, lo que permite que los tubos de protección inferiores 208 sean de un diámetro mayor que los tubos 209 de protección superiores. Los tubos de protección 208 de diámetro mayor tienen un flujo de calor más bajo en vatios/cm² que el tubo 209 de diámetro menor para los mismos vatios por centímetro lineal. Por lo tanto, este es un ejemplo de un calentador de dos pasos con menor flujo en el calentador inferior. Es especialmente ventajoso con fines de normalización usar unas varillas calentadoras 211 del mismo tamaño en ambos tubos de protección 208, 209. También es factible conectar calentadores adicionales en serie mediante la conexión de la salida lateral 205 a la entrada de un calentador adicional (no mostrado).

Las figuras 3, 4 y 5 muestran representaciones esquemáticas simplificadas del flujo para ilustrar los beneficios del flujo axial para un intercambiador de carcasa y tubos calentado por electricidad. La figura 3 muestra un intercambiador de calor 301 de carcasa y tubos clásico. El fluido caliente 302 fluye a través de la lámina tubular de entrada 303, hacia abajo de los tubos 304 y hacia fuera de la lámina tubular inferior 305. El fluido frío 306 fluye en la entrada lateral 307 a través de los tubos 304 y se desvía por los deflectores 308 para cruzar repetidamente los tubos 304 antes de salir a través de una salida lateral 309. En las localizaciones 310, donde el flujo se invierte por la acción de bloqueo del deflector 308, el caudal es muy bajo y, por lo tanto, la transferencia de calor es muy baja. Un efecto negativo es que el fluido caliente no se enfría en esta localización, pero el calor que no se intercambia se transporta por el fluido a una localización donde se intercambia. Por lo tanto, la presencia de puntos de flujo bajo provoca una pérdida en la transferencia de calor. En este tipo de intercambiador, la fuente principal de fugas 311 está en las conexiones 312 entre las láminas tubulares 303, 305 y el tubo 304 a medida que se calientan y se expanden.

En la figura 4, el fluido caliente 302 de la figura 3 se sustituye por una varilla calentadora 320 insertada, no se necesita la lámina tubular inferior 305 y los tubos de protección 322 se rematan con una tapa 327, que permite que los tubos 322 se expandan libremente, reduciendo de este modo el riesgo de fugas en la conexión 326, entre los tubos 322 y la lámina tubular superior 321. Las localizaciones de flujo bajo 323 están en la misma localización que las localizaciones de flujo bajo 310 en la figura 3, pero ahora el calor eléctrico que no se transfiere no puede transportarse hacia abajo del tubo de protección 322, porque no hay líquido caliente para transportarlo. Por lo tanto, puede formarse un punto caliente 324 en el tubo de protección 322 en las localizaciones de flujo bajo 323. Los puntos calientes no son deseables porque pueden conducir a una mayor corrosión del tubo de protección 322, o a la descomposición del fluido lateral 325 de la carcasa. Como resultado, estos cambios reducen el riesgo de fugas en la placa tubular, pero aumentan el riesgo de fugas debidas a los puntos calientes.

En la figura 5, el riesgo de fugas debidas a los puntos calientes se reduce o se elimina mediante cambios en la trayectoria de flujo lateral 341 de la carcasa y las varillas calentadoras 342. El fluido frío 343 entra por la entrada lateral 344 en una cámara 345 formada por la carcasa 346, la placa tubular superior 347 y el deflector giratorio 348. El deflector giratorio 348 hace que el fluido 343 cambie su trayectoria de flujo 341, del flujo cruzado inicial al flujo axial como se muestra mediante las flechas de flujo 349. Existen algunas áreas de flujo bajo 350 por encima del deflector giratorio 348, pero las varillas calentadoras se modifican de manera que exista un área no calentada por encima del deflector giratorio localizando la "unión fría" 351 por debajo de la parte superior 352 del deflector giratorio. La unión fría 351 está en la unión entre los cables conductores de calentador 353 y el propulsor de calentador 354.

Existen áreas similares de flujo bajo 350 por debajo del deflector giratorio inferior 355, y las varillas calentadoras 342 están diseñadas de manera que el dedo frío 356, que tiene una salida baja de calor, comienza por encima de la parte inferior del deflector giratorio 357. Entre el extremo de la varilla calentadora 358 y el extremo del tubo de protección 359 hay un hueco de expansión térmica 360, proporcionado para evitar que la varilla calentadora 342 toque el tubo de protección 359 cuando se expande durante el calentamiento.

La figura 6 es una representación esquemática en sección transversal ampliada del flujo que muestra el deflector giratorio 408 insertado en la carcasa 406 de un intercambiador de calor 401. El fluido frío 403 entra por la entrada lateral 404 en una cámara 405 formada por la carcasa 406, la lámina tubular superior 407 y el deflector giratorio 408. El deflector giratorio 408 tiene dos elementos, en concreto, una placa deflectora 409, que bloquea sustancialmente el flujo hacia abajo del intercambiador, y los aros de refuerzo 410, que rodean los tubos de protección 402 y hacen que el fluido 403 se distribuya uniformemente a través de los huecos 414 alrededor de cada tubo de protección 402 y se enderece el flujo de manera que se convierta en axial. Los aros de refuerzo 410 también protegen los tubos de protección 402 del flujo a través del tubo del fluido de entrada 403, lo que reduce las fuerzas sobre los tubos 402 que pueden provocar vibraciones. La placa deflectora 409 está localizada por debajo de la parte inferior de la entrada lateral 404 para asegurar el sellado. Los aros de refuerzo 410 se extienden hacia arriba desde la placa deflectora 409, preferentemente hacia una localización aproximadamente el 50 % de la altura de la entrada lateral 404. La unión fría 411 está localizada por debajo de la parte superior de los aros de refuerzo donde comienza el flujo axial y hay una buena transferencia de calor. Por lo tanto, un beneficio de los aros de refuerzo altos es que hay más longitud de calentamiento disponible. Por otro lado, cuanto más cerca de la parte superior del aro de refuerzo está la placa tubular superior 407, menos espacio hay para que gire el flujo, lo que provoca una caída de presión y una mala distribución. El uso de un ordenador para configurar el flujo a través de un análisis de elementos finitos puede ayudar en la optimización de determinadas condiciones de flujo. Para una buena distribución del flujo y una baja vibración se prefiere que el diámetro de entrada 412 sea aproximadamente el mismo que el diámetro de carcasa 413.

La figura 7 muestra una representación esquemática en sección transversal detallada de un deflector de araña 127 en un solo agujero 502, en una disposición de soporte de tubos habitual como la de los deflectores de araña 127 mostrados en la figura 1. El tubo de protección 501 se soporta en el centro del agujero 502 mediante tres lengüetas 503. El soporte de las lengüetas 503 evita el movimiento y la vibración excesiva del tubo 502. El pequeño tamaño de las lengüetas 503 proporciona una gran área abierta 504 para el flujo del fluido y, en consecuencia, una baja caída de presión.

Las figuras 8, 9, 10 y 11 muestran representaciones esquemáticas en sección transversal de varias disposiciones alternativas de los tubos de protección y los deflectores de flujo longitudinales. Para mayor claridad, los tubos de protección que tienen la varilla calentadora en su interior no se muestran de manera individual, representándose la combinación mediante un círculo sombreado. En la figura 8, los tubos de protección 601 están dispuestos en un patrón triangular con unos huecos centrales 602 relativamente iguales y un hueco 603 más grande en algunas localizaciones a lo largo de la circunferencia exterior, donde no hay un espacio adecuado para un tubo de protección. Estos huecos 603 más grandes se llenan con deflectores longitudinales 604 de formas diferentes, por lo que los huecos son más uniformes en tamaño. Los deflectores se mantienen en su lugar con el espaciador 605, que se une a la lámina tubular y los deflectores.

En la figura 9 los tubos de protección 611 también están dispuestos en un patrón triangular más grande con unos huecos centrales 612 relativamente iguales. Hay unos huecos 613 más grandes en algunas localizaciones a lo largo de la circunferencia exterior, donde no hay espacio suficiente para un tubo de protección. Estos huecos también se llenan con deflectores longitudinales 614 de la misma forma, por lo que los huecos son más uniformes. De manera similar, los deflectores 614 se mantienen en su lugar con los espaciadores 615 que se unen a la lámina tubular y los deflectores. Los espaciadores 616 adicionales también se proporcionan para hacer más uniformes los huecos entre los tubos de protección 611 y para proporcionar áreas de superficie extendidas. Los tubos de protección 611 calientes irradian a los espaciadores 616 que, a continuación, también calientan el fluido 617 por conducción y por convección.

En la figura 10, un tubo 621 grande colocado en el medio está rodeado por un anillo de tubos 622 más pequeños. Como en las figuras 8 y 9, los huecos 623 grandes en la circunferencia se llenan con deflectores longitudinales 624 de la misma forma, por lo que los huecos son más uniformes. Los deflectores se mantienen en su lugar con los espaciadores 625 que se unen a la lámina tubular y los deflectores. Los espaciadores 626 adicionales se

proporcionan en los huecos entre los tubos 621, 622 para reducir aún más el espacio del hueco y para proporcionar un área de superficie extendida. Los tubos de protección 621, 622 calientes irradian a los espaciadores 626 que, a continuación, calientan el fluido por conducción y por convección. Como una variante adicional puede colocarse más de una varilla calentadora en el tubo de protección grande 621.

En la figura 11, los tubos de protección 631 están dispuestos en el centro del intercambiador de calor en un patrón cuadrado con unos huecos 632 uniformes entre los tubos. Una gran área 633 vacía fuera de la matriz cuadrada está bloqueada por un solo deflector 634 grande, que consiste en un deflector transversal 637 y un deflector longitudinal 636, que rodea completamente los tubos 631 y sirve como un área de transferencia de calor adicional. Este deflector 634 está cerrado para impedir el flujo a través del mismo y soportado por el espaciador 635, como se ha descrito anteriormente.

La figura 12 muestra un ejemplo de una red de transferencia de calor por radiación para calcular el beneficio de las áreas de superficie extendidas proporcionadas por los deflectores 701 y los espaciadores 702. La sección en forma de tarta 703 representa una sección simétrica de un calentador con una sección transversal circular similar a la figura 10 y se usa para reducir el tiempo para calcular la transferencia de calor en la sección transversal completa. El calentador central 704 y el calentador exterior 705 encierran las varillas calentadoras eléctricas que irradian calor a los deflectores 701 y los separadores 702. Todas las superficies se enfrían por un fluido 706 que fluye perpendicular a los calentadores; por lo tanto, los espaciadores 702 y los deflectores 701 actúan como un área de superficie adicional y mejoran la transferencia de calor en general.

La figura 13 ilustra cómo el cambio del diámetro del tubo de protección 801 puede cambiar el flujo sin cambiar la salida de calor lineal de la propia varilla 802 calentadora. El diámetro 803 de la varilla 802 es menor que el diámetro superior 804 del tubo de protección 801. Puesto que toda la energía de la varilla calentadora 802 fluye hacia fuera a través del tubo de protección 801, el flujo de calor, es decir, el calor por unidad de área, en la superficie 807 del tubo de protección 801, es proporcional a la relación de los dos diámetros. Después de la sección de expansión 805, el flujo en la superficie 807 del tubo de protección 801 es menor debido a que el diámetro del tubo de protección en la parte inferior 806 es más grande.

La figura 14 es una sección transversal de un solo calentador 901 de la técnica anterior soldado a una placa de soporte 902 que muestra algunas de las desventajas del calentador eléctrico de la técnica anterior con respecto a la prevención de fugas cuando se usa en un servicio presurizado. El fluido 903 que debe calentarse rodea el calentador y se aísla del interior del calentador 901 mediante una envoltura 904 de metal delgada cuyo espesor se determina mediante la técnica de estampación usada para fabricar el calentador. Los cables 905 dentro del calentador se aíslan mediante un polvo de óxido mineral fino 906 que obtiene muchas de sus propiedades aislantes de los huecos entre las partículas. Los cables se extienden a través de un tapón 907 de compuesto de encapsulado hacia el exterior del conjunto de calentador. Una vez que se desarrolla un agujero 909 en la envoltura 904, el fluido 903, que es externo a la envoltura, puede fluir a través del agujero 909 y los huecos en el aislamiento hacia el tapón 907 que no es un sello de presión y, finalmente, fallará conforme al aumento de la presión provocando una liberación al entorno y posibles problemas de salud y seguridad graves. Puesto que la envoltura de calentador 904 está soldada a la placa de soporte 902, cuando se produce una fuga hay que retirar toda la placa de soporte, cortar el calentador y soldar un nuevo calentador en el conjunto. Debido a que esto lleva mucho trabajo, la gente que usa esta disposición de calentador de la técnica anterior tiende a tolerar pequeñas fugas confiando en que no empeoren antes de que haya tiempo para un apagado de la planta. Aunque esta actitud es comprensible, puede conducir a un fallo catastrófico y a grandes liberaciones de material tóxico.

En contraste, el conjunto mostrado en la figura 15, que incorpora características de la invención, muestra una sección transversal de un solo calentador 1001, dentro de un tubo de protección 1002 que en primer lugar se expande en un agujero 1003 en la placa tubular 1004 y, a continuación, se suelda herméticamente. El calentador 1001 se sella en una placa de soporte 1005 separada usando un accesorio de compresión 1012 pasante perforado, tal como los fabricados por Swagelok, que se suelda a la placa de soporte 1005. El hueco 1010 entre el calentador 1001 y el tubo de protección 1002 puede llenarse con un fluido 1006, a una presión menor que la del fluido exterior 1007. En el caso de la formación de un agujero 1008, el fluido exterior 1007 fluye en el hueco y aumenta la presión del fluido interior 1006 que se detecta inmediatamente por el transmisor de presión 1009. Como resultado, el operario sabe que hay un agujero, pero tiene algo de tiempo antes de que se produzca una fuga hacia el exterior ya que la envoltura del calentador 1011 es una barrera de presión de respaldo. El operario puede cerrar y purgar el fluido 1007, abrir con seguridad el calentador, levantar la placa de soporte 1005 de calentador y los calentadores 1001 unidos, encontrar el tubo de protección con la fuga y taponarlo como es práctica habitual en los intercambiadores de calor de carcasa y tubos, sellando de este modo la fuga. A continuación, puede retirarse el calentador 1001 que habría ido en el tubo de protección 1002 defectuoso abriendo el accesorio de compresión 1012, sellar el accesorio 1012 con una tapa convencional (no mostrada), volver a unir la placa de soporte 1005 y los calentadores 1001, poniendo de este modo el intercambiador de calor de nuevo en funcionamiento, aunque a una potencia ligeramente menor porque hay un calentador menos. Esto es mucho más rápido que retirar la placa de soporte, rectificar el calentador defectuoso y volver a soldar en un nuevo calentador, y todo puede hacerse en la localización del intercambiador de calor sin la necesidad de un equipo de soldadura que puede provocar incendios o explosiones y está muy regulado. El fallo más probable es un cortocircuito a tierra dentro de la propia varilla

calentadora 1001 y estos fallos pueden detectarse fácilmente probando los cables conductores en el exterior. Debido a que el operario sabe que el tubo de protección 1002 está intacto, porque el transmisor 1009 de presión muestra una presión baja, el accesorio de compresión 1012 puede liberarse fácilmente, retirar y reemplazar el viejo calentador 1001 con un nuevo calentador y, a continuación, volver a sellar el accesorio 1012.

5 Las figuras 16-18, ilustran un aspecto especialmente beneficioso de las realizaciones descritas como proporcionar la capacidad de medición directa de la temperatura del calentador en múltiples puntos en el calentador. La figura 17 es una vista frontal 1101 y la figura 18 es una sección transversal longitudinal 1102 de una varilla calentadora con seis bobinas de calentador 1106 que rodean un pozo termométrico 1104 hueco en el que un termopar 1105 o un haz de termopares, u otro dispositivo de detección de temperatura, pueden insertarse y encerrarse en una envoltura de calentador multicelda 1107. El uso de seis bobinas es especialmente ventajoso para grandes calentadores industriales que usan potencia trifásica, ya que cada par de bobinas de calentador puede ser un circuito monofásico completo y, por lo tanto, cada calentador multicelda se alimenta directamente por la potencia trifásica que se equilibra automáticamente, y puede retirarse un calentador del sistema sin desequilibrar la carga en los otros calentadores. El haz de termopares tiene termopares 1109 de diferente longitud, cada uno de los cuales mide la temperatura en su punta 1108, en correspondencia con diferentes profundidades dentro del pozo termométrico 1104.

20 Por lo tanto, la invención reduce el riesgo de una fuga proporcionando una estructura de doble pared con una pared exterior y un mecanismo de detección de fugas entre las paredes. Además, evitando los puntos calientes que podrían conducir a una mayor corrosión, aumenta la operatividad y se mejora la vida útil del calentador proporcionando información sobre la temperatura del calentador. Aún más, se mejora el mantenimiento proporcionando la sustitución individual de las varillas calentadoras.

25 Aunque la invención se ha descrito en relación con una realización preferida, no se pretende limitar el alcance de la invención a la forma específica expuesta, por el contrario, se pretende abarcar aquellas alternativas, modificaciones y equivalentes que puedan incluirse dentro del alcance de la invención que se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un intercambiador de calor de fluido calentado eléctricamente de flujo axial, que comprende:

5 una carcasa de intercambiador de calor alargada (100), teniendo dicha carcasa una lámina tubular primaria (101) con uno o más calentadores eléctricos que se extienden a través de dicha lámina tubular (101) en un espacio interior en la carcasa (100), un primer puerto (131) en un lado de la carcasa (100) y uno o más puertos adicionales en el lado o en un extremo de la carcasa (100), proporcionando dichos puertos unas entradas a y
10 unas salidas de la carcasa para la alimentación de fluido al espacio interior en la carcasa (100) por debajo de la lámina tubular primaria (101) pero exterior a los calentadores eléctricos situados dentro del espacio interior, una lámina tubular secundaria (102) separada y por encima de la lámina tubular primaria (101) con un espacio pleno (135) entre las mismas, formando la lámina tubular primaria (101), la lámina tubular secundaria (102) y el espacio pleno (135) un primer conjunto de láminas tubulares, comprendiendo el uno o más calentadores eléctricos unos tubos de protección (108), al menos una varilla calentadora (109) en el interior de cada tubo de protección (108), teniendo dichos uno o más tubos de protección (108) sus superficies externas en un primer extremo sellado a la lámina tubular primaria (101) y un segundo extremo separado de la lámina tubular primaria (101) que tiene un extremo cerrado para formar un espacio libre de fluido (110) que encierra en su interior la una o más varillas calentadoras (109), estando dicho espacio libre de fluido (110) abierto al espacio (135) pleno, y
20 al menos un deflector giratorio de flujo (126) situado en el espacio interior por debajo del primer conjunto de láminas tubulares y entre uno de dichos puertos (131) que proporcionan una entrada de fluido al espacio interior de la carcasa (100) y uno de dichos puertos que proporcionan una salida de fluido desde el espacio interior de la carcasa.

25 2. El intercambiador de calor de fluido calentado eléctricamente de flujo axial de la reivindicación 1 que comprende además:

al menos un segundo conjunto de láminas tubulares primaria y secundaria separadas por un espacio pleno, estando dicho segundo conjunto espaciado axialmente a lo largo de la longitud de la carcasa (100) del primer conjunto de láminas tubulares, un segundo conjunto de calentadores eléctricos que se extienden desde el
30 segundo conjunto de láminas tubulares primaria y secundaria, conectándose los tubos de protección del segundo conjunto de calentadores eléctricos a la lámina tubular primaria del segundo conjunto, estando las láminas tubulares secundarias del primer y del segundo conjuntos de láminas tubulares espaciadas a una distancia mayor que la distancia entre las láminas tubulares primarias del primer y del segundo conjuntos de láminas tubulares, y al menos un deflector giratorio de flujo adicional situado dentro del espacio interior entre las láminas tubulares primarias del primer y del segundo conjuntos de láminas tubulares.

3. El intercambiador de calor de fluido calentado eléctricamente de flujo axial de las reivindicaciones 1 o 2, en el que el fluido que sale del mismo se alimenta a uno o más intercambiadores de calor de fluido calentado eléctricamente
40 adicionales conectados en serie con el mismo.

4. El intercambiador de calor de fluido calentado eléctricamente de flujo axial de las reivindicaciones 1 o 2, que comprende además uno o más deflectores de flujo axiales situados por debajo de la lámina (101) tubular primaria.

45 5. El intercambiador de calor de fluido calentado eléctricamente de flujo axial de las reivindicaciones 1 o 2, que comprende además un sello de presión (114) en el que cada una de las varillas calentadoras (109) pasa a través de la lámina tubular secundaria (102).

50 6. El intercambiador de calor de fluido calentado eléctricamente de flujo axial de la reivindicación 5, en el que dicho sello de presión (114) lo proporcionan un accesorio de compresión, una brida o un dispositivo de estanqueidad de junta tórica metálica o elastomérica.

7. El intercambiador de calor de fluido calentado eléctricamente de flujo axial de las reivindicaciones 1 o 2, en el que múltiples tubos de protección (108) de diferentes diámetros se sellan a la lámina tubular primaria.

55 8. El intercambiador de calor de fluido calentado eléctricamente de flujo axial de las reivindicaciones 1 o 2, que comprende además uno o más espaciadores o deflectores no calentados colocados para adsorber el calor irradiado desde los tubos de protección (108), siendo dichos espaciadores o deflectores enfriados por el fluido.

60 9. El intercambiador de calor de fluido calentado eléctricamente de flujo axial de las reivindicaciones 1 o 2, en el que al menos un tubo de protección (108) tiene al menos dos porciones del mismo con diferentes diámetros.

10. El intercambiador de calor de fluido calentado eléctricamente de flujo axial de las reivindicaciones 1 o 2, que comprende además un conducto (134) que se extiende desde el espacio pleno (135) entre las láminas (101, 102) tubulares primaria y secundaria y un detector de fugas (106) situado en dicho conducto para detectar una fuga a través de uno o más tubos de protección (108) en el espacio libre de fluido (110) en su interior, comprendiendo dicho
65

detector de fugas (106) uno o más sensores de presión, sensores de temperatura, sensores de densidad, sensores de conductividad térmica, detectores de líquidos o un puerto de alimentación de entrada de un cromatógrafo de gases.

5 11. El intercambiador de calor de fluido calentado eléctricamente de flujo axial de las reivindicaciones 1 o 2, que incluye además un aislamiento térmico (112) en el espacio pleno (135).

10 12. El intercambiador de calor de fluido calentado eléctricamente de flujo axial de las reivindicaciones 1 o 2, que comprende además un pozo termométrico (1104) que se extiende axialmente a través del centro del uno o más calentadores eléctricos, teniendo cada pozo termométrico uno o más dispositivos de medición de temperatura (1105) colocados en su interior.

15 13. El intercambiador de calor de fluido calentado eléctricamente de flujo axial de las reivindicaciones 1 o 2, que comprende además uno o más deflectores de araña (127) colocados coaxialmente sobre el uno o más tubos de protección.

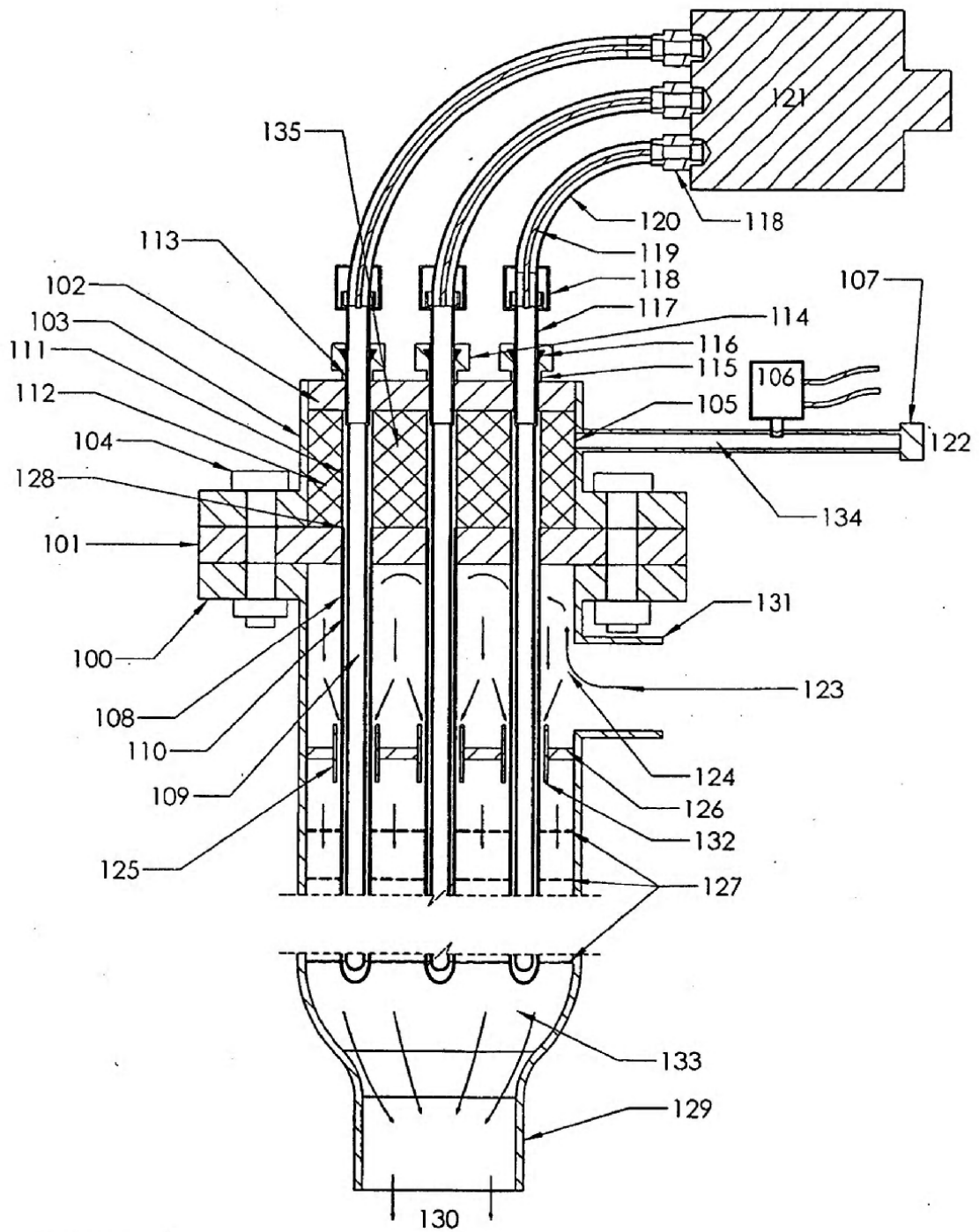


FIGURA 1

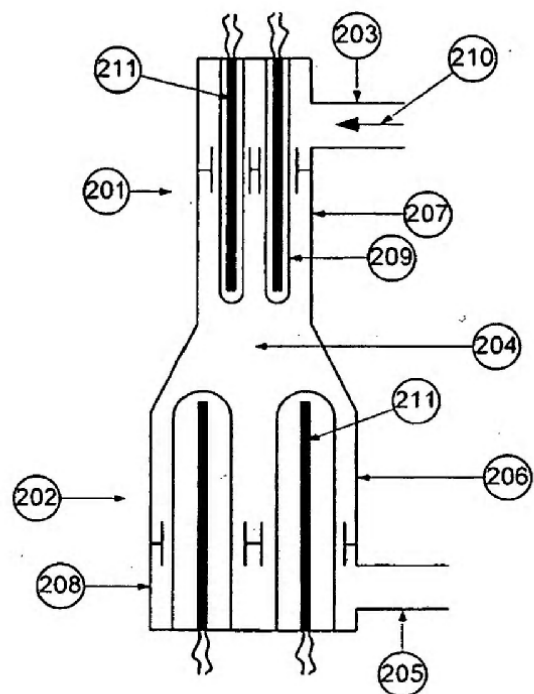


Figura 2

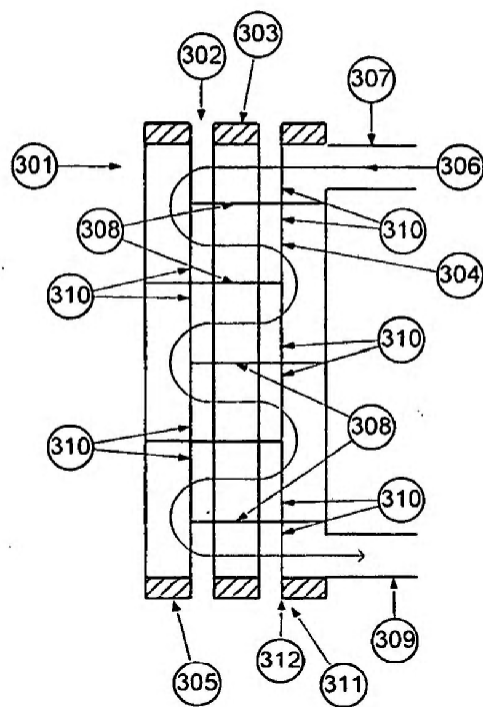


Figura 3

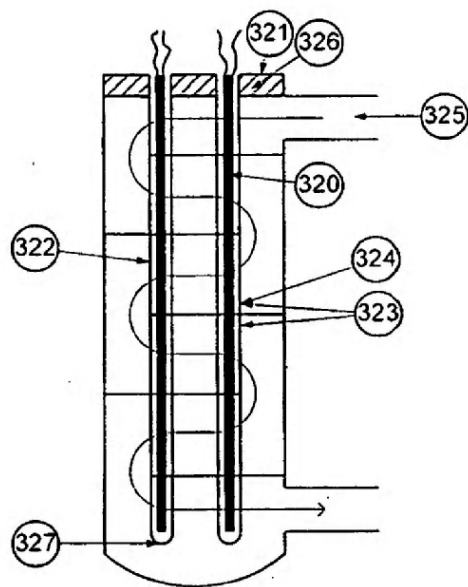


Figura 4

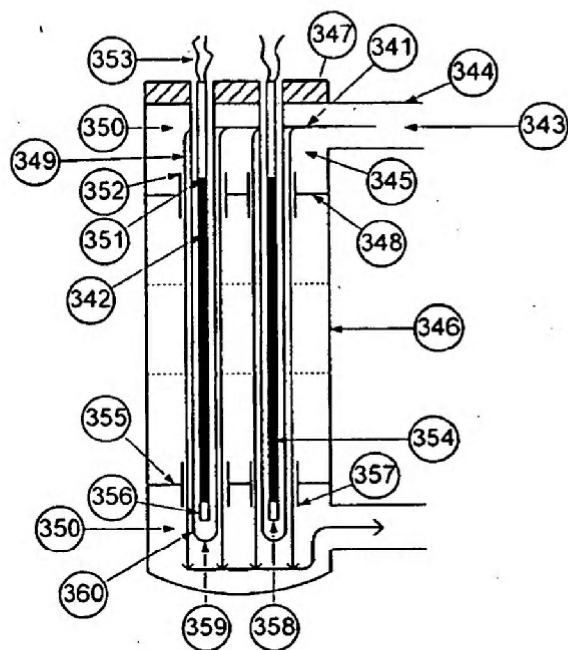


Figura 5

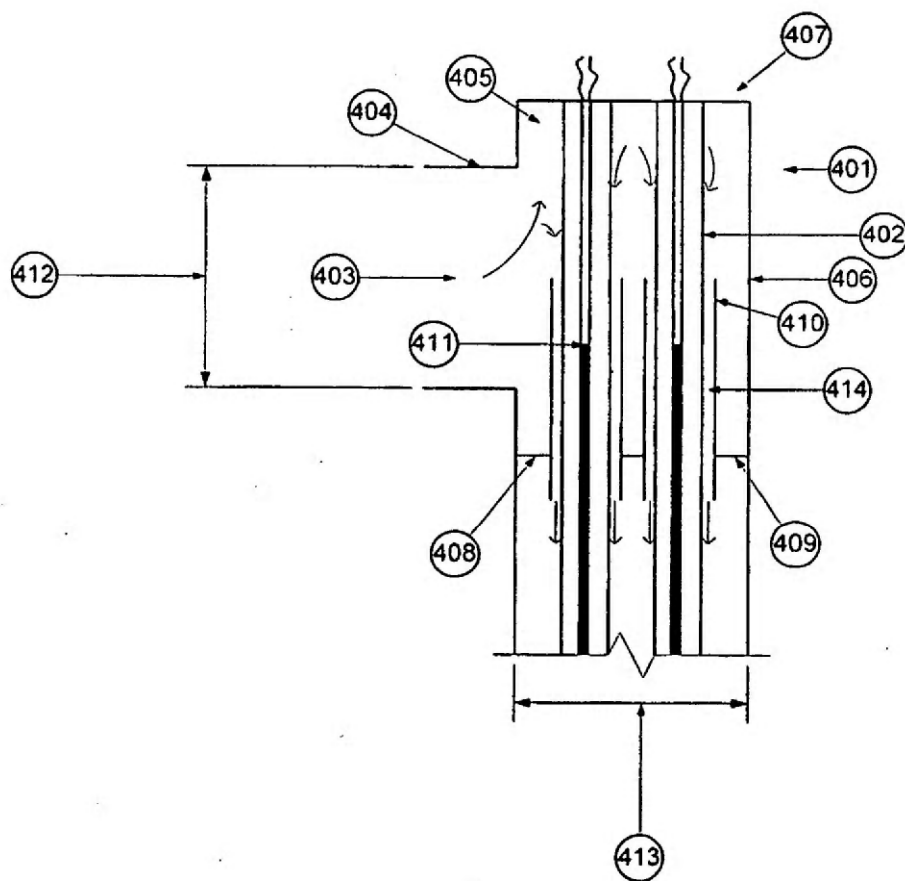


Figura 6

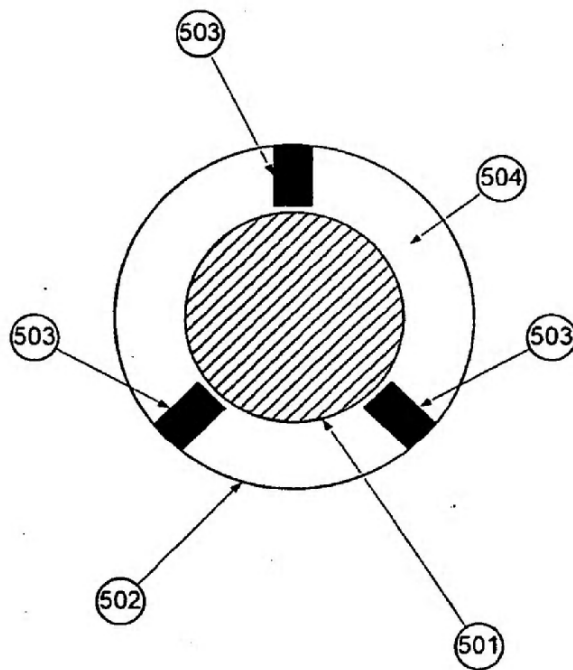


Figura 7

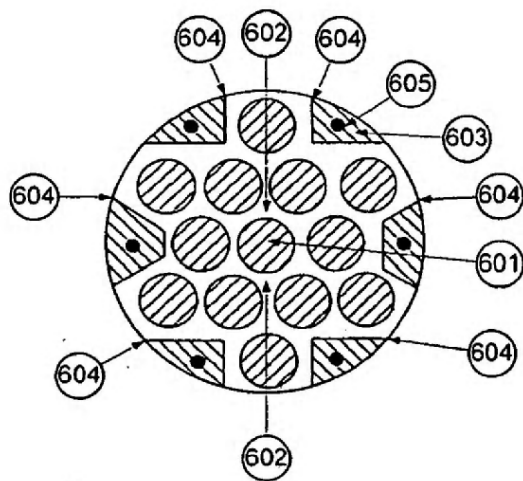


Figura 8

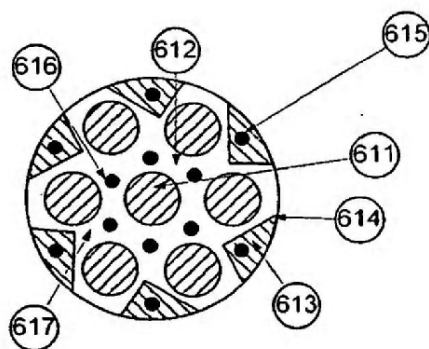


Figura 9

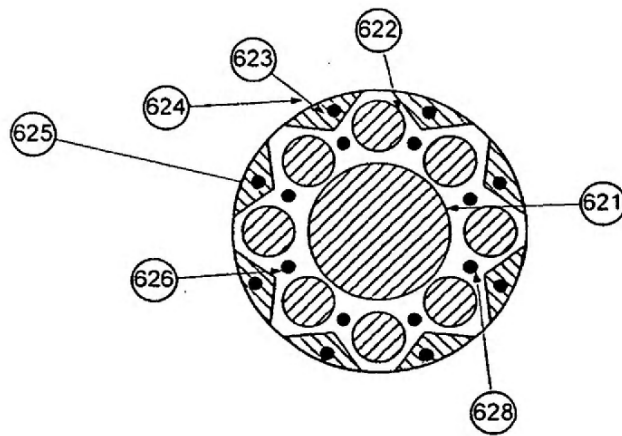


Figura 10

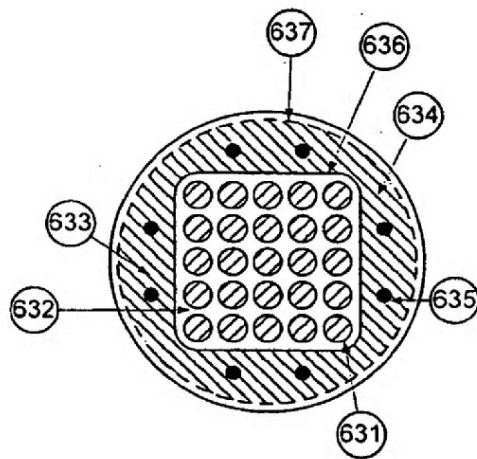


Figura 11

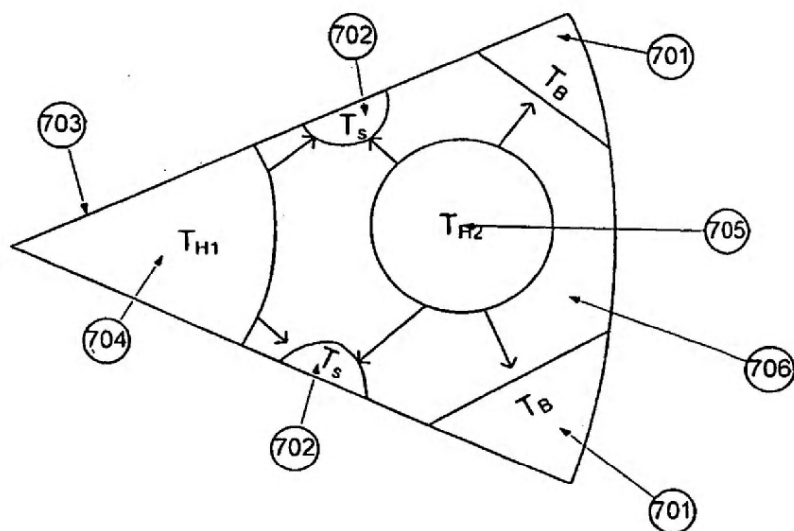


Figura 12

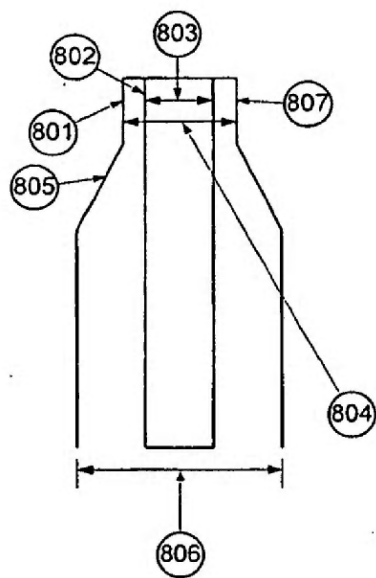


Figura 13

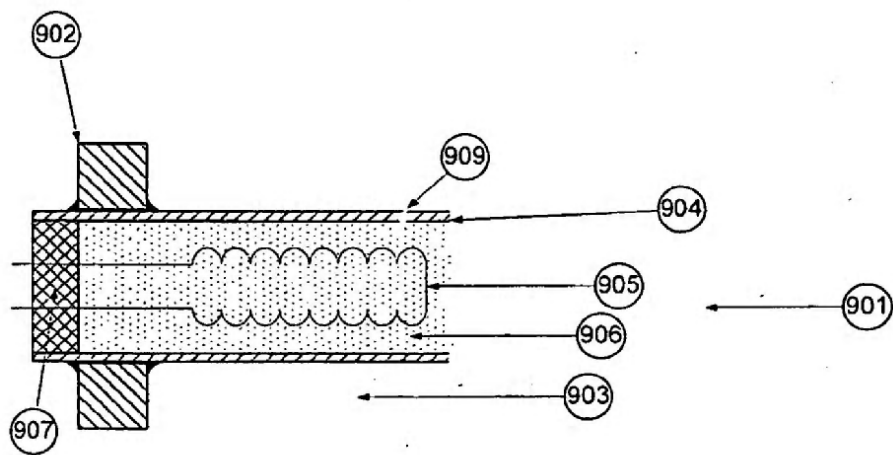


Figura 14

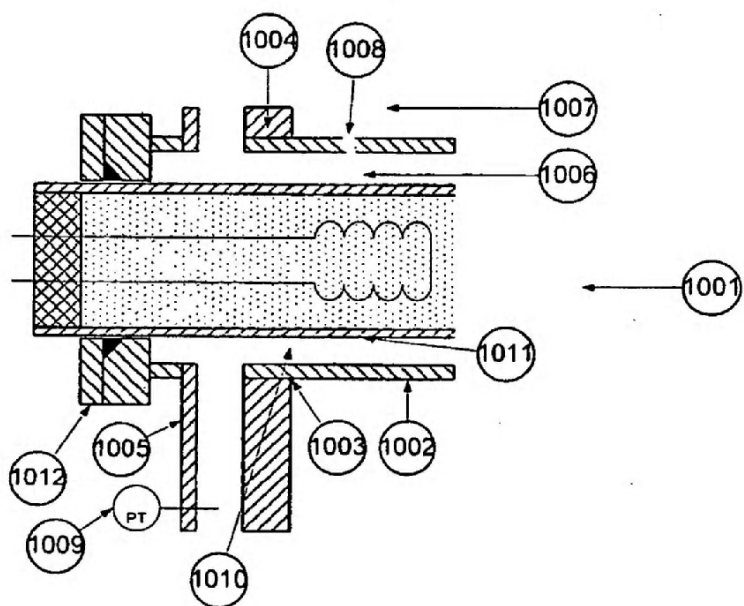


Figura 15

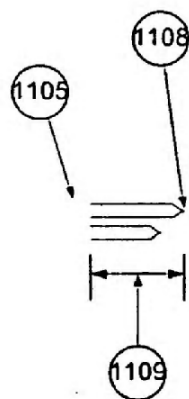


Figura 16

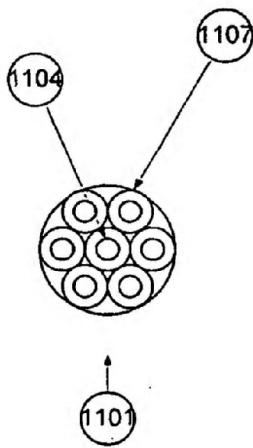


Figura 17

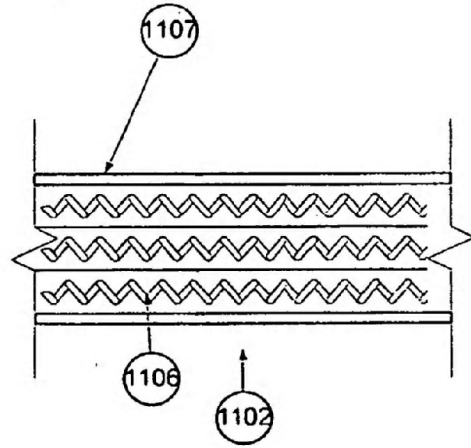


Figura 18