

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 906 841**

51 Int. Cl.:

F28D 7/16 (2006.01)

F28F 9/22 (2006.01)

F28F 9/02 (2006.01)

F28F 13/06 (2006.01)

F28F 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.07.2017 PCT/US2017/042945**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.01.2018 WO18017773**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.07.2017 E 17831839 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.11.2021 EP 3469285**

54 Título: **Intercambiador de calor de efluentes de alimentación**

30 Prioridad:

19.07.2016 US 201662364112 P

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

20.04.2022

73 Titular/es:

LUMMUS TECHNOLOGY INC. (100.0%)

**1515 Broad Street
Bloomfield, NJ 07003, US**

72 Inventor/es:

**BRIGNONE, MARCO y
JIBB, RICHARD**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 906 841 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

Intercambiador de calor de efluentes de alimentación

5 Referencia cruzada con solicitudes relacionadas

Esta solicitud reivindica la prioridad de la solicitud provisional de patente de Estados Unidos, n.º de serie 62/364.112, presentada el 19 de julio de 2016.

10 Campo de la invención

La presente invención está dirigida a intercambiadores de calor de carcasa y tubos con una eficacia de intercambio de calor mejorada.

15 Antecedentes

Muchos procesos para la producción de productos petroquímicos requieren que una alimentación gaseosa se caliente a alta temperatura antes de llevar a cabo una reacción. Algunos ejemplos son la deshidrogenación de etilbenceno para formar monómero de estireno y la deshidrogenación de propano o butano para formar butenos o butadieno. Se debe quemar una cantidad significativa de combustible en un calentador encendido para generar las temperaturas requeridas para el gas de alimentación. El exceso de calor en el efluente del reactor puede recuperarse como vapor. Sin embargo, en muchos casos, esta conversión de energía de combustible a vapor no es la opción más económica y es deseable recuperar la mayor cantidad de calor posible en un intercambiador de calor de efluentes de alimentación para minimizar la cantidad de combustible consumido por el proceso.

Los métodos y sistemas de intercambiadores de calor convencionales se han considerado generalmente satisfactorios para su propósito previsto. Sin embargo, todavía hay una necesidad en la técnica de sistemas y métodos que proporcionen intercambiadores de calor de carcasa y tubos mejorados y más eficientes térmicamente.

El documento JPS62166296A divulga un intercambiador de calor de tubos múltiples en el que el fluido en un lado del tubo fluye desde una boquilla de entrada 2 de una primera cámara de agua 4 y entra en la primera cámara de agua 4. A continuación, el fluido que fluye en los tubos 10, intercambia calor con el fluido en el lado de la carcasa y fluye hacia una segunda cámara de agua 4, se descarga desde la boquilla de salida 18. El fluido en el lado de la carcasa fluye desde una sola boquilla de entrada 16 en una carcasa 20 y entra en una cámara exterior 24. A continuación, el fluido es suavizado en corriente por la cubierta en una cámara y luego fluye en paralelo a lo largo de los tubos 10 en la carcasa 20. En ese momento, el fluido en el lado de la carcasa intercambia calor con el fluido en el lado de los tubos a través de la pared de los tubos 10. La carcasa 20 tiene un extremo aguas arriba que define un solo ángulo oblicuo con respecto a un eje longitudinal del intercambiador de calor y un extremo aguas abajo que también define un solo ángulo oblicuo con respecto al eje longitudinal del intercambiador de calor.

El documento US 2007/279 959 divulga un intercambiador de calor de tubos y carcasa que comprende una carcasa con al menos dos entradas y al menos una salida.

Sumario de la invención

La presente invención está dirigida a construcciones de intercambiadores de calor con una eficacia de intercambio de calor mejorada. Una primera realización de la presente invención es un intercambiador de calor de carcasa y tubos que incluye, entre otras cosas, una carcasa cilíndrica alargada que define un eje longitudinal para el intercambiador de calor y una cámara interna. La carcasa tiene al menos dos entradas de gas de alimentación y al menos una salida de gas de alimentación formada en una pared exterior para permitir que el gas de alimentación entre y salga de la cámara interna. En ciertas construcciones, la carcasa incluye dos o más entradas de gas de alimentación y dos o más salidas de gas de alimentación.

Al menos una lámina de tubo está asociada con un extremo de la carcasa alargada y una pluralidad de deflectores circulares están separados longitudinalmente dentro de la cámara interna de la carcasa para redirigir el flujo de gas de alimentación dentro de la cámara interna. En ciertas construcciones, una junta circunferencial está asociada con cada uno de la pluralidad de deflectores.

Se proporciona un haz de tubos que incluye una pluralidad de tubos para permitir que el gas efluente atravesase desde una cámara impelente de entrada a través de la cámara interna de la carcasa hasta una cámara impelente de salida. El intercambiador de calor de la presente invención incluye además un primer distribuidor de cubierta que está dispuesto y configurado para dirigir el flujo de gas de alimentación desde la entrada de gas de alimentación hacia la cámara interna próxima a la al menos una lámina de tubo. El primer distribuidor de cubierta tiene una superficie exterior cilíndrica paralela al eje longitudinal de la carcasa cilíndrica y un extremo aguas arriba que tiene dos cortes de sección en ángulo diametralmente opuestos formados en el mismo para distribuir el flujo de gas de alimentación, en el que los dos cortes de sección en ángulo están dispuestos simétricamente a través de un plano que biseca la cubierta cilíndrica

uniformemente entre las dos entradas de gas de alimentación diametralmente opuestas y cada corte de sección en ángulo (22) está inclinado oblicuamente con respecto al eje longitudinal.

En ciertas realizaciones de la presente invención, dos entradas de gas de alimentación y dos salidas de gas de alimentación están formadas en la pared exterior de la carcasa. En ciertas construcciones, los cortes en ángulo se colocan con una separación de 180 grados.

Se prevé que el al menos un distribuidor de cubierta pueda incluir al menos un deflector circular. En una realización preferida, el distribuidor de cubierta incluye un deflector de estilo rosquilla que tiene un área de ventana central. En ciertas construcciones, el distribuidor de cubierta incluye además un deflector de estilo protector que tiene un elemento de sellado circunferencial.

Se prevé que el al menos un corte en ángulo formado en el extremo del al menos un distribuidor de cubierta se forme en un ángulo de 10-30 grados.

En una construcción preferida, ese intercambiador de calor incluye además un segundo distribuidor de cubierta que tiene al menos un corte en ángulo formado en un extremo del mismo y dispuesto y configurado para dirigir el flujo de gas de alimentación desde la cámara interna a la salida de gas de alimentación.

Se prevé que, en realizaciones de la presente invención, la pluralidad de deflectores incluya tanto deflectores de estilo protector como deflectores de estilo ala que están dispuestos en un patrón alterno.

Preferentemente, cada una de las juntas circunferenciales asociadas con cada uno de la pluralidad de deflectores circulares incluye un elemento flexible que se extiende entre el deflector y la carcasa. Se prevé que el elemento flexible pueda proporcionarse en un solo lado del deflector o en ambos lados del deflector.

En determinadas realizaciones, la pluralidad de deflectores circulares incluye al menos un deflector de estilo protector formado cortando dos ventanas diametralmente opuestas en una placa deflectora. Adicionalmente, la pluralidad de deflectores circulares puede incluir al menos un deflector de estilo ala formado cortando una sola ventana en una placa deflectora. Aún más, la pluralidad de deflectores circulares puede incluir un deflector de estilo rosquilla formado cortando una ventana circular en una placa deflectora.

Breve descripción de los dibujos

Para que los expertos en la técnica a la que se refiere la invención comprendan fácilmente cómo fabricar y utilizar los dispositivos y métodos de la invención sin experimentación indebida, sus realizaciones preferidas se describirán en detalle a continuación con referencia a ciertas figuras.

La figura 1A muestra una vista en alzado de un ejemplo de distribuidor de tipo cubierta con un corte en ángulo y un deflector de estilo rosquilla que se ha construido de acuerdo con una realización de la presente invención; La figura 1B muestra una vista en sección transversal del distribuidor de tipo cubierta de la figura 1A; La figura 2A muestra una vista esquemática de un deflector protector de ejemplo construido de acuerdo con la presente invención, en el que se cortan dos ventanas del deflector circular; La figura 2B muestra una vista esquemática de un deflector de estilo ala de acuerdo con la presente invención, en el que se corta una ventana del deflector circular; La figura 2C muestra una vista esquemática de otro deflector circular ilustrativo construido de acuerdo con la presente invención, con una porción circular retirada del deflector circular creando un deflector de estilo rosquilla; La figura 3 muestra una vista esquemática de una disposición de intercambiador de calor ilustrativa que se ha construido de acuerdo con una realización de la presente invención; La figura 4 proporciona una vista en sección transversal de un cuarto de sección de un intercambiador de calor ilustrativo que se ha construido de acuerdo con una realización adicional de la presente divulgación; La figura 5 muestra una vista en sección transversal de una disposición de junta circunferencial (por ejemplo, corriente E) o flexible para su uso con deflectores de intercambiador de calor; La figura 6A es una vista esquemática de un perfil de distribución de temperatura ilustrativo en una entrada de carcasa de un intercambiador de calor existente; La figura 6B es una vista esquemática de un perfil de distribución de temperatura ilustrativo en una entrada de carcasa de un intercambiador de calor que se construye de acuerdo con la presente divulgación, adoptando una escala reducida con respecto a la figura 6A; y La figura 7A es una vista esquemática de un perfil de distribución de temperatura ilustrativo en una salida de carcasa de un intercambiador de calor existente; y Las figuras 7B (escala local) y 7C (disco de la misma escala) son vistas esquemáticas de un perfil de distribución de temperatura ilustrativo en una salida de carcasa de un intercambiador de calor que se construye de acuerdo con la presente divulgación.

Debería entenderse que los dibujos adjuntos no están necesariamente a escala, sino que presentan una representación algo simplificada de diversas características preferidas ilustrativas de los principios básicos de la

invención. Las características de diseño específicas de la presente invención como se divulgan en el presente documento, incluyendo, por ejemplo, dimensiones específicas, orientaciones, ubicaciones y formas que estarán determinadas en parte por la aplicación particular prevista y el entorno de uso.

- 5 Estos y otros aspectos de la presente divulgación resultarán más evidentes para los expertos en la materia a partir de la siguiente descripción detallada de la invención tomada junto con los dibujos.

Descripción detallada

- 10 Ahora se hará referencia a los dibujos en los que los mismos números de referencia identifican características o aspectos estructurales similares del objeto de la divulgación. Se entenderá que las realizaciones divulgadas son simplemente ejemplos de la forma en que se pueden implementar ciertos aspectos de la invención y no representan una lista exhaustiva de todas las formas en que se puede realizar la invención. Por supuesto, se entenderá que los sistemas, dispositivos y métodos descritos en el presente documento se pueden realizar de formas diversas y alternativas. Es más, las figuras no están necesariamente a escala y algunas características pueden estar exageradas o minimizadas para mostrar detalles de componentes particulares.

- 20 Componentes, materiales o métodos conocidos no se describen necesariamente con gran detalle para evitar oscurecer la presente divulgación. Cualquier detalle estructural y funcional específico divulgado en el presente documento no se interpretará como limitante, sino meramente como una base para las reivindicaciones y como una base representativa para enseñar a un experto en la materia cómo emplear la invención de varias formas.

- 25 A menos que sea evidente o se indique lo contrario, referencias direccionales, tales como "derecha", "izquierda", "superior", "inferior", "hacia el exterior", "hacia el interior", etc., están destinadas a ser relativas a la orientación de una realización particular de la invención como se muestra en la primera vista numerada de esa realización.

- 30 Normalmente, un intercambiador de calor debe tener una eficiencia muy alta. La eficiencia requerida normalmente se expresa en términos de "efectividad" de intercambio de calor, que se define como el calor transferido desde el fluido refrigerante al fluido calentador como porcentaje de la máxima recuperación de calor posible. En algunos casos, existen restricciones o requisitos adicionales. Por ejemplo, el proceso Catofin™ para la deshidrogenación de combinaciones de propano o propano butano requiere que la reacción se lleve a cabo a presión reducida, por lo que la pérdida de presión del gas debe mantenerse lo más baja posible para mantener una alta selectividad.

- 35 Los intercambiadores de calor de tipo carcasa y tubos son deseables para estas aplicaciones porque pueden construirse para permitir la expansión térmica de los componentes debido a los grandes intervalos de temperatura involucrados. Una construcción ilustrativa de carcasa y tubos incluye una lámina de tubo fija en un extremo y una lámina de tubo de dirección flotante en el otro extremo. Por desgracia, los intercambiadores de calor de carcasa y tubos pueden sufrir una mala distribución del fluido en el lado de la carcasa debido a la fuga de fluido alrededor de los tubos y deflectores. Esta mala distribución conduce a dos efectos indeseables. En primer lugar, la eficacia térmica está limitada por el hecho de que el fluido frío se mezcla con el fluido que se ha calentado y, en segundo lugar, la temperatura de la lámina de tubo puede no ser uniforme, lo que puede provocar deformaciones o pandeos y el consiguiente daño del tubo. La distribución uniforme es especialmente importante en las regiones de entrada y salida donde la lámina de tubo debe mantenerse a una temperatura relativamente uniforme para evitar que se deforme o se doble. De manera similar, los tubos individuales o grupos de tubos deben mantenerse a una temperatura relativamente uniforme en las diferentes secciones del intercambiador de calor para garantizar que no se dañe debido a la expansión térmica diferencial.

- 40 El intercambiador de calor del efluente de alimentación descrito en las realizaciones del presente documento puede ser un intercambiador de calor gas - gas de una construcción tipo carcasa y tubos en el que se alimenta una alimentación a baja temperatura a 20 °C - 100 °C al lado de la carcasa y el efluente a alta temperatura (por ejemplo, 400 °C - 600 °C) se alimenta al lado de los tubos. Más generalmente, se aplica a un intercambiador de calor donde uno o ambos fluidos cambian de temperatura en más de 200 °C y preferentemente más de 300 °C en un solo intercambio.

- 55 En el ejemplo de un intercambiador de calor de efluentes de alimentación utilizado en el proceso Catofin™, el gas efluente caliente se asigna al lado del tubo para que la caída de presión sea muy baja. Sin embargo, la baja caída de presión también conduce a una gran cantidad de tubos a través de los cuales el fluido del lado de la carcasa debe distribuirse uniformemente, lo que hace que el problema del diseño del intercambiador de calor sea particularmente desafiante.

- 60 Las realizaciones de la presente divulgación, tal como se aplica a la construcción del intercambiador de calor de efluentes de alimentación Catofin, representan intercambiadores de calor de efluentes de alimentación tubular gas-gas muy eficaces que se utilizan para calentar la alimentación del reactor (normalmente propano o butano o una combinación de ambos) contra el efluente del reactor en un proceso de deshidrogenación en el que el intercambiador tiene una eficacia muy alta (90 % o más) y una caída de presión muy baja del gas efluente, por ejemplo, 6 kilopascales (kPa) o menos.

La tecnología de deflectores existente utilizada en aplicaciones FEHE incluye deflectores segmentados convencionales que pueden ser simples, segmentados, doble segmentados o NTIW. Otra tecnología de deflectores convencional incluye deflectores de disco y de rosquilla que se deslizan sobre el haz de tubos.

Los métodos de distribución de flujo convencionales en la entrada del intercambiador que se utilizan en los intercambiadores de calor de carcasa y tubos incluyen el control del flujo por medio de dispositivos de choque tales como varillas o placas. Sin embargo, si bien un diseño de este tipo puede evitar daños en los tubos debido a la vibración, no proporciona un uso mejorado de las regiones de entrada y salida en los casos con un diámetro interior de la carcasa grande ni es adecuado para un intercambiador de calor de alta eficacia en el que la distribución del fluido es fundamental para el rendimiento. Es más, cuando la alta temperatura de funcionamiento requiere una temperatura uniforme en la unión entre la lámina de tubo y la carcasa para evitar la distorsión térmica y las tensiones localizadas, los dispositivos convencionales de impacto de tipo varilla o placa son insatisfactorios, ya que tienden a promover altos gradientes de temperatura local entre el área del haz cerca de las boquillas y las áreas a 90 grados de las boquillas.

Los diseños de distribuidores anulares existentes incluyen una sección anular que está fuera de la carcasa y no asegura una distribución uniforme a lo largo de la circunferencia. Además, el diseño mecánico se vuelve más complicado con tal disposición, especialmente para intercambiadores de alta presión e ID de carcasa grande.

Ventajosamente, tal y como se analizará con detalle más adelante, ciertas realizaciones de intercambiadores de calor descritas en el presente documento usan deflectores circulares con porciones de ventana recortadas de cada deflector, de manera que se evita el flujo axial entre el interior de la carcasa y el haz de tubos en cada deflector. Es más, en ciertas realizaciones descritas en el presente documento, los conjuntos de sellado circunferencial están instalados en el espacio anular entre el deflector y la carcasa, lo que reduce la aparición de discontinuidades mecánicas que pueden crear regiones locales de tensión concentrada.

Las realizaciones del presente documento proporcionan diseños de intercambiadores de calor en los que todo el flujo de fluido del lado de la carcasa se dirige uniformemente sobre la lámina de tubo, de manera que se minimiza la variación de temperatura de la lámina de tubo. Además, la disposición del deflector utilizada en las realizaciones del presente documento evita que el fluido se desvíe del haz de tubos al filtrarse entre el haz de tubos y la carcasa en las áreas de la ventana y entre el deflector y la carcasa, debido a la adopción de sellado circunferencial en cada deflector. Una alta eficacia (por ejemplo, > 90 %) se logra y se mantiene evitando que el líquido se desvíe del haz de tubos, pero sorprendentemente se ha encontrado que esta combinación proporciona un diseño particularmente efectivo, con una eficacia de transferencia de calor superior al 90 % y una variación de temperatura a través de la lámina de tubo inferior a 15 °C incluso para un diámetro de carcasa grande de 3 metros. Las soluciones de la técnica anterior estaban limitadas a < 90 % de eficacia con una variación de temperatura de la lámina de tubo de aproximadamente 100 °C porque el fluido que pasa por alto el haz de tubos y fluye desde la entrada hasta la salida es mucho más frío y tenderá a enfriar la periferia exterior de la lámina de tubo que conduce al estrés térmico. Como resultado, estas soluciones de la técnica anterior no eran de uso satisfactorio en procesos tales como el proceso Catofin™. El diseño de deflector de sellado circunferencial descrito en el presente documento reduce la tensión térmica que podría provocar fallos mecánicos porque se evita este desvío. Ventajosamente, las realizaciones del intercambiador de calor descritas en el presente documento permiten una mayor recuperación de calor (90 %+) y reducen las variaciones de temperatura en todo el intercambiador de calor que pueden provocar tensiones térmicas y fallos eventuales del tubo.

La distribución de temperatura para los intercambiadores de calor que se describen actualmente es notablemente uniforme en comparación con otros métodos, con menos de 15 °C de variación de temperatura a lo largo de la lámina de tubo. Este inesperado buen desempeño se atribuye a la igualación de la resistencia del flujo entre la boquilla de entrada de la carcasa y el centro del haz, independientemente de la trayectoria del fluido, y se ve reforzada por el sellado circunferencial que se puede proporcionar en cada deflector. Tal y como se utiliza en el presente documento, "sellado circunferencial" puede referirse a la combinación de la construcción de la ventana deflectora (que bloquea el flujo axial entre los tubos y la carcasa) y el "sellado de corriente E" que bloquea el flujo axial entre los deflectores y la carcasa.

Ahora con referencia a las figuras, en las que la figura 1A muestra una realización ilustrativa del distribuidor de tipo cubierta 20 que ha sido construido de acuerdo con una realización de la presente invención para su uso en un intercambiador de calor 100. La figura 1B proporciona una vista en sección transversal tomada en un extremo del intercambiador de calor 100 a lo largo de la línea A-A. El intercambiador de calor 100 es un intercambiador de calor de carcasa y tubos con dos boquillas de entrada 52 y dos boquillas de salida 54 para el fluido del lado de la carcasa, el fluido de la carcasa puede ser calentado por el fluido del lado de los tubos. Los expertos en la técnica apreciarán fácilmente que los aspectos inventivos de la presente divulgación se pueden aplicar a varios diseños de intercambiadores de calor y no se limitan a los intercambiadores de calor de alimentación-efluente. Por ejemplo, el intercambiador de calor puede incluir una única salida de carcasa.

En el caso de un intercambiador de calor de alimentación-efluente Catofin™, el fluido del lado de la carcasa es la alimentación y el fluido del lado de los tubos es el efluente caliente del reactor. El propósito del intercambiador de alimentación-efluente es transferir al menos el 90 % de la energía térmica disponible del gas efluente al gas de

alimentación. La caída de presión del lado de los tubos debe ser muy baja para mantener la selectividad de la reacción. Esto da como resultado un gran número de tubos y, en consecuencia, una velocidad del lado de la carcasa relativamente baja que no conduce a una buena distribución del flujo. De manera similar, ya que se requiere una alta efectividad > 90 %, una buena distribución es esencial, ya que si una porción significativa del gas de alimentación frío se desvía de los tubos y se mezcla con gas caliente en la salida, es imposible lograr la eficacia requerida debido a la ineficiencia termodinámica de mezclar gas frío con gas caliente.

Las realizaciones del presente documento usan deflectores de estilo de doble segmento con zonas de ventana cortadas de una placa circular, por lo que se proporciona preferentemente un sellado circunferencial en cada deflector.

Las figuras 2A-2C muestran deflectores circulares de ejemplo que se pueden usar en las realizaciones de intercambiador de calor divulgadas en el presente documento. La figura 2A muestra un primer tipo de deflector circular, un deflector protector 64, con dos ventanas segmentadas 65 recortadas en la parte superior e inferior de la placa (o en lados opuestos dependiendo de la orientación de la placa). Las ventanas segmentadas 65 pueden tener forma semicircular como se muestra en la figura 2A u otras formas dependiendo de la aplicación. Para sellar el deflector a la separación de la carcasa, el sellado circunferencial 80 se usa en la periferia del deflector protector que se muestra en la figura 2A.

La figura 2B muestran un segundo tipo de deflector circular, un deflector de ala 66, con una única ventana segmentada 67 recortada desde el centro del deflector circular. La única ventana segmentada 67 puede ser rectangular, oblonga, o cualquier otra forma adecuada. En este caso, el sellado circunferencial 80 se aplica en la periferia del deflector circular.

La figura 2C muestra un tercer tipo de deflector circular, un deflector de rosquilla 60, con una única sección circular 61 recortada en el centro. El sellado circunferencial 80 también se usa con esta disposición de deflector para evitar fugas de corriente E. La fuga de corriente E puede referirse al flujo que se filtra entre los deflectores y la carcasa. En determinadas realizaciones, el deflector de estilo rosquilla 60 de la figura 2C puede tener un orificio no circular y/o el orificio puede colocarse descentrado. Por ejemplo, se puede cortar un orificio en forma de círculo, pero con segmentos retirados.

La figura 3 muestra un intercambiador de calor ilustrativo de acuerdo con una realización de la presente invención divulgado en el presente documento. Como se muestra en la figura 3, el intercambiador de calor 100 puede usar dos conjuntos de deflectores circulares, el primer conjunto puede ser un deflector de tipo protector 64 como se muestra en la figura 2A que tiene dos ventanas segmentadas 65 recortadas en la parte superior e inferior, y el segundo conjunto de deflectores pueden ser deflectores de tipo ala 66 como se muestra en la figura 2B que tiene una sola ventana segmentada 67 recortada desde el centro del deflector circular. Los dos tipos de deflectores se pueden colocar alternativamente a lo largo del intercambiador de calor mientras los tubos se sujetan a través de orificios perforados en los deflectores. El tercer tipo de deflector, un deflector de estilo rosquilla 60 como el que se muestra en la figura 2C, se puede usar en la ubicación más cercana a la lámina de tubo 90 en cualquiera de los extremos del intercambiador de calor 100.

El intercambiador de calor 100 descrito en el presente documento también incluye un distribuidor de cubierta 20 (por ejemplo, una cubierta cilíndrica). El distribuidor de cubierta 20 tiene dos recortes 22 de sección en ángulo diametralmente opuesto, como se muestra mejor en la figura 1A. El distribuidor de cubierta 20 se coloca alrededor del haz de tubos y puede extenderse desde el deflector protector de rosquilla 64 hasta un punto entre la boquilla de salida/entrada 54/52 y la lámina de tubo 90. Las secciones en ángulo 22 se cortan de la cubierta cilíndrica 20 de modo que la resistencia al flujo desde el centro del haz hasta la entrada 52 sea similar, independientemente de la trayectoria del fluido. El ángulo β puede ser de aproximadamente 10° - 30° , de modo que la resistencia al flujo desde la boquilla de entrada 52 hasta el centro del deflector de rosca 60 sea igual a lo largo de todas las trayectorias entre la boquilla de entrada 52 y el centro del haz de tubos. Por ejemplo, β puede ser alrededor de 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 o alrededor de 30 grados. En la realización descrita en la figura 3, el intercambiador de calor 100 incluye un segundo distribuidor de cubierta 20 asociado con el extremo de salida de la carcasa. Este distribuidor se puede construir de la misma manera que la cubierta ubicada en el extremo de entrada y la resistencia al flujo es igualmente igual a lo largo de todas las trayectorias desde el centro del haz de tubos hasta la boquilla de salida 54.

Como se muestra en la figura 1A, se puede usar un deflector de estilo rosquilla 60 y un deflector de estilo protector 64 para brindar soporte a la cubierta 20.

Se observa que el intercambiador de calor 100 puede estar provisto de deflectores convencionales. Sin embargo, la efectividad y la integridad mecánica del intercambiador de calor 100 se mejoran cuando el distribuidor de cubierta 20 se usa en combinación con las construcciones y disposiciones de deflectores actualmente descritas y con sellado circunferencial en cada ubicación de deflector.

La figura 4 muestra una vista en sección transversal de un cuarto de sección de un intercambiador de calor que se ha construido de acuerdo con una realización de la presente descripción. Tal como se muestra, el intercambiador de calor

200 puede incluir un deflector de rosquilla 60 en un extremo, deflectores de corte de ventana alternativa 64/64 como se muestra y describe en las figuras 2A-2C anteriores, haces de tubos 92, una cubierta y "juntas de corriente E 95". Los expertos en la materia fácilmente apreciarán que otros tipos de deflectores, tales deflectores de tipo disco y rosquilla, se pueden en lugar de uno o más deflectores dobles segmentados. Se contemplan específicamente combinaciones de deflectores dobles segmentados u otros tipos de deflectores.

El uso de todas las características de diseño juntas como se muestra en las figuras 1B, 2 y 5, permite lograr una distribución óptima del flujo a lo largo de toda la longitud del intercambiador de calor, mitigando las tensiones mecánicas causadas por los gradientes térmicos alrededor del haz de tubos. Los deflectores dobles segmentados con perfil especial mostrados en las figuras 2A y 2B, se puede reemplazar con otro tipo de deflectores, según lo dictado por el soporte del tubo requerido y el rendimiento térmico. Cualquiera que sea la forma del deflector que se elija, su perfil debe seguir las mismas indicaciones válidas para el deflector doble segmentado; es decir, se deben cortar las ventanas del deflector, bloqueando la fuga axial en el área no entubada y permitiendo la instalación del sellado circunferencial alrededor de la periferia del deflector para bloquear la fuga de corriente E. En algunos casos, donde la fabricación permite un espacio libre estrecho entre el deflector y la carcasa o cuando la fuga anticipada de la corriente E es marginal, podría omitirse el sellado circunferencial.

Los distribuidores de cubierta 20 están diseñados para hacer que la distribución del flujo tanto en la entrada como en la salida sea lo más equitativa posible alrededor de toda la periferia de 360 grados. La distribución óptima del flujo se logra igualando las resistencias hidráulicas en todas las direcciones para obtener la distribución óptima que se muestra en la figura 7B. En el caso de intercambiadores de calor con diámetros de carcasa pequeños y un caudal reducido, se puede utilizar una sola boquilla de entrada/salida. La trayectoria más larga estará a 180° de la boquilla y no a 90°, como en el caso de dos boquillas de entrada/salida. La ecualización del flujo se puede lograr cortando ventanas más grandes en el distribuidor moviéndolo desde la boquilla hasta la trayectoria más larga, o cortando el distribuidor en ángulo.

La figura 5 proporciona una vista en sección transversal de una disposición de junta flexible 80a para usar en las realizaciones del presente documento. El sellado circunferencial 80 aplicado a los deflectores 60/64/66 del presente documento puede mejorarse utilizando una interfaz flexible entre el deflector y la carcasa. La junta flexible 80a se puede hacer con una o varias capas de material, por ejemplo, utilizando un material tal como acero inoxidable 304 o similar. A modo de ejemplo, el sellado circunferencial utilizado para sellar el deflector longitudinal puede ser similar al T4 de Kempchen & Co. GmbH de Oberhausen, Alemania o a la junta longitudinal mostrada en la patente US 4.215.745. No obstante, la figura 5 muestra elementos de sellado circunferenciales 81a aplicados a ambos lados del deflector 60/64/66, el elemento de sellado 81a podría aplicarse únicamente en un lado de los deflectores. Además, para evitar daños durante la inserción del haz, unas tiras circunferenciales 81a deben instalarse en el lado opuesto a la dirección de inserción, y debe minimizarse el espacio entre el deflector y la carcasa (por ejemplo, es preferible la mitad de la tolerancia TEMA). El radio "R" de la tira se configurará para tener una alta flexibilidad y evitar la deformación permanente de las tiras 81a durante la inserción del haz.

Los intercambiadores de alimentación/efluentes de alta recuperación se caracterizan por ser intercambiadores de calor de carcasa y tubos de gran tamaño que no suelen estar presentes en la industria. El software de diseño más utilizado (HTRI™) no puede predecir de forma fiable el rendimiento de este equipo y, por lo general, predice en exceso el rendimiento térmico porque la fuga de líquido en los espacios entre los deflectores y la carcasa no se tiene en cuenta correctamente. Como tales, los resultados del uso de HTRI™ para el diseño de dichos equipos pueden resultar en un bajo rendimiento severo, ya que se puede predecir una efectividad muy alta (> 90 %), pero no se logra en la práctica. Las realizaciones del presente documento se han verificado utilizando simulaciones CFD que indican que la eficacia térmica se puede aumentar en varios puntos porcentuales hasta alrededor del 90 % o más y que la variación de temperatura de la superficie de la lámina de tubo se puede reducir hasta alrededor de 15 °C o menos.

En el diseño del intercambiador de calor convencional, el flujo toma la trayectoria más corta entre los tubos y la carcasa en función de la menor resistencia del flujo hidráulico, lo que da como resultado un perfil de flujo asimétrico desigual. Como resultado, la temperatura de la lámina de tubo es muy desigual, lo que provoca poca eficacia y grandes tensiones mecánicas debido a los gradientes térmicos. En el presente diseño, debido al distribuidor de cubierta, la mayor parte del fluido que pasa a través de la zona final fluye a través de la lámina de tubo de manera uniforme y simétrica, de modo que la temperatura de la lámina de tubo es uniforme en todo su recorrido. La combinación de sellado circunferencial en cada deflector y el distribuidor de estilo rosquilla en ángulo son deseables para producir este patrón de flujo óptimo.

La figura 7A muestra el perfil de distribución de temperatura en una entrada de un sistema intercambiador de calor existente (lámina de tubo superior). Las figuras 7B y 7C muestran distribuciones de temperatura en una entrada (lámina de tubo superior) de un intercambiador de calor diseñado e implementado como se describe en el presente documento. La figura 7B muestra la distribución de temperatura a la entrada adoptando una escala reducida con respecto a la figura 7A.

La figura 8A es una vista esquemática de un perfil de distribución de temperatura ilustrativo en una salida de carcasa de un intercambiador de calor existente. Las figuras 8B (escala local) y 8C (disco de la misma escala) son vistas

esquemáticas de un perfil de distribución de temperatura ilustrativo en una salida de carcasa de un intercambiador de calor que se construye de acuerdo con la presente divulgación.

- 5 Como se muestra en el caso ilustrativo proporcionado, el intervalo de temperatura a través de la lámina de tubo se reduce desde -100 °C en el intercambiador de calor de la técnica anterior hasta -15 °C en el intercambiador de calor de la presente invención.

- 10 Cabe señalar que, si bien las realizaciones en el presente documento se describen con respecto a una planta de proceso Catofin, también se contempla que varias realizaciones también podrían aplicarse a cualquier proceso en el que se desee una alta recuperación de calor y una alta eficacia y el fluido del lado de la carcasa sea un gas a alta temperatura. Por ejemplo, catadieno, fabricación de monómero de estireno SMART u otro proceso tal como GNL, etc., están previstos.

- 15 Los métodos y sistemas de la presente divulgación, como se describe anteriormente y se muestra en los dibujos, proporcionan intercambiadores de calor de carcasa y tubos. Si bien el aparato y los métodos de la presente divulgación se han mostrado y descrito con referencia a realizaciones preferidas, los expertos en la materia apreciarán fácilmente que pueden realizarse cambios y/o modificaciones sin apartarse del ámbito de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un intercambiador de calor de carcasa y tubos (100) que comprende:

- 5 una carcasa cilíndrica alargada que define un eje longitudinal para el intercambiador de calor y una cámara interna, teniendo la carcasa dos entradas de gas de alimentación diametralmente opuestas (52) y al menos una salida de gas de alimentación (54) formada en una pared exterior para permitir que un gas de alimentación entre y salga de la cámara interna;
- 10 al menos una lámina de tubo (90) asociada a un extremo de la carcasa alargada;
- una pluralidad de deflectores circulares (60, 64, 66) separados longitudinalmente dentro de la cámara interna de la carcasa para redirigir el flujo de gas de alimentación dentro de la cámara interna;
- un haz de tubos (92) que incluye una pluralidad de tubos para permitir que el gas efluente atraviese desde una cámara impelente de entrada a través de la cámara interna de la carcasa hasta una cámara impelente de salida;
- 15 **caracterizado por que** el intercambiador de calor de carcasa y tubos (100) comprende además un primer distribuidor de cubierta cilíndrica (20) dispuesto y configurado para dirigir el flujo de gas de alimentación desde las dos entradas de gas de alimentación diametralmente opuestas (52) hacia la cámara interna próxima a la al menos una lámina de tubo (90), teniendo el primer distribuidor de cubierta (20) una superficie exterior cilíndrica paralela al eje longitudinal de la carcasa cilíndrica y un extremo aguas arriba que tiene dos cortes de sección en ángulo diametralmente opuestos (22) formados en el mismo para distribuir el flujo de gas de alimentación, en el
- 20 que los dos cortes de sección en ángulo (22) están dispuestos simétricamente a través de un plano que biseca la carcasa cilíndrica uniformemente entre las dos entradas de gas de alimentación diametralmente opuestas (52) y cada corte de sección en ángulo (22) está inclinado oblicuamente con respecto al eje longitudinal.

25 2. El intercambiador de calor (100) según la reivindicación 1, en el que se forman dos salidas de gas de alimentación (54) en la pared exterior de la carcasa y, opcionalmente, en el que las dos salidas de gas de alimentación (54) están formadas diametralmente opuestas entre sí en la pared exterior de la carcasa.

3. El intercambiador de calor (100) según la reivindicación 1 o la reivindicación 10, en el que el primer distribuidor de cubierta cilíndrica (20) incluye un primer deflector circular (60) separado de la pluralidad de deflectores circulares (60, 64, 66) separados longitudinalmente dentro de la cámara interna de la carcasa, y

30 opcionalmente:

en donde el primer deflector circular (60) del primer distribuidor de cubierta cilíndrica (20) es un deflector de tipo rosquilla (60) que tiene un área de ventana central (61), y

también opcionalmente:

35 en donde el primer distribuidor de cubierta cilíndrica (20) incluye además un segundo deflector circular (64) separado de la pluralidad de deflectores circulares (60, 64, 66) separados longitudinalmente dentro de la cámara interna de la carcasa, siendo el segundo deflector circular (64) un deflector de estilo protector (64) que tiene un elemento de sellado circunferencial (80, 80a).

40 4. El intercambiador de calor (100) según la reivindicación 1 o la reivindicación 10, en el que cada corte de sección en ángulo (22) del extremo aguas arriba del primer distribuidor de cubierta cilíndrica (20) está inclinado en un ángulo de 10-30 grados con respecto a una dirección perpendicular al eje longitudinal de la carcasa cilíndrica.

45 5. El intercambiador de calor (100) según la reivindicación 1 o la reivindicación 10, que incluye además un segundo distribuidor de cubierta cilíndrica (20) que tiene una superficie exterior cilíndrica paralela al eje longitudinal de la carcasa cilíndrica y un extremo aguas abajo que tiene al menos una sección en ángulo recortada formada en el mismo que forma un ángulo oblicuo con respecto al eje longitudinal y que está configurado para dirigir el flujo de gas de alimentación desde la cámara interna a la al menos una salida de gas de alimentación (54).

50 6. El intercambiador de calor (100) según la reivindicación 1, en el que la pluralidad de deflectores circulares (60, 64, 66) incluye tanto deflectores de estilo protector (64) como deflectores de estilo ala (66) que están dispuestos en un patrón alterno.

7. El intercambiador de calor (100) según la reivindicación 1, en el que cada uno de la pluralidad de deflectores circulares (60, 64, 66) comprende una junta circunferencial (80, 80a).

8. El intercambiador de calor (100) según las reivindicaciones 7 o 10, en el que la junta circunferencial (80, 80a) de cada uno de la pluralidad de deflectores circulares (60, 64, 66) incluye un elemento flexible (81a) que se extiende hacia la cubierta, y

60 opcionalmente:

en donde se proporcionan elementos flexibles separados (81a) en ambos lados de cada uno de la pluralidad de deflectores circulares (60, 64, 66) separados longitudinalmente dentro de la cámara interna de la carcasa.

9. El intercambiador de calor según la reivindicación 1, en el que al menos uno de a), b) o c):

a) la pluralidad de deflectores circulares (60, 64, 66) incluye al menos un deflector de estilo protector (64) formado

cortando dos ventanas diametralmente opuestas (65) en una placa deflectora;

b) la pluralidad de deflectores circulares (60, 64, 66) incluye al menos un deflector de estilo ala (66) formado al cortar una única ventana (67) en una placa deflectora;

5 c) la pluralidad de deflectores circulares (60, 64, 66) incluye un deflector de estilo rosquilla (60) formado cortando una ventana circular (61) en una placa deflectora.

10. Un intercambiador de calor de carcasa y tubos (100) según la reivindicación 1, en el que la pluralidad de deflectores circulares (60, 64, 66) incluyen deflectores de estilo protector (64) y deflectores de estilo ala (66) y cada deflector (60, 64, 66) incluye una junta circunferencial (80, 80a).

10 11. El intercambiador de calor (100) según la reivindicación 10, en el que la pluralidad de deflectores de estilo protector (64) y deflectores de estilo ala (66) están dispuestos en un patrón alterno.

12. El intercambiador de calor (100) según la reivindicación 10, en el que al menos uno de a), b) o c):

15 a) los deflectores de estilo protector (64) se forman cortando dos ventanas diametralmente opuestas (65) en una placa deflectora;

b) los deflectores de estilo ala (66) se forman cortando una sola ventana (67) en una placa deflectora;

20 c) los deflectores de tipo rosquilla (60) se forman cortando una ventana circular (61) en una placa deflectora.

13. Un intercambiador de calor de carcasa y tubos (100) según la reivindicación 1, en el que la pluralidad de deflectores circulares (60, 64, 66) incluye una junta circunferencial flexible (80, 80a) que se extiende hacia la carcasa.

25 14. El intercambiador de calor (100) según la reivindicación 10, en el que la junta circunferencial (80, 80a) de cada uno de la pluralidad de deflectores circulares (60, 64, 66) incluye un elemento flexible (81a) que se extiende hacia la cubierta y, opcionalmente, en donde se proporcionan elementos flexibles separados (81a) en ambos lados de cada uno de la pluralidad de deflectores circulares (60, 64, 66), y, opcionalmente, en donde

30 el elemento flexible (81a) de cada junta circunferencial (80, 80a) de cada uno de la pluralidad de deflectores circulares (60, 64, 66) está hecho de acero inoxidable.

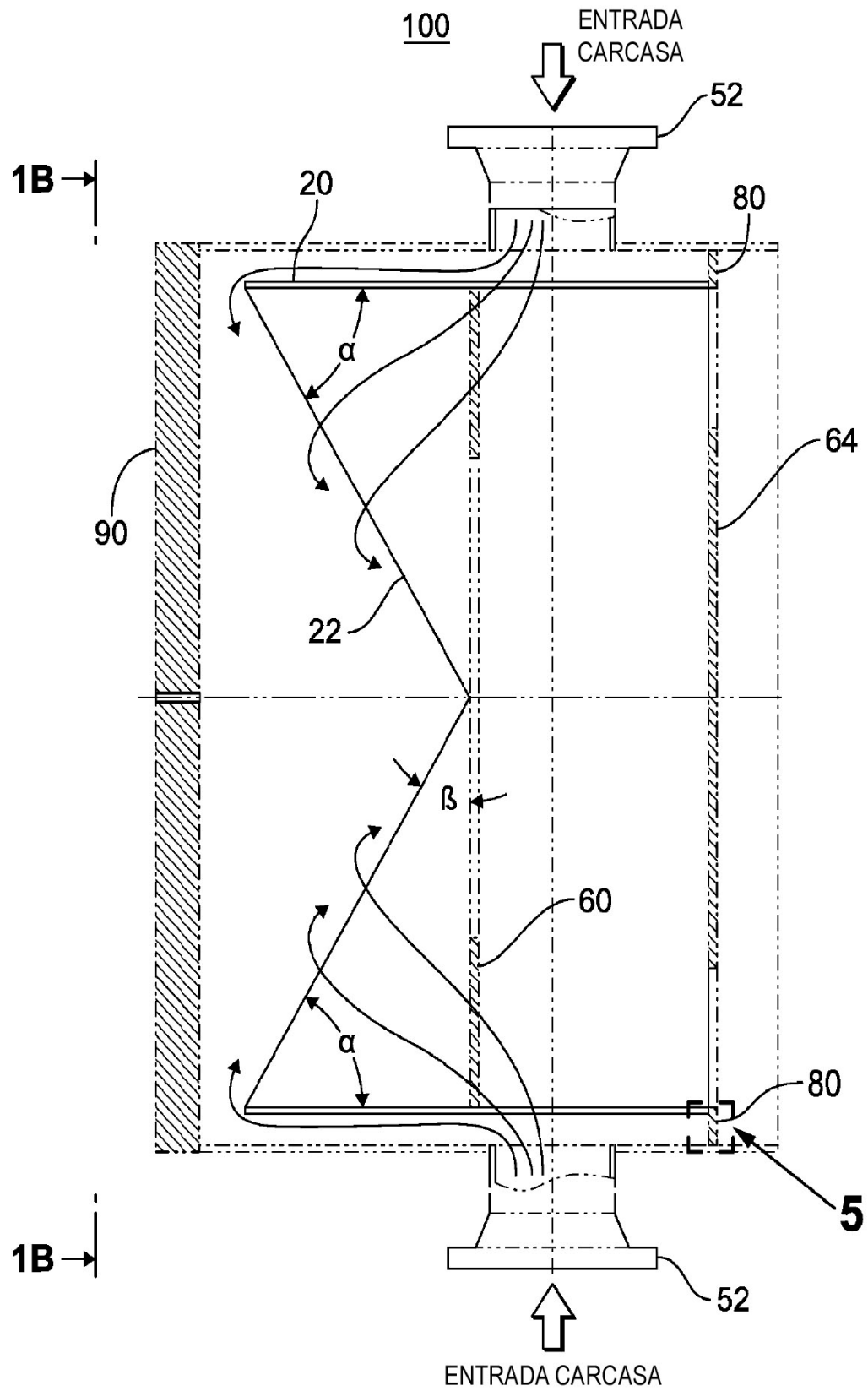


FIG. 1A

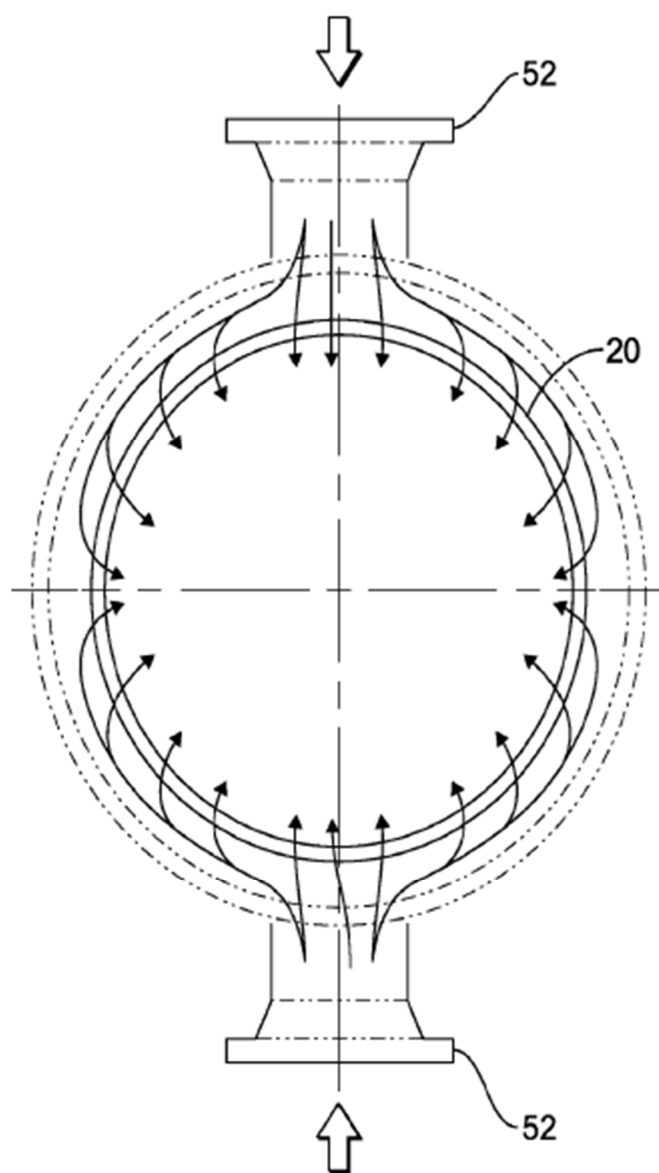


FIG. 1B

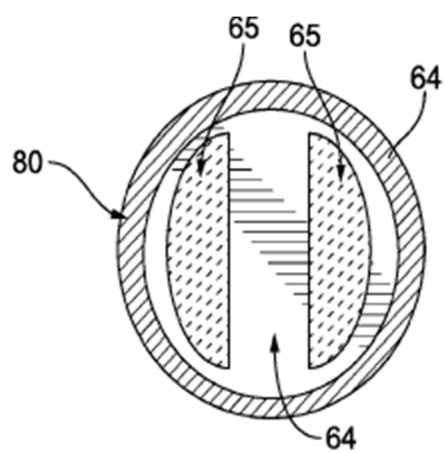


FIG. 2A

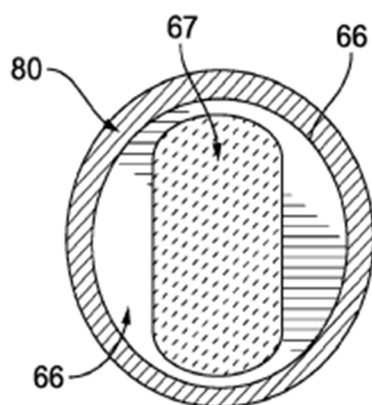


FIG. 2B

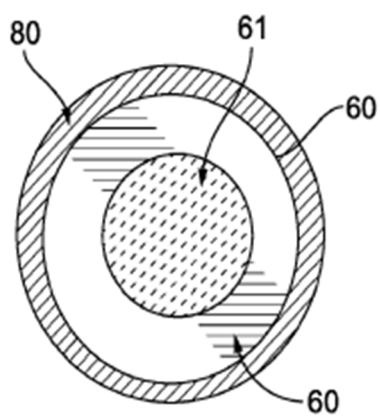
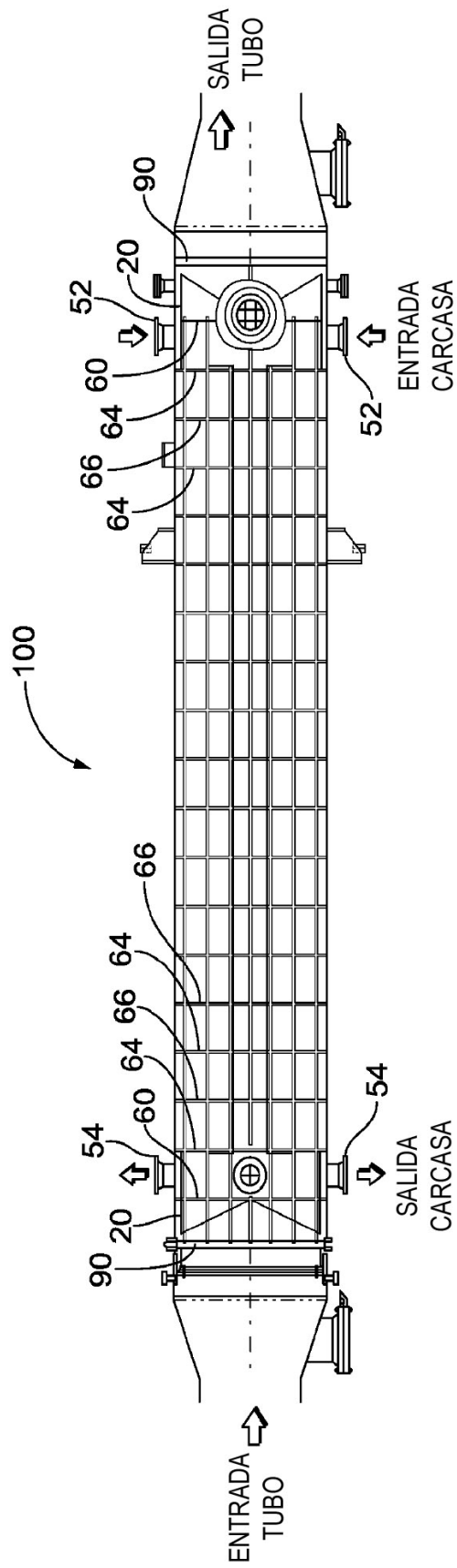


FIG. 2C



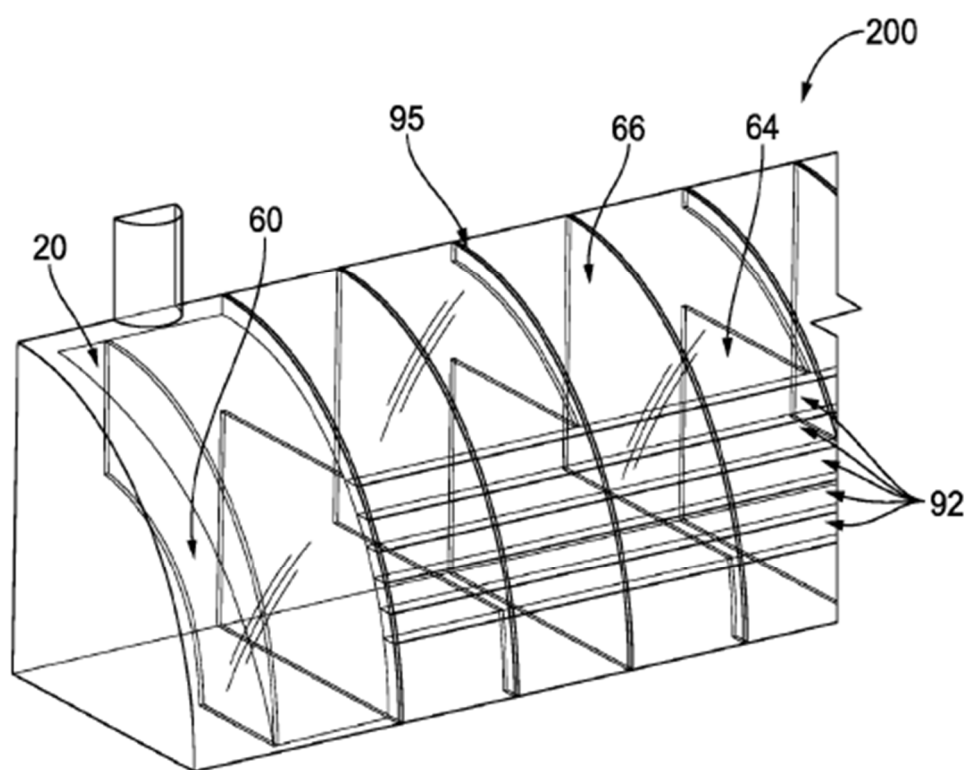


FIG. 4

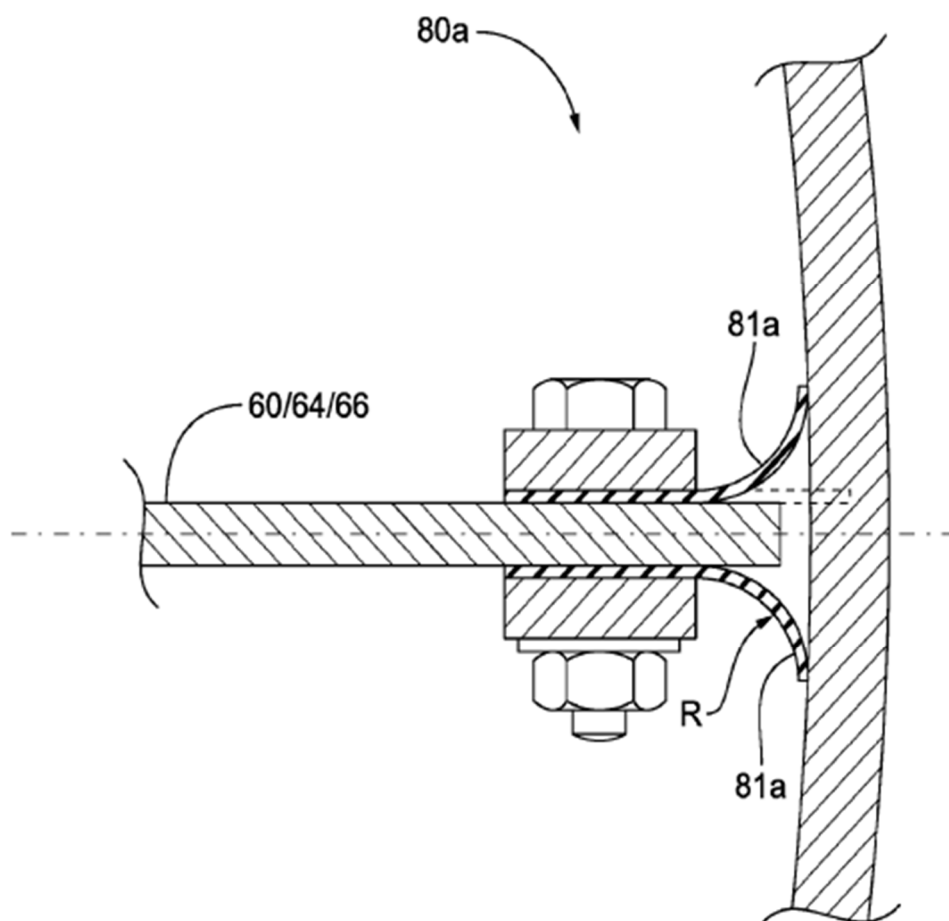
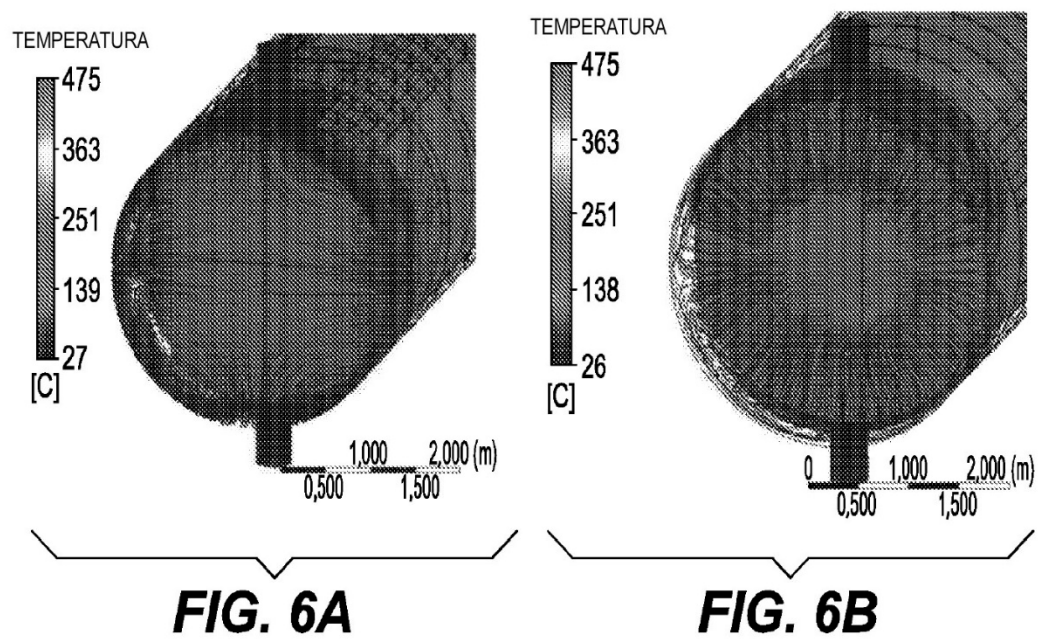


FIG. 5



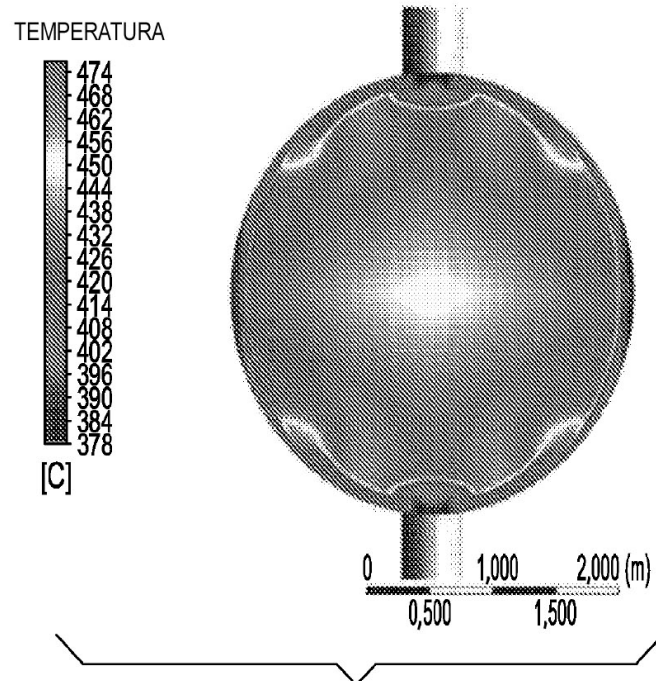


FIG. 7A

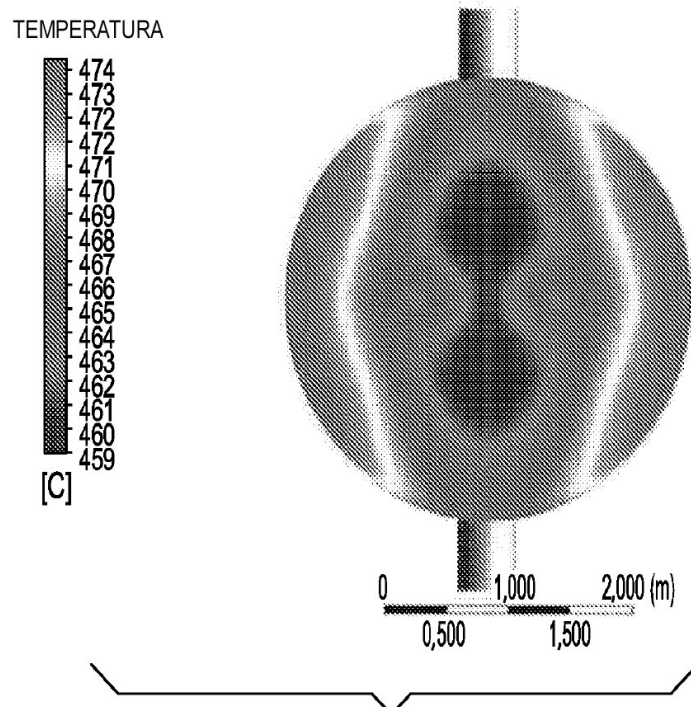


FIG. 7B

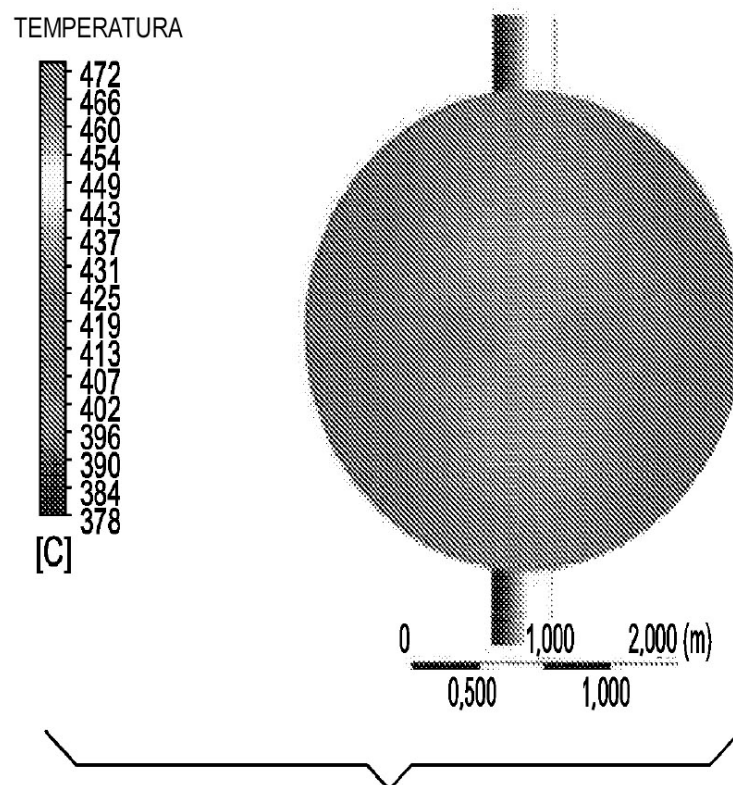


FIG. 7C