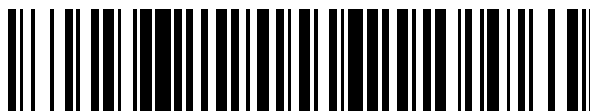


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 556**

51 Int. Cl.:

C10G 9/00	(2006.01) F28F 1/00	(2006.01)
B01J 19/00	(2006.01) F16L 59/14	(2006.01)
B01J 19/24	(2006.01) F16L 53/70	(2008.01)
F16L 59/02	(2006.01) F28D 21/00	(2006.01)
F16L 19/04	(2006.01)	
F28F 9/02	(2006.01)	
F28D 7/10	(2006.01)	
F16L 21/00	(2006.01)	
F28F 9/18	(2006.01)	
F28F 21/08	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.07.2016** **E 16178736 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2019** **EP 3266851**

54 Título: **Intercambiador de calor para enfriar el gas de reacción**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.10.2019

73 Titular/es:

TECHNIP FRANCE (100.0%)
6-8, Allée de l'Arche, Faubourg de l'Arche
92400 Courbevoie, FR

72 Inventor/es:

NAMARVAR, ESMAEIL MAHMOUDI y
LOUD, PETER

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 728 556 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 para enfriar el gas de reacción

5 La invención se refiere a un intercambiador de calor para enfriar el gas de reacción.

Dicho dispositivo se conoce generalmente y se puede encontrar, por ejemplo, en un horno de craqueo de una planta de producción de etileno, donde se usa para enfriar rápidamente el gas craqueado no activo, con el fin de evitar reacciones secundarias. Un intercambiador de calor para enfriar el gas de reacción generalmente comprende

10

- un tubo de doble pared enfriable que incluye una pared tubular interior y una pared tubular exterior, en donde la pared tubular interior se configura para transportar el gas de reacción para enfriarse y en donde se configura un espacio definido por la pared tubular interior y la pared tubular exterior para transportar un refrigerante;

15

- un miembro de conexión tubular que tiene una sección transversal longitudinal bifurcada que comprende una sección de pared exterior y una sección de pared interior que define un espacio intermedio lleno de material de relleno refractario, en donde un extremo convergente del miembro de conexión está dispuesto para estar en conexión con una tubería de transporte de gas de reacción no enfriable, en donde la sección de pared exterior se conecta con la pared tubular exterior del tubo de doble pared enfriable, en donde queda un espacio axial entre la sección de pared interior y la pared tubular interior del tubo de doble pared enfriable;

20

- un miembro de sellado configurado para sellar el espacio axial entre la sección de pared interior y la pared tubular interior del tubo de doble pared enfriable.

Se pueden encontrar ejemplos de los intercambiadores de calor por ejemplo en el documento US 5,732,981 que describe una unión entre una tubería caliente no refrigerada y una tubería refrigerada, con el extremo de la tubería no refrigerada bifurcada en la sección transversal e incluyendo un componente flexible, una junta tórica por ejemplo, entre, y apoyándose fuertemente contra la cara de la tubería refrigerada y la sección interior de la tubería no refrigerada. Sin embargo, una desventaja de la técnica anterior de este dispositivo es que el miembro de sellado puede dañarse, ya que el miembro de sellado puede aplastarse cuando una sección de la pared interior del miembro de conexión tubular se expande axialmente debido al paso del gas de reacción caliente. Sin un sellado adecuado, el gas de reacción caliente puede filtrarse dentro del espacio intermedio lleno con material de relleno refractario, que también puede dañarse de esta manera.

25

30

El documento US 2010/0319888 describe otro ejemplo de un intercambiador de calor de la técnica anterior para enfriar el gas de reacción. En un intento por proteger mejor el miembro de sellado, el miembro de sellado no se puede alcanzar más desde el lado interior del miembro de conexión tubular, lo que complica seriamente el intercambio del miembro de sellado en caso de que el intercambio resulte necesario, por ejemplo en el caso de desgaste después de un cierto tiempo.

35

Otro problema con estos intercambiadores de calor de la técnica anterior es que el material de relleno refractario puede dañarse o aplastarse debido a la diferencia en la expansión térmica entre la sección de pared interior y la sección de pared exterior del miembro de conexión tubular.

40

Un problema adicional reside en la falta de flujo eficiente de refrigerante en el espacio definido por la pared tubular interior y la pared tubular exterior del tubo de doble pared enfriable.

Un objetivo de la presente invención es resolver o aliviar uno o más de los problemas mencionados anteriormente. Particularmente, un primer aspecto de la invención tiene como objetivo proporcionar un intercambiador de calor mejorado para enfriar el gas de reacción, que proporciona un sellado eficaz del material de relleno refractario durante los diferentes intervalos de temperatura de todas las etapas del proceso. Otro objetivo de la invención es proporcionar un intercambiador de calor, que pueda repararse eficientemente en caso que se requiera. Un segundo aspecto de la invención tiene como objetivo proporcionar un intercambiador de calor mejorado para enfriar el gas de reacción, que proporciona una compensación por la diferencia en la expansión térmica entre la sección de pared interior y la sección de pared exterior del miembro de conexión tubular. Un tercer aspecto de la invención tiene como objetivo proporcionar un intercambiador de calor mejorado para enfriar el gas de reacción, que puede proporcionar un flujo eficiente de refrigerante en el espacio que se define por la pared tubular interior y la pared tubular exterior del tubo de doble pared enfriable.

45

50

Para estos objetivos, de acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un intercambiador de calor para enfriar el gas de reacción caracterizado por las características de la reivindicación 1. En particular, un borde de la pared tubular interior que se acopla con el miembro de sellado comprende al menos un borde parcialmente biselado que incluye un bisel acoplado en el miembro de sellado. Cuando el miembro de sellado se acopla en un bisel de un borde al menos parcialmente biselado de la pared tubular interior, el miembro de sellado puede desplazarse gradualmente a lo largo de del bisel durante la expansión térmica axial de la sección de pared interior del miembro de conexión tubular, compensando así parcialmente la expansión térmica entre la sección de pared interior y la sección de pared exterior del miembro de conexión tubular. De esta manera, se puede evitar el aplastamiento del miembro de sellado entre un borde de la pared tubular interior y una sección de pared interior que se expande axialmente del miembro de conexión tubular.

60

65

En una modalidad preferida, el miembro de sellado puede comprender extremos delgados superpuestos deslizantemente.

5 Cuando se unen los extremos delgados superpuestos deslizantemente, se puede formar un miembro de sellado en forma de anillo. Debido al espacio limitado axialmente entre la pared tubular interior y la sección de pared interior del miembro de conexión tubular, donde se localiza el miembro de sellado, la expansión térmica del miembro de sellado dará como resultado en particular una expansión circunferencial del miembro de sellado, que puede compensarse por los extremos delgados superpuestos deslizantemente para que se pueda obtener un buen sellado a diferentes intervalos de temperatura, de una manera más eficiente que con un miembro de sellado de lazo cerrado. Al mismo tiempo, los extremos delgados superpuestos deslizantemente también pueden compensar un ligero cambio en el diámetro del miembro de sellado en forma de anillo debido al desplazamiento gradual del miembro de sellado a lo largo de del bisel durante la expansión térmica axial de la sección de pared interior del miembro de conexión tubular.

10 Ventajosamente, el miembro de sellado puede comprender un elemento similar a un resorte dispuesto para presionar el miembro de sellado contra el borde al menos parcialmente biselado de la pared tubular interior. La elasticidad del elemento similar a un resorte puede asegurar un buen sellado en todos los intervalos de temperatura. En particular, el elemento similar a un resorte puede asegurar que el miembro de sellado vuelva rápidamente a su forma original durante el apagado, lo que se acompaña de una caída repentina de la temperatura.

15 En una modalidad más preferida, el borde de la pared tubular interior puede estar biselado radialmente hacia adentro. El biselado radialmente hacia adentro tiene la ventaja de que el miembro de sellado puede localizarse en una ubicación a la que se puede alcanzar desde un lado interior del miembro de conexión tubular, facilitando así el mantenimiento en caso de que sea necesario. Alternativamente, el borde de la pared tubular interior también puede biselarse radialmente hacia afuera.

20 En una modalidad aún más preferida, un borde de la sección de pared interior que se acopla al miembro de sellado puede comprender un borde parcialmente biselado que incluye un bisel radialmente espaciado y sustancialmente en paralelo con el borde al menos parcialmente biselado del lado extremo de la pared tubular interior. Durante la expansión térmica de la sección de la pared interior, la sección de la pared interior, en particular del bisel, puede expandirse tanto radial como axialmente y así acoplarse al borde al menos parcialmente biselado del lado extremo de la pared tubular interior formando un segundo sello entre un lado interior del miembro de conexión tubular y el espacio intermedio lleno de material de relleno refractario. Quedará claro para el experto en la técnica que la separación radial y/o axial de ambos biseles es preferentemente menor que o igual a la diferencia de expansión térmica máxima del miembro de conexión tubular.

25 Dicho miembro de sellado puede acoplarse preferentemente a una parte no biselada del borde parcialmente biselado de la sección de pared interior del miembro de conexión tubular. Como el miembro de sellado se acopla de este modo en un lado axial por un bisel de un borde al menos parcialmente biselado de la pared tubular interior y en el otro lado axial por una parte sin biselar del borde parcialmente biselado de la sección de pared interior del miembro de conexión tubular, la parte sin biselar permite un desplazamiento radial relativamente libre y fácil del miembro de sellado durante la expansión térmica axial de la sección de pared interior del miembro de conexión tubular, mientras se mantiene un soporte relativamente bueno del miembro de sellado en la parte sin biselar del borde parcialmente biselado de la sección de pared interior del miembro de conexión tubular.

30 En una modalidad ventajosa, el material de relleno refractario puede comprender al menos dos sectores de material de relleno refractario separados por al menos dos ranuras que se extienden en una dirección axial y radial. Al menos las dos ranuras pueden absorber la expansión térmica del material de relleno refractario en una dirección circunferencial, para evitar el daño del material de relleno refractario, que podría ser aplastado entre una sección de pared interior radialmente más expansiva del miembro de conexión tubular y una sección de pared exterior radialmente menos expansiva del miembro de conexión tubular, la diferencia en la expansión se debe a la diferencia en la proximidad al gas de reacción caliente. El material de relleno refractario puede dividirse en partes iguales, por ejemplo en dos sectores de 180°, o por ejemplo en tres sectores de 120°, o puede dividirse en sectores desiguales. Esta característica puede incluso considerarse como una invención en sí misma.

35 En una modalidad más ventajosa, al menos las dos ranuras pueden comprender una capa de papel cerámico, que es bien conocida por su aplicación a alta temperatura. La capa de papel cerámico, que es un material de relleno relativamente suave, puede absorber las diferencias de expansión térmica en una dirección circunferencial entre la sección de pared interior y exterior del miembro de conexión tubular. Alternativamente, al menos las dos ranuras pueden comprender un material cerámico laminar.

40 Se prefiere que una capa de papel cerámico esté comprendida entre el material de relleno refractario y la sección de pared exterior del miembro de conexión tubular. Puede elegirse un grosor de la capa en función de una compensación adecuada para la diferencia de expansión térmica radial entre la sección de pared interior y exterior del miembro de conexión tubular. Como alternativa, la capa de papel cerámico puede sustituirse por un material de polímero termodegradable libre de cenizas, que se gasificará durante un proceso de secado refractario.

45 El material de relleno refractario puede comprender en una dirección axial preferentemente al menos dos capas de material de relleno refractario con diferente conductividad térmica, en donde la conductividad térmica de las dos capas de material de relleno refractario disminuye hacia el tubo de doble pared enfriable. De esta manera, el aislamiento térmico

aumenta hacia la tubería de doble pared enfriable, mientras que se puede reducir la tensión en el extremo convergente del miembro de conexión tubular.

En una modalidad preferida, la pared tubular exterior del tubo de doble pared enfriable se fabrica al menos parcialmente de manganeso y/o molibdeno. El uso de uno o ambos de estos materiales permite la posibilidad de una disminución en el grosor y un incremento en la longitud de la pared tubular exterior, lo que resulta en una reducción de la compresión axial de la pared tubular interior debido a la diferencia de expansión térmica entre la pared tubular interior y exterior del tubo de doble pared enfriable. Alternativamente, el acero al carbono también puede usarse para la pared tubular exterior del tubo de doble pared enfriable, o cualquier otro material adecuado que conozca el experto en la técnica.

En una modalidad ventajosa, el tubo de doble pared enfriable comprende una boquilla de entrada de refrigerante dispuesta para permitir que un refrigerante entre en el espacio que se define por la pared tubular interior y la pared tubular exterior del tubo de doble pared enfriable en un lado del extremo inferior del tubo de doble pared enfriable cerca del miembro de conexión tubular. De esta manera, el refrigerante ingresa en el tubo de doble pared a un nivel donde el gas caliente dentro de la pared tubular interior aún tiene la temperatura muy alta y necesita más refrigerante.

En una modalidad más ventajosa, la boquilla de entrada de refrigerante se incluye en una caja refrigerante que se extiende entre la pared tubular exterior del tubo de doble pared enfriable y la sección de pared exterior del miembro de conexión tubular y que rodea la pared tubular interior del tubo de doble pared enfriable. La inserción de una caja refrigerante entre el tubo de doble pared enfriable y el miembro de conexión tubular permite una adaptación relativamente fácil de esa parte a las restricciones estructurales que se vinculan con la boquilla de entrada de refrigerante, requerido por ejemplo una pared tubular exterior más gruesa. Alternativamente, la pared tubular exterior del tubo de doble pared enfriable podría estar provista directamente de una boquilla de entrada de refrigerante.

El intercambiador de calor puede comprender preferentemente al menos un deflector dispuesto para guiar un flujo de refrigerante en el espacio definido por la pared tubular interior y la pared tubular exterior del tubo de doble pared enfriable. El deflector puede mejorar el efecto de enfriamiento regulando el flujo de refrigerante. Además, un deflector puede evitar el estancamiento del flujo de refrigerante y puede evitar la corrosión por depósito en un nivel inferior del tubo de doble pared enfriable en un lado opuesto de la boquilla de entrada de refrigerante. La corrosión por depósito ocurre si se dejan sedimentar las sales presentes en cantidades bajas en el refrigerante. Si el área en la que se sedimenta está sujeta a un flujo de calor, el refrigerante, por ejemplo el agua, se evaporará, dejando atrás las sales. Estas sales altamente concentradas atacan la superficie del espacio de agua debajo del depósito.

Al menos el deflector puede conectarse de manera fija con una parte exterior de la pared tubular interior del tubo de doble pared enfriable. De esta manera, al menos el deflector se ubica dentro del espacio anular que transporta refrigerante entre la pared tubular interior y exterior del tubo de doble pared enfriable, proporcionando un flujo eficiente de refrigerante alrededor de la pared tubular interior. Alternativamente, al menos el deflector también puede fijarse a una pared tubular exterior del tubo de doble pared enfriable o a una pared de la caja refrigerante, en particular a una pared de la boquilla de entrada de refrigerante.

En una modalidad preferida, al menos un deflector puede extenderse dentro de una dirección de la boquilla de entrada de refrigerante. Este mismo deflector puede ayudar a separar y dirigir el flujo de refrigerante proveniente de la boquilla de entrada de refrigerante alrededor del lado del extremo inferior de la pared tubular interior del tubo de doble pared enfriable cerca del miembro de conexión tubular. De una manera alternativa, al menos el deflector también puede colocarse en otra posición en el espacio anular definido por la pared tubular interior y la pared tubular exterior del tubo de doble pared, por ejemplo justo arriba de la boquilla de entrada de refrigerante de la caja refrigerante.

Es una ventaja que al menos el deflector esté descentrado con respecto a un eje central de la boquilla de entrada de refrigerante. De esta manera, puede crearse un remolino desigual alrededor de la pared tubular interior del tubo de doble pared mejorando el efecto de enfriamiento.

En una modalidad más ventajosa, el intercambiador de calor puede comprender al menos dos deflectores colocados transversalmente entre sí, de modo que el flujo del refrigerante entrante se dirija en dos direcciones transversales, aumentando el efecto de remolino del refrigerante que fluye alrededor de la pared tubular interior del tubo de doble pared.

La presente invención se explicará adicionalmente con referencia a las modalidades no limitativas en las siguientes figuras. Los elementos correspondientes se designan con signos de referencia correspondientes.

La Figura 1 muestra una vista de la sección transversal longitudinal de una modalidad preferida de un intercambiador de calor de acuerdo a la presente invención;

La Figura 2 muestra una ampliación del área que se circula en la Figura 1 en un estado no calentado;

La Figura 3 muestra la ampliación de la Figura 2 en un estado calentado;

La Figura 4 muestra una modalidad preferida de un miembro de sellado del intercambiador de calor de la Figura 1;

La Figura 5 muestra una ampliación de un área enmarcada en la Figura 4;

La Figura 6 muestra una vista en sección transversal de acuerdo a la línea X-X en la Figura 1 del material de relleno refractario.

La Figura 7 muestra una ampliación de un área enmarcada en la Figura 1;
 La Figura 8 muestra una vista frontal esquemática en una dirección axial de una boquilla de entrada de refrigerante del intercambiador de calor de la Figura 1;
 La Figura 9 muestra una vista lateral de formas alternativas de un deflector como en la Figura 8.

5

La Figura 1 muestra una vista de la sección transversal longitudinal de una modalidad preferida de un intercambiador de calor de acuerdo a la presente invención. El intercambiador de calor comprende un tubo de doble pared enfriable 1 que incluye una pared tubular interior 4 y una pared tubular exterior 3. Dicha pared tubular interior 4 se configura para transportar el gas de reacción para que se enfríe o sea enfriable. Un espacio 15 definido por la pared tubular interior 4 y la pared tubular exterior 3 se configura para transportar un refrigerante, por ejemplo agua. La pared tubular exterior 3 del tubo de doble pared enfriable 1 puede fabricarse, por ejemplo, al menos parcialmente de manganeso y/o molibdeno, o de acero al carbono o de cualquier otro material adecuado que conozca el experto en la técnica. La pared tubular exterior 3 puede tener un grosor de pared en un intervalo de, por ejemplo, 5-20 mm. El diámetro exterior del tubo de doble pared enfriable puede estar comprendido, por ejemplo, en un intervalo de 100-200 mm. La pared tubular interior 4, que tiene un grosor de, por ejemplo, 5-14 mm, puede fabricarse, por ejemplo, de una aleación de acero, por ejemplo de 0.5Mo o 1.25Cr-0.5Mo, o de cualquier otro material adecuado. Un diámetro exterior de un tubo interior definido por la pared tubular interior 4 del tubo de doble pared 1 puede estar comprendido, por ejemplo, en un intervalo de 60-140 mm. El intercambiador de calor comprende además un miembro de conexión tubular 10 que tiene una sección transversal longitudinal bifurcada que comprende una sección de pared exterior 11 y una sección de pared interior 14 que define un espacio intermedio 21 lleno de material de relleno refractario 6, 7. El miembro de conexión tubular puede fabricarse, por ejemplo, al menos parcialmente de una aleación de acero, por ejemplo de 25Cr-35NiNb o de cualquier otro material adecuado conocido por el experto. Un grosor de la sección de pared exterior 11 y de la sección de pared interior 14 puede estar comprendido, por ejemplo, en un intervalo de 7-14 mm. Un extremo convergente 16 del miembro de conexión 10 se dispone para estar en conexión con una tubería de transporte de gas de reacción no enfriable 17. Dicho extremo convergente 16 puede soldarse 13, por ejemplo, a la tubería de transporte de gas 17, o conectado de otra manera. La sección de pared exterior 11 se conecta con la pared tubular exterior 3 del tubo de doble pared enfriable 1, por ejemplo, directamente a través de una soldadura, o por ejemplo indirectamente a través de una caja refrigerante intermedia 2 como en la Figura 1. Un diámetro interior del miembro de conexión 10 puede ser igual o ligeramente más pequeño (<2 mm) que un diámetro interior de un tubo interior que se define por la pared tubular interior 4 del tubo de doble pared 1. Se deja un espacio axial 27 entre la sección de pared interior 14 y la pared tubular interior 4 del tubo de doble pared enfriable 1. El intercambiador de calor también incluye un miembro de sellado 9 que se configura para sellar el espacio axial 27 entre la sección de pared interior 14 y la pared tubular interior 4 del tubo de doble pared enfriable 1. El tubo de doble pared enfriable 1 del intercambiador de calor puede incluir además una boquilla de entrada de refrigerante 5 dispuesta para dejar un refrigerante en el espacio definido por la pared tubular interior 4 y la pared tubular exterior 3 del tubo de doble pared enfriable 1 en un nivel inferior del tubo de doble pared enfriable 1 cerca del miembro de conexión tubular. La boquilla de entrada 5 puede alcanzar la pared tubular exterior 3 del tubo de pared doble 1 de forma tangencial o radial. Un diámetro interior de la boquilla de entrada de refrigerante 5 puede estar comprendido, por ejemplo, en un intervalo de 60-125 mm. En la modalidad de la Figura 1, la boquilla de entrada de refrigerante 5 se incluye en una caja refrigerante 2 que se extiende entre la pared tubular exterior 3 del tubo de doble pared enfriable 1 y la sección de pared exterior 11 del miembro de conexión tubular 10 y que rodea la pared tubular interior 4 del tubo de doble pared enfriable 1. La caja refrigerante 2, con un diámetro exterior en un intervalo de, por ejemplo, 110-220 mm, puede hacerse, por ejemplo, de acero al carbono o de una aleación como por ejemplo de 1.25Cr-0.5Mo, o de cualquier otro material adecuado. La caja refrigerante 2 puede, por ejemplo, soldarse 13 a la pared tubular exterior 3 y a la sección de pared exterior 11, por ejemplo a través de una extensión cilíndrica 12 de la caja refrigerante 2, o puede conectarse de otra manera. La caja refrigerante 5 también puede conectarse de manera fija, por ejemplo soldada 13, a la pared tubular interior 4 en un nivel inferior del tubo de doble pared 1. La caja refrigerante 2 puede tener una cubierta exterior reforzada con un grosor, por ejemplo, en un intervalo de 10-24 mm, que puede ser más grueso que el grosor de la sección de pared exterior 11 o de la pared tubular exterior 3, pero este no tiene por qué ser el caso.

Las Figuras 2 y 3 muestran una ampliación del área que se circula en la Figura 1, y representan una vista más detallada del área donde la sección de pared interior 14 del miembro de conexión tubular 10 se encuentra con la pared tubular interior 4 del tubo de doble pared enfriable 1. Se deja un espacio axial 27 entre la sección de pared interior 14 y la pared tubular interior 4 del tubo de doble pared enfriable 1. El miembro de sellado 9 se configura para sellar el espacio axial 27 entre la sección de pared interior 14 y la pared tubular interior 4 del tubo de doble pared enfriable 1 con el fin de proteger el material de relleno refractario 6, 7 en el espacio intermedio 21 del miembro de conexión tubular 10 contra el gas de reacción caliente que se escapa al espacio intermedio 21 y daña el material de relleno refractario 6, 7. Con el objetivo de mejorar el sellado protector del espacio intermedio 21 en todos los intervalos de temperatura del proceso de enfriamiento, un borde de la pared tubular interior 4 que se acopla al miembro de sellado 9 comprende de manera inventiva un borde al menos parcialmente biselado que incluye un bisel 18 que se acopla al miembro de sellado 9. En la modalidad preferida que se muestra en las Figuras 2 y 3, el borde de la pared tubular interior 4 se bisela radialmente hacia dentro, de manera que se puede acceder al miembro de sellado 9 desde el interior del miembro de conexión tubular 10 y/o desde el tubo de doble pared enfriable 1. También un borde de la sección de pared interior 14 que se acopla al miembro de sellado 9 puede comprender un borde parcialmente biselado que incluye un bisel 19 espaciado radialmente por un espacio radial 20 desde y, sustancialmente en paralelo con, el borde al menos parcialmente biselado del lado extremo de la pared tubular interior 4, como se muestra en las Figuras 2 y 3. Además, el miembro de sellado 9 se acopla a una parte no biselada del borde parcialmente biselado de la sección de pared interior 14 del miembro de conexión tubular 10. En un estado no calentado

65

del intercambiador de calor, representada en la Figura 2, el espacio intermedio 21 se sella por el miembro de sellado 9 solamente. Debido al calentamiento causado por el paso del gas de reacción caliente a ser enfriado, todas las partes del intercambiador de calor se expandirán, pero esta expansión térmica depende de la proximidad y la exposición al gas de reacción caliente. La sección de pared interior 14 se expandirá axial y radialmente, por ejemplo, más que la pared tubular interior 4. La posición del miembro de sellado 9, por lo tanto, va a cambiar ligeramente durante la expansión térmica, como se muestra en la Figura 3: el miembro de sellado 9 se desplazará ligeramente a lo largo del bisel 18 de la pared tubular interior 4, y también se desplazará ligeramente radialmente hacia adentro en la parte sin biselar del borde parcialmente biselado de la sección de pared interior 14 del miembro de conexión tubular 10. Debido a la expansión térmica radial de la sección de pared interior 14 del miembro de conexión tubular 10, el bisel 19 del borde parcialmente biselado del miembro de conexión tubular 10 se acoplará al bisel 18 del borde al menos parcialmente biselado de la pared tubular interior 4, formando así un segundo sellado protector del material de relleno refractario 6, 7 en el espacio intermedio 21 del miembro de conexión tubular 10.

La Figura 4 muestra una modalidad preferida de un miembro de sellado 9 del intercambiador de calor de la Figura 1. El miembro de sellado 9 comprende extremos delgados 9a, 9b, que pueden unirse para formar una estructura de anillo con extremos delgados superpuestos deslizantemente 9a, 9b, que se muestran con más detalle en la Figura 5 que representa una ampliación del área enmarcada en la Figura 4. La longitud de los extremos delgados 9a, 9b están dispuestos para proporcionar una superposición mínima e inicial L3 para garantizar una función de sellado en el inicio del proceso de enfriamiento antes de que tenga lugar la expansión térmica. Los extremos delgados 9a, 9b, en particular la longitud L2, también están dispuestos para permitir la expansión térmica circunferencial del propio miembro de sellado 9. Debido al confinamiento del miembro de sellado 9 entre el tubo de doble pared enfriable 1 y el miembro de conexión tubular 10, la expansión térmica del anillo se limitará sustancialmente a la expansión circunferencial. El miembro de sellado 9 también comprende preferentemente un elemento similar a un resorte dispuesto para presionar el miembro de sellado 9 contra el borde al menos parcialmente biselado de la pared tubular interior 4. El miembro de sellado 9 puede fabricarse, por ejemplo, de una alta aleación de níquel, por ejemplo, una aleación que comprende hierro, cromo y níquel, tal como UNS N08330 o DIN 1.4886 o cualquier otro material conocido por los expertos en la técnica.

La Figura 6 muestra una vista en sección transversal de acuerdo a la línea X-X en la Figura 1 del material de relleno refractario 6, 7 en el espacio intermedio 21 del miembro de conexión tubular 10, el material de relleno refractario 6, 7 tiene un grosor en un intervalo de por ejemplo, 15-25 mm en una dirección radial. Como puede apreciarse en la Figura 1, el material de relleno refractario 6, 7 puede comprender en una dirección axial al menos dos capas 6 y 7 de material de relleno refractario con diferente conductividad térmica. La conductividad térmica de al menos las dos capas de material de relleno refractario disminuye preferentemente hacia el tubo de doble pared enfriable 1. La primera capa de material de relleno refractario 6 puede ser, por ejemplo, una capa de material de relleno refractario denso con una alta conductividad térmica, por ejemplo, una capa de carburo de silicio o de cualquier otro material adecuado con un coeficiente de conductividad térmica de, por ejemplo, 8-12 W/(m² K), y la segunda capa puede comprender un relleno aislante blando 7, por ejemplo una capa de Superwool® Plus™, o de cualquier otro material adecuado con un coeficiente de conductividad térmica de, por ejemplo, 0.05-0.2 W/(m² K). De manera innovadora, el material de relleno refractario 6, 7 de la modalidad preferida en la Figura 6 comprende tres sectores 26 de material de relleno refractario separados por tres ranuras 22 que se extienden en una dirección axial y radial. El material refractario también puede comprender dos o cuatro o más sectores 26 y ranuras 22. Las ranuras 22 pueden estar separadas, por ejemplo, por 180°, 120° o 90°, o por cualquier otro ángulo. Las ranuras 22 pueden tener un ancho de, por ejemplo, 1-2 mm. Los sectores 26 pueden, pero no necesitan, estar divididos por igual. Las dos ranuras 22 pueden comprender, por ejemplo, aire, o pueden comprender una capa de papel cerámico para absorber las diferencias de expansión térmica en una dirección radial y circunferencial entre el material de relleno refractario 6, 7 y una sección de pared interior más expansiva 14 empujando el material de relleno refractario 6, 7 contra una sección de pared exterior 11 menos expandible del miembro de conexión tubular 10. Como se representa en la Figura 1, una capa de papel cerámico 8 también puede estar comprendida entre el material de relleno refractario 6 y la sección de pared exterior 11 del miembro de conexión tubular 10. Esta delgada capa de papel cerámico 8, tiene un grosor de, por ejemplo, 0.5-1.0 mm y un coeficiente de conductividad térmica en un intervalo de, por ejemplo, 0.05-1.0 W/(m² K), puede encerrar solo parte del material de relleno refractario, por ejemplo solo una primera capa axial 6 del material de relleno refractario, como en la Figura 1, o puede abarcar el material de relleno refractario en toda la longitud axial del espacio intermedio 21.

La Figura 7 muestra una ampliación de un área que se enmarca en la Figura 1, que representa la boquilla de entrada de refrigerante 5 dispuesta para permitir que el refrigerante, por ejemplo agua, entre en el espacio definido por la pared tubular interior 4 y la pared tubular exterior 3 del tubo de doble pared enfriable 1. La Figura 8 muestra una vista frontal esquemática en una dirección axial de una boquilla de entrada de refrigerante 5 del intercambiador de calor de la Figura 1. En esta modalidad preferida, la boquilla de entrada de refrigerante 5 se incluye en una caja refrigerante 2 que rodea la pared tubular interior 4 del tubo de doble pared enfriable 1. En la Figura 7, la caja refrigerante 2 tiene una cubierta exterior reforzada más gruesa que un grosor de la pared tubular exterior 3, pero este no tiene por qué ser el caso. El intercambiador de calor comprende al menos un deflector 23, 24, 25 dispuesto para guiar un flujo de refrigerante en el espacio definido por la pared tubular interior 4 y la pared tubular exterior 3 del tubo de doble pared enfriable 1, evitando así el estancamiento del flujo de refrigerante y corrosión bajo depósito, en particular en un área 28 (ver Figura 1) a un nivel inferior del tubo de doble pared enfriable 1 opuesto al deflector 23, 24, 25, en la cual el área 28 es particularmente vulnerable por corrosión bajo depósito. Al menos el deflector 23, 24, 25 puede, por ejemplo conectarse de manera fija con un interior de la pared tubular exterior 3, o con un interior de la boquilla de entrada de refrigerante, como es el caso del deflector 25.

Preferentemente, al menos un deflector se conecta de manera fija con un exterior de la pared tubular interior 4 del tubo de doble pared enfriable 1, como son, por ejemplo, los deflectores 23 y 24. El deflector 25 se extiende hacia la boquilla de entrada de refrigerante 5 dirigiendo el refrigerante hacia un nivel inferior del tubo de doble pared enfriable 1. Los deflectores 23 y 24 se sitúan dentro del espacio refrigerante entre las paredes tubulares exterior e interna 3 y 4 y preferentemente se extienden en una dirección de la boquilla de entrada de refrigerante 5. Al menos un deflector 23, 24, 25 puede ser, por ejemplo, una placa deflectora, que puede incluir orificios o ser una placa cerrada. Las placas deflectoras 23,24, 25 pueden tener una altura constante o variable, y pueden incluir varias formas, tales como placas deflectoras rectangulares, trapezoidales, parcialmente biseladas o, preferentemente, en forma de L (ver Figura 9). Al menos un deflector puede extenderse parcialmente en una dirección circunferencial alrededor de la pared tubular interior 4, o limitarse a un área de entrada de refrigerante cerca de o hacia la boquilla de entrada de refrigerante 5. La modalidad ventajosa representada en las Figuras 7 y 8 comprende al menos dos deflectores 23 y 24 posicionados transversalmente entre sí. El deflector 24 se coloca en paralelo con un eje central de la boquilla de entrada de refrigerante 5 que dirige el refrigerante a un nivel inferior del tubo de doble pared enfriable 1. El deflector 23 se posiciona transversalmente con respecto al deflector 24, separando el flujo de refrigerante en el sentido de las agujas del reloj y en sentido contrario a las agujas del reloj alrededor de la pared tubular interior 4. Como se aprecia mejor en la Figura 8, al menos el deflector 23, 24, 25 está preferentemente descentrado con respecto a un eje central de la boquilla de entrada de refrigerante 5. La posición descentrada del deflector 23, 24, 25 mejora la circulación y, por lo tanto, la eficiencia del refrigerante alrededor del nivel inferior del tubo de doble pared 1, donde el refrigerante es más necesario. Al menos un deflector 23, 24, 25 puede hacerse, por ejemplo de acero al carbono, o de cualquier otro material adecuado que conozcan los expertos en la materia.

A efectos de claridad y una descripción concisa, las características se describen en la presente descripción como parte de las mismas modalidades o modalidades separadas, sin embargo, se apreciará que el alcance de la invención puede incluir modalidades que tienen combinaciones de todas o algunas de las características descritas. Puede entenderse que las modalidades que se muestran tienen los mismos componentes o componentes similares, aparte de donde se describen como diferentes.

En las reivindicaciones, cualquier signo de referencia que se coloque entre paréntesis no debe interpretarse como que limita la reivindicación. La palabra 'que comprende' no excluye la presencia de otros elementos o etapas además de las mencionadas en una reivindicación. Además, las palabras 'un' y 'una' no deben interpretarse como una limitación a 'sólo uno', sino que significan 'al menos uno', y no excluyen una pluralidad. El simple hecho de que ciertas medidas se exponen en reivindicaciones mutuamente diferentes no indica que una combinación de estas medidas no pueda usarse como una ventaja. Serán evidentes muchas variantes para la persona experta en la materia. Se entiende que todas las variantes se comprenden dentro del alcance de la invención como se define en las siguientes reivindicaciones.

Reivindicaciones

1. Intercambiador de calor para enfriar el gas de reacción que comprende
 - un tubo de doble pared enfriable (1) que incluye una pared tubular interior (4) y una pared tubular exterior (3), en donde la pared tubular interior (4) se configura para transportar el gas de reacción para ser enfriada, y en donde un espacio (15) que se define por la pared tubular interior (4) y la pared tubular exterior (3) se configura para transportar un refrigerante;
 - un miembro de conexión tubular (10) que tiene una sección transversal longitudinal bifurcada que comprende una sección de pared exterior (11) y una sección de pared interior (14) que define un espacio intermedio (21) lleno de material de relleno refractario (6, 7), en donde un extremo convergente (16) del miembro de conexión (10) se dispone para estar en conexión con una tubería de transporte de gas de reacción no enfriable (17), en donde la sección de pared exterior (11) se conecta con la pared tubular exterior (3) del tubo de doble pared enfriable (1), en donde se deja un espacio axial (27) entre la sección de pared interior (14) y la pared tubular interior (4) del tubo de doble pared enfriable (1);
 - un miembro de sellado (9) que se configura para sellar el espacio axial (27) entre la sección de pared interior (14) y la pared tubular interior (4) del tubo de doble pared enfriable (1); en donde un borde de la pared tubular interior (4) que acopla con el miembro de sellado (9) comprende un borde al menos parcialmente biselado que incluye un bisel (18) que se acopla con el miembro de sellado (9).
2. Intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el miembro de sellado (9) comprende extremos delgados superpuestos deslizantemente (9a, 9b).
3. Intercambiador de calor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el miembro de sellado (9) comprende un elemento similar a un resorte dispuesto para presionar el miembro de sellado (9) contra el borde al menos parcialmente biselado de la pared tubular interior (4).
4. Intercambiador de calor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el borde de la pared tubular interior (4) está biselado radialmente hacia dentro.
5. Intercambiador de calor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde un borde de la sección de pared interior (14) que se acopla con el miembro de sellado (9) comprende un borde parcialmente biselado que incluye un bisel (19) espaciado radialmente desde, y sustancialmente en paralelo con, el borde al menos parcialmente biselado del lado extremo de la pared tubular interior (4), dondel miembro de sellado (9) acopla preferentemente en una parte sin biselar del borde parcialmente biselado de la sección de pared interior (14) del miembro de conexión tubular (10).
6. Intercambiador de calor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el material de relleno refractario (6, 7) comprende al menos dos sectores (26) de material de relleno refractario (6, 7) separados por al menos dos ranuras (22) que se extienden en un eje axial y una dirección radial, en donde al menos las dos ranuras (22) comprenden preferentemente una capa de papel cerámico (8).
7. Intercambiador de calor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde una capa de papel cerámico (8) está comprendida entre el material de relleno refractario (6) y la sección de pared exterior (11) del miembro de conexión tubular (10).
8. Intercambiador de calor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el material de relleno refractario (6, 7) comprende en una dirección axial al menos dos capas de material de relleno refractario con diferente conductividad térmica, en donde la conductividad térmica de al menos las dos capas de material de relleno refractario disminuye hacia el tubo de doble pared enfriable (1).
9. Intercambiador de calor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la pared tubular exterior (3) del tubo de doble pared enfriable (1) se fabrica al menos parcialmente de manganeso y/o molibdeno.
10. Intercambiador de calor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el tubo de doble pared enfriable (1) comprende una boquilla de entrada de refrigerante (5) dispuesta para permitir que un refrigerante entre en el espacio definido por la pared tubular interior (4) y la pared tubular exterior (3) del tubo de doble pared enfriable (1) en un nivel inferior del tubo de doble pared enfriable (1) cerca del miembro de conexión tubular (10).
11. Intercambiador de calor de acuerdo a la reivindicación 10, en donde la boquilla de entrada de refrigerante (5) está incluida en una caja refrigerante (2) que se extiende entre la pared tubular exterior (3) del tubo de doble pared enfriable (1) y la sección de pared exterior (11) del miembro de conexión tubular (10) y que rodea la pared tubular interior (4) del tubo de doble pared enfriable (1).

- 5
12. Intercambiador de calor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende al menos un deflector (23, 24, 25) dispuesto para guiar un flujo de refrigerante en el espacio que se define por la pared tubular interior (4) y la pared tubular exterior (3) del tubo de doble pared enfriable (1), en donde al menos el deflector (23, 24, 25) se conecta de manera fija preferentemente con un exterior de la pared tubular interior (4) del tubo de doble pared enfriable (1).
13. Intercambiador de calor de acuerdo a al menos las reivindicaciones 10 y 12, en donde al menos el deflector (23, 24, 25) se extiende en una dirección de la boquilla de entrada de refrigerante (5).
- 10 14. Intercambiador de calor de acuerdo a la reivindicación 13, en donde al menos el deflector (23, 24, 25) está descentrado con respecto a un eje central de la boquilla de entrada de refrigerante (5).
- 15 15. Intercambiador de calor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 12-14, que comprende al menos dos deflectores posicionados transversalmente entre sí (23, 24).

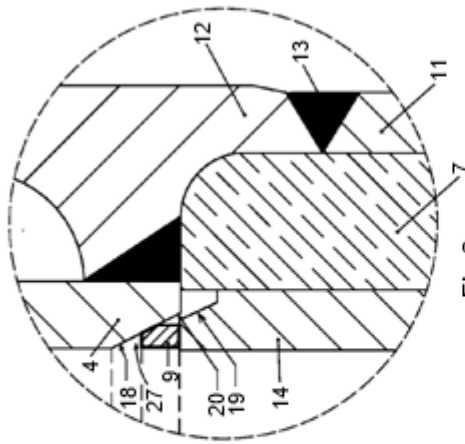


Fig.2

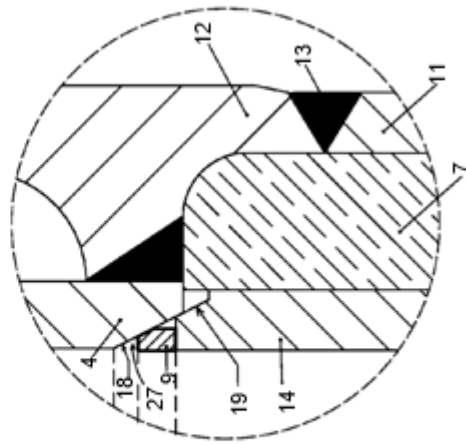


Fig.3

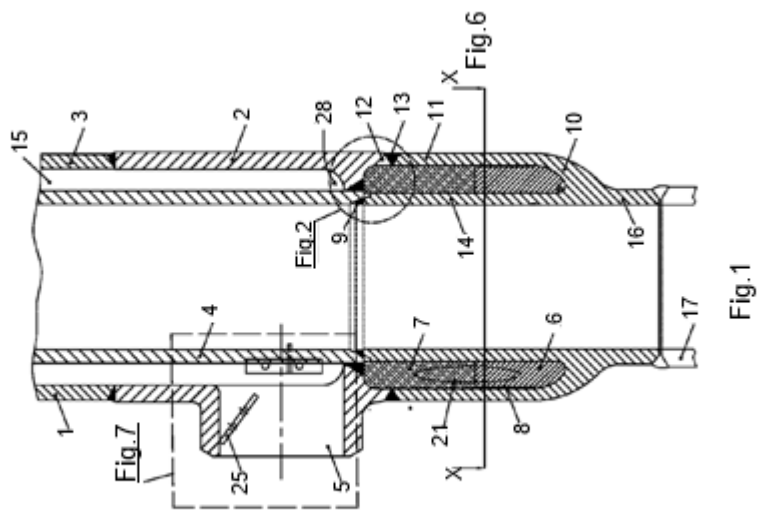


Fig.1

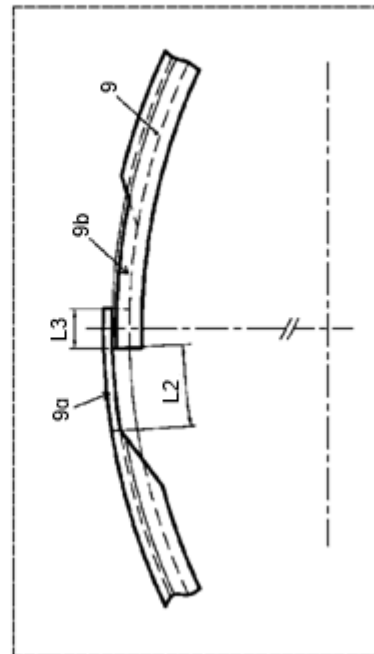
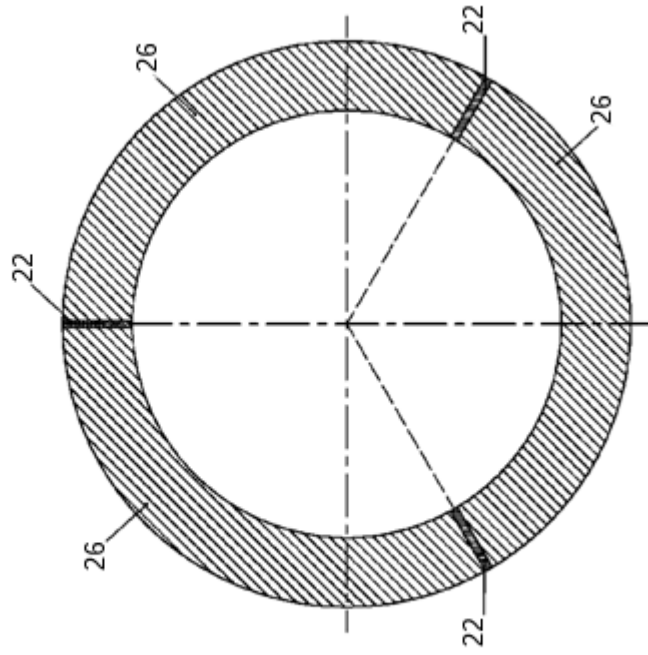
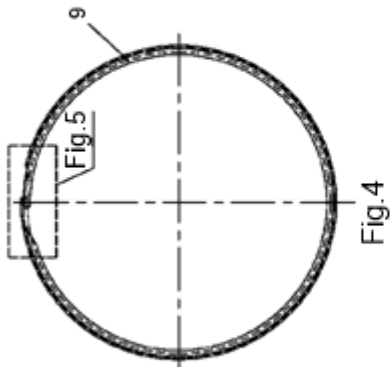


Fig.6

Fig.5

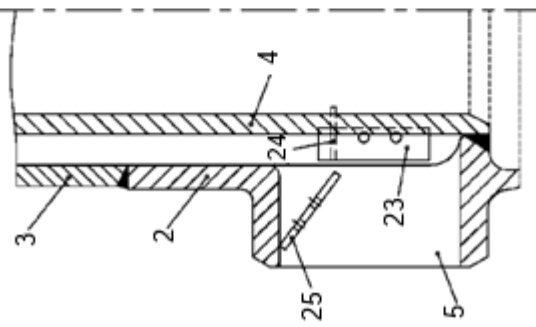


Fig.7

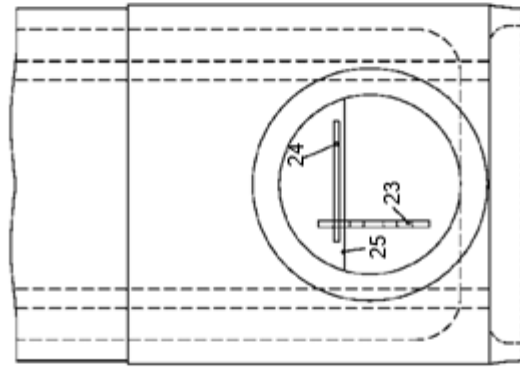


Fig.8

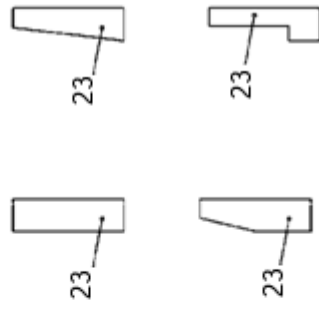


Fig.9