

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 625 929**

51 Int. Cl.:

F22B 1/18 (2006.01)
C10J 3/84 (2006.01)
C10J 3/86 (2006.01)
C10K 1/04 (2006.01)
C10K 1/10 (2006.01)
F22B 21/06 (2006.01)
F28D 7/16 (2006.01)
C10J 3/52 (2006.01)
C10J 3/76 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.10.2006 PCT/US2006/041958**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **18.05.2007 WO07055930**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2006 E 06836565 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.04.2017 EP 1954923**

54 Título: **Refrigerador de gas de síntesis radiante**

30 Prioridad:

03.11.2005 US 733097 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.07.2017

73 Titular/es:

**THE BABCOCK & WILCOX COMPANY (100.0%)
20 S. Van Buren Avenue
Barberton, OH 44203-0351, US**

72 Inventor/es:

**KRAFT, DAVE L.;
ALEXANDER, KIPLIN C.;
FRY, STEVEN R.;
DOYLE, THOMAS E. y
ALBRECHT, MELVIN J.**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 625 929 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

Refrigerador de gas de síntesis radiante

5 Campo y antecedentes de la invención

La presente invención se refiere, en general, al campo de la gasificación del carbón y, en particular, a un refrigerador de gas de síntesis radiante (syngas) para una planta de energía de ciclo combinado de gasificación integrada (IGCC). El refrigerador de gas de síntesis radiante se usa para contener y refrigerar el gas de síntesis producido por un proceso de gasificación de carbón usado en una planta de energía de IGCC.

Las plantas de energía de IGCC alimentadas por combustibles sólidos han tenido tradicionalmente unos costes de capital muy altos y han tenido una menor disponibilidad y fiabilidad de funcionamiento que las tecnologías de combustibles sólidos con las que compiten, tales como los ciclos de Rankine de combustión de carbón pulverizado. Los componentes primarios que se deben mejorar para hacer el IGCC más competitivo incluyen gasificadores sin refrigerar y refrigeradores de gas de síntesis radiantes y convectivos. Los diseños de los refrigeradores de gas de síntesis radiantes tienen una limitación práctica del diámetro exterior total debido a la economía de la contención de recipientes a presión y las limitaciones de tamaño de envío a la mayoría de las ubicaciones de las plantas de energía. Dentro de estos límites para el diámetro de recipiente, existe la necesidad de maximizar la compacidad de la superficie generadora de vapor de transferencia de calor radiante usada para refrigerar el gas para minimizar la altura total del refrigerador de gas de síntesis radiante.

La patente de Estados Unidos N°. 4.768.470 de Ziegler utiliza unos conductos de combustión coaxiales construidos de una superficie de pared generadora de vapor para acortar la altura de refrigerador total. Este diseño proporciona unos conductos separados con circuitos de agua independientes para proporcionar el levantamiento individual, la retirada y la inspección de los conductos internos y externos. Otro enfoque de diseño desarrollado por The Babcock & Wilcox Company ca. 1992, utiliza un único conducto de vapor que genera la superficie de pared con superficies de generación de vapor adicionales ("paredes de ala") suspendidas en el interior del conducto para maximizar el área de superficie y acortar la altura del refrigerador. Otras empresas, tal como GHH Mann emplean diseños similares.

Las soluciones existentes todavía no han reducido el coste de este componente a un nivel competitivo. Las alturas de refrigerador radiante único para refrigerar el gas de síntesis para las plantas de energía que usan las turbinas de gas comercial más grandes pueden superar los 46 m (150 pies) de altura. Algunos diseños de planta han usado dos refrigeradores, reduciendo la altura total pero aumentando aún más los costes. Adicionalmente, se han incluido en los diseños de planta los gasificadores redundantes, los radiadores radiantes y los refrigeradores convectivos para mejorar la disponibilidad operativa de la planta, a un coste sustancialmente más alto.

Las soluciones existentes para los refrigeradores de gas de síntesis convectivos requieren un componente separado del refrigerador radiante, con un conducto de refrigerado que conecta los dos componentes. Los diseños de refrigeradores convectivos incluyen diseños tanto de tubos de agua como de vapor (agua o vapor en el interior de los tubos, gas en el exterior) (Shell Oil Company) y diseños de tubos de fuego (gas en el interior de los tubos, agua en el exterior) (Steinmueller, otros). Ambos diseños requieren un cerramiento de recipiente a presión y un sistema de agua/vapor separados del refrigerador radiante. La turbulencia creada de manera alterna en el conducto de gas y en la entrada al refrigerador convectivo ha creado una fuente de ensuciamiento de ceniza de combustible que puede ser difícil de manejar.

Las soluciones existentes para los gasificadores incluyen unos cerramientos refractarios no refrigerados y refrigerados. Los cerramientos no refrigerados (General Electric, Conoco, otros) han experimentado fallos prematuros y reemplazos frecuentes. La alta disponibilidad con estos diseños requiere normalmente un tren de gasificador de repuesto, y/o encender la turbina de gas con petróleo o gas a un coste más alto durante el tiempo de reparación del gasificador. Los tiempos lentos de calentamiento y refrigerado para los diseños no refrigerados refractarios espesos prolongan el tiempo durante las interrupciones para reparar o reemplazar los refractarios. Los diseños de gasificador refrigerado existentes (Shell Oil Company, Future Energy) utilizan circuitos de generación de agua o vapor separados con un recubrimiento refractario para encerrar y contener los gases del gasificador. Algunos de estos sistemas usan sistemas de agua de refrigerado de baja presión y circulación forzada que rechazan el calor fuera del sistema de vapor/agua de la planta de energía, reduciendo la eficacia. La técnica anterior para contener gases de combustibles sólidos calientes con escoria fundida en un entorno de combustión similar a este entorno usando una superficie de generación de vapor integral con el circuito de refrigeración corriente abajo incluye las calderas Cyclone™ (The Babcock & Wilcox Company).

Por lo tanto, es claro que el desarrollo de un refrigerador de gas de síntesis económico, compacto, fiable y robusto es crítico para el futuro de los sistemas de IGCC a una escala comercial.

El documento US 4.513.694 describe un tanque de radiación vertical para obtener calor a partir de los gases de proceso. Se ha elegido un comportamiento especial de las paredes de tubería de diafragma con el fin de evitar que a

lo largo se solidifique la ceniza barrida. Este documento no enseña ni sugiere, al menos, un medio de placa de sellado dentro de un refrigerador de gas de síntesis para evitar que el gas de síntesis entre en una región entre una carcasa y un conducto del refrigerador de gas de síntesis, comprendiendo el medio de placa de sellado un medio de alivio de presión proporcionado en el medio de placa de sellado para reducir la posibilidad de daño al medio de placa de sellado que podría producirse debido a que una presión en un lado del medio de placa de sellado sea mayor que una presión en un lado opuesto del medio de placa de sellado.

El documento DE 87 08 850 describe un intercambiador de calor para un gas que contiene un sólido y que emite calor, por ejemplo, un gas de síntesis.

Sumario de la invención

Los aspectos específicos y las realizaciones de la invención se exponen en las reivindicaciones independientes y dependientes adjuntas.

Un ejemplo de acuerdo con las presentes enseñanzas se dibuja para un refrigerador de gas de síntesis para extraer calor a partir del gas de síntesis producido por un proceso de gasificación. El refrigerador de gas de síntesis comprende una carcasa que tiene una entrada de gas de síntesis y una salida de gas de síntesis; un conducto refrigerado por fluido contenido dentro de la carcasa para recibir el gas de síntesis; una superficie de transferencia de calor radiante refrigerada por fluido que se extiende parcialmente dentro del conducto para refrigerar el gas de síntesis; y un medio para transportar el gas de síntesis desde el conducto exterior hacia la salida.

Las diversas funciones novedosas que caracterizan la invención se señalan con particularidad en las reivindicaciones anexas y forman una parte de esta descripción. Para una mejor comprensión de la invención, sus ventajas operativas y los beneficios específicos obtenidos por sus usos, se hace referencia a los dibujos adjuntos y a la materia descriptiva en los que se ilustran las realizaciones preferidas de la invención.

Breve descripción de los dibujos

En las figuras:

la figura 1 es una vista en perspectiva exterior de un refrigerador de gas de síntesis radiante y un equipo auxiliar seleccionado de acuerdo con una primera realización de la presente invención;

la figura 2 es una vista en perspectiva exterior de una parte superior del refrigerador de gas de síntesis radiante de la figura 1;

la figura 3 es una vista en perspectiva, parcialmente en sección, del refrigerador de gas de síntesis radiante de la figura 1;

la figura 4 es una vista en perspectiva, parcialmente en sección, de una parte superior del refrigerador de gas de síntesis radiante de la figura 3;

la figura 5 es una vista en perspectiva, parcialmente en sección, de una parte inferior del refrigerador de gas de síntesis radiante de la figura 3;

la figura 6 es una vista lateral en sección de una primera realización del refrigerador de gas de síntesis radiante de acuerdo con la presente invención;

la figura 7 es una vista en sección de la figura 6 vista en la dirección de las flechas 7 - 7 de la figura 6;

la figura 8 es una vista en sección de la figura 6 vista en la dirección de las flechas 8 - 8 de la figura 6;

la figura 9 es una vista en sección de la figura 6 vista en la dirección de las flechas 9 - 9 de la figura 6;

la figura 10 es una vista lateral en sección parcial de una segunda realización de un refrigerador de gas de síntesis radiante que ilustra la colocación de la superficie de transferencia de calor por convección en una parte inferior del refrigerador de gas de síntesis radiante de acuerdo con la presente invención;

la figura 11 es una ilustración de una primera realización de un medio de alivio de presión que comprende un conjunto de amortiguador de alivio utilizable en conexión con el refrigerador de gas de síntesis radiante de acuerdo con la presente invención;

la figura 12 es una ilustración de una segunda realización de un medio de alivio de presión que comprende un conjunto de amortiguador de alivio utilizable en conexión con el refrigerador de gas de síntesis radiante de acuerdo con la presente invención;

la figura 13 es una vista lateral en sección parcial de una parte superior de un refrigerador de gas de síntesis radiante que emplea una realización alternativa para la entrada de gas de síntesis de acuerdo con la presente invención; y

la figura 14 es una vista lateral en sección parcial de una parte superior de un refrigerador de gas de síntesis radiante que emplea una realización alternativa para la superficie de transferencia de calor radiante utilizable en conexión con el refrigerador de gas de síntesis radiante de acuerdo con la presente invención.

Descripción de las realizaciones preferidas

Antes de proporcionar una descripción de las realizaciones preferidas de la presente invención, se proporcionará una breve exposición de los diversos factores y criterios de diseño del refrigerador de gas de síntesis radiante adecuado.

La función principal de un refrigerador de gas de síntesis radiante es refrigerar el gas de síntesis caliente producido por un proceso de gasificación. Un diseño robusto y rentable es necesario. Determinar la cantidad apropiada de superficie de transferencia de calor es, por lo tanto, una primera etapa importante debido a que es el principal impulsor para toda la configuración del producto. Dado que el gas de síntesis suministrado al refrigerador de gas de síntesis está a temperaturas extremadamente altas, los fenómenos de transferencia de calor de radiación predominan para una parte significativa del refrigerador de gas de síntesis, pero los efectos de transferencia de calor convectivo no pueden ser ignorados, especialmente a medida que el gas de síntesis se refrigera a temperaturas más bajas.

Métodos de transferencia de calor - Determinar la absorción de calor por las partes de presión vapor - agua es el único criterio más importante para el éxito operativo. La caída de temperatura del gas a través del refrigerador de gas de síntesis está directamente relacionada con el flujo de vapor. La absorción de calor está relacionada con las propiedades del gas de síntesis a alta presión (con la emisividad, en particular), los sólidos arrastrados y la disposición y la limpieza de la superficie.

Características únicas del de gas de síntesis del gasificador - Los productos de la combustión en un sistema de gasificación son significativamente diferentes de los producidos por las calderas normales que funcionan a presión atmosférica y que usan el aire como oxidante. Estas diferencias se producen debido a que:

- la combustión es gravemente incompleta; aproximadamente un 0,4 de estequiometría;
- se arrastrarán grandes cantidades de sólidos (ceniza, carbón);
- la presión de funcionamiento del horno es alta; y
- el combustible oxidante es oxígeno puro frente al aire.

Por lo tanto, los gases de síntesis formados tienen en gran medida unas propiedades diferentes de los gases de conducto de caldera normales. Los gases de síntesis tienen altos contenidos en monóxido de carbono, hidrógeno y sólidos arrastrados, y bajos contenidos en nitrógeno y oxígeno. Están presentes cantidades no despreciables de sulfuro de hidrógeno, lo que es importante para consideraciones de corrosión. La densidad de gas de síntesis es relativamente alta debido a la elevada presión de funcionamiento del lado del gas. El peso molecular del gas de síntesis es relativamente bajo debido al alto contenido de hidrógeno. Tomado en conjunto, el efecto neto es que los gases de síntesis producidos tienen unas propiedades de fluido (calor específico, entalpía, conductividad térmica, densidad y emisividad) que difieren notablemente del gas de conducto de caldera normal.

Como resultado de estas propiedades de fluido diferentes, el procedimiento de cálculo de rendimiento térmico para los gases de síntesis se desvía de una caldera de presión atmosférica en cuatro áreas principales, de la siguiente manera:

1. La tasa de transferencia de calor convectivo aumenta de un 40 a un 70 %.
2. La tasa de transferencia de calor de radiación aumenta.
3. La pérdida de aspiración del lado del gas es diferente.
4. La respuesta de temperatura a una BTU de transferencia de calor es menor.

El calor específico y el contenido de calor aumenta, específicamente debido al gran contenido de hidrógeno (el hidrógeno tiene un calor específico de aproximadamente 8,23 kJ/kg (3,54 BTU/lb -F) a 538 °C (1000 F)).

De estas cuatro áreas, la transferencia de calor radiante y los efectos de los sólidos arrastrados son los más significativos en la superficie de fijación en el refrigerador de gas de síntesis radiante. Además, el entorno altamente reductor reduce las temperaturas del punto de fusión de las cenizas en comparación con la combustión oxidada y esto puede afectar a la extensión de la escoria que cubre las paredes del cerramiento.

Propiedades radiativas de las mezclas partículas-gas - La predicción de las propiedades radiativas de las mezclas de partículas y de gas es un etapa compleja pero esencial en el diseño de un refrigerador de gas de síntesis radiante. Se requieren unos programas informáticos propietarios. Estos incluyen programas tales como el programa informático RPGT para predecir las propiedades del gas basándose en el modelo de banda ancha exponencial de la Universidad de Iowa y el programa informático MIE de 1MB Corporación que se basa en la Teoría de Mie y que puede usarse para predecir las propiedades de partículas espectrales. Otro programa informático propietario denominado programa Radiative Properties of Part-Gas Mixtures (RPPGM) permite un acceso rápido y eficiente a las propiedades de los gases radiativos e implementa los resultados del programa informático MIE para las propiedades de las partículas.

El programa RPPGM puede usarse junto con otro programa de transferencia de calor para predecir la absorción total del horno o del refrigerador. El RPPGM predice las propiedades de radiación para mezclas determinadas de partículas y gases. Tradicionalmente, no se aplica la definición de emisividad cuando un medio se dispersa parcialmente. La intensidad radiativa a lo largo de una trayectoria ya no es una función de la longitud, sino que también depende de la radiación dispersada desde y hacia la dirección de la trayectoria. Sin embargo, para condiciones ideales, se ha definido una emisividad efectiva (ajustada) y se usa en el RPPGM, que intenta incluir la dispersión de partículas. La suposición usada para evaluar la emisividad efectiva es válida para un medio de moderadamente espeso ($\beta L = 1$) a ópticamente delgado ($\beta L \rightarrow 0$), para el equilibrio radiativo o para los casos en los que la dispersión es pequeña. En este caso, β es el coeficiente de extinción y L es la longitud del haz.

Para el medio ópticamente espeso normalmente encontrado en aplicaciones de gasificador ($\beta = 5$ a 70), los métodos de tipo zona, que usan la emisividad para calcular la transferencia de calor por radiación, no son adecuados para calcular los efectos de la dispersión de partículas. Los métodos de tipo flujo o los métodos de trazado de rayos son entonces necesarios para cuantificar con exactitud la transferencia radiativa. El método de ordenadas discretas es uno de tales enfoques, que se usa en el programa informático propietario Computational fluid dynamics (CFO) de la compañía The Babcock & Wilcox (B&W's), COMO™. Este método usa la absorción radiativa y los coeficientes de dispersión en lugar de la emisividad para la transferencia radiativa gas-sólido. Estos coeficientes se calculan también por el programa RPPGM y son más confiables para el medio ópticamente espeso.

Las estimaciones iniciales de la cantidad necesaria de superficie de transferencia de calor y las predicciones del rendimiento de la superficie de transferencia de calor pueden aproximarse usando un método de emisividad ajustada. Sin embargo, los requisitos finales de superficie de transferencia de calor deberían basarse en técnicas de modelado de CFD y en programas tales como el COMO™.

Modelado de CFD del refrigerador de gas de síntesis radiante – Los modelos de CFD se basan normalmente en una descripción fundamental de diversos procesos de interacción de un flujo turbulento, una reacción química, y una transferencia de calor. El programa informático COMO™ de B&W fue desarrollado específicamente para el diseño y la evaluación de los sistemas de combustión (calderas, hornos y quemadores), y se ha usado anteriormente en el diseño de gasificadores de flujo arrastrado de alta presión, oxigenados y aireados. El modelo COMO™ se usa para predecir el rendimiento de transferencia de calor del lado del gas del refrigerador de gas de síntesis radiante. La combustión del carbón se simula con modelos avanzados para la desvolatilización del carbón y la oxidación y la gasificación del carbón. El flujo de partículas se predice usando una combinación de métodos numéricos (Lagrangian para partículas grandes, Eulerian para partículas pequeñas) para predecir la aerodinámica de las partículas, la dispersión turbulenta y la deposición en las superficies del intercambiador de calor. La transferencia de calor por radiación se resuelve en combinación con el flujo turbulento, la energía y la combustión. Por lo tanto, las predicciones del flujo de partículas-gas, la temperatura y el flujo de calor están disponibles para el diseño del refrigerador de gas de síntesis radiante.

La modelización numérica es el enfoque más preciso para predecir la transferencia de radiación en un medio densamente absorbente y dispersante que es ubicua en los sistemas de combustión y gasificación del carbón. El modelo COMO™ usa el método de ordenadas discretas para el análisis numérico de la radiación en los sistemas de combustión, e incorpora la descripción geométrica compleja del combustor (cerramiento de refrigeración y paredes de división). Las ordenadas discretas fueron desarrolladas y optimizadas para la radiación térmica en geometrías multidimensionales por el trabajo pionero en B&W. Desde entonces, ha ganado en popularidad, y ahora se usan en muchos otros códigos CFD comerciales. La solución numérica para la radiación conduce a la distribución de la intensidad radiante y del flujo de calor radiante para un campo de temperatura dado. La solución está acoplada a ecuaciones para la conservación de energía, y las relaciones de temperatura y las propiedades termodinámicas de los gases y las partículas. Las temperaturas de la pared se determinan a partir de un equilibrio energético para la transferencia de calor por convección y radiación a la superficie, la transferencia de masa y la conducción de calor a través de las superficies refrigeradas por agua cubiertas por depósitos. Una solución numérica para la radiación, la energía del gas y las partículas, las temperaturas del gas y las partículas, y la temperatura de la pared, producirá finalmente una solución convergente en la que se consigue un equilibrio energético global.

Los gases de combustión y partículas arrastradas tienen un papel importante en la transferencia de calor de radiación, ya que absorben, emiten, y dispersan la radiación. Las propiedades de radiación de los gases se predicen con precisión basándose en los modelos fundamentales para la radiación de gas espectral. El modelo de banda ancha exponencial se usa para calcular las propiedades de absorción y de emisión espectrales de mezclas de gases con H_2O , CO_2 , CO , CH_4 , NO y SO_2 , y los gases no participantes N_2 , O_2 y H_2 . La teoría de Mie es un método general para calcular las propiedades de radiación de partículas esféricas como una función de la composición, la concentración, el diámetro y la longitud de onda de las partículas. Estos métodos requieren estimaciones o mediciones confiables de la composición, la concentración y la distribución del tamaño de partículas de las partículas arrastradas (carbonilla, ceniza y hollín) que entran en el reactor. Las propiedades de radiación de los gases y las partículas se combinan y se expresan convenientemente como eficacias totales de emisión, absorción y dispersión que dependen de las variaciones locales en la composición de gas-partícula, la temperatura y la presión. Estas propiedades se incorporan al método numérico para la transferencia de calor por radiación. Cuando están

implicadas otras partículas distintas del hollín, específicamente para la carga de partículas densas que se espera en el refrigerador de gas de síntesis radiante, los efectos de la dispersión no pueden descuidarse. Los métodos numéricos que resuelven la forma general de la ecuación de transporte radiativo incluyen los efectos tanto de la dispersión como de la absorción.

5 La emisividad y las propiedades térmicas de los depósitos de ceniza también tienen un gran efecto sobre la transferencia de calor. La emisividad depende de la temperatura, la composición química, la estructura y la porosidad de la capa de depósito, y si los depósitos están parcialmente fusionados o fundidos. Los efectos térmicos y radiativos de los depósitos de ceniza-carbón pueden incluirse en el modelo COMOTM basándose en una
10 combinación de mediciones experimentales y experiencias con el rendimiento de transferencia de calor de la caldera. Debido a que los métodos para predecir los efectos de la escoria que se acumula en las superficies de transferencia de calor son parcialmente empíricos, deberían calibrarse con mediciones de campo del rendimiento del refrigerador de gas de síntesis radiante en las unidades de refrigerador de gas de síntesis radiante.

15 Configuración de la superficie de transferencia de calor - Como se ha descrito anteriormente, puede usarse un método de emisividad ajustada para determinar los coeficientes de transferencia de calor de radiación de gas y los factores de ensuciamiento de la superficie empírica para calcular la cantidad necesaria de superficie. La limpieza de la superficie juega un papel extremadamente importante en la determinación del calor absorbido, y puede ser difícil de predecir. Los factores de ensuciamiento se basan normalmente en valores empíricos determinados a partir de la
20 experiencia con combustibles, condiciones de funcionamiento y disposición superficial. La superficie se ajusta para absorber la entrada de calor especificada proporcionada por el gas de síntesis que se suministra al refrigerador de gas de síntesis radiante en condiciones normales de funcionamiento. El medio de transferencia de calor es el agua. El agua recibe el calor del gas de síntesis y, basándose en una temperatura de agua de alimentación asumida y en una entrada de calor dada, generará un flujo de vapor de acuerdo con los principios termodinámicos conocidos.

25 El diseño de la superficie de transferencia de calor debería basarse en conseguir la absorción necesaria sin el uso de sopladores de hollín para limpiar la superficie de transferencia de calor de los depósitos que se acumulan durante el funcionamiento. Basándose en la experiencia con las unidades de gasificación actuales, se consigue una tasa de equilibrio de ensuciamiento y absorción a lo largo del tiempo. Los presentes inventores han observado que tales
30 condiciones de equilibrio también se consiguen en calderas industriales y de uso general que consumen combustibles similares, y el rendimiento de tales calderas es bastante manejable. La experiencia indica que debido a la acumulación de escoria en los sopladores de hollín durante el servicio, la penetración de gases corrosivos, y la descomposición de los sistemas de sellado en la corriente de gas, los sopladores de hollín desmontables son inaceptables desde un punto de vista práctico de mantenimiento y de disponibilidad. Los sopladores de pared que no sobresalen en la corriente de gas son eficaces para las paredes pero no se usan normalmente para soplar hacia
35 fuera sobre una superficie como las paredes de división, donde se produce la mayor parte de la escoria. El uso de este tipo de soplador sin acceso a través de la pared del recipiente ayudaría a resolver algunos problemas. Sin embargo, se requeriría una tubería extensa en la corona circular inaccesible y esta tubería seguiría siendo propensa al ataque de productos corrosivos.

40 Para establecer unos factores de ensuciamiento creíbles, pueden realizarse unos cálculos de referencia a partir de la información a disposición del público en el rendimiento de los refrigeradores de gas de síntesis radiantes actuales. Es bien sabido, que el rendimiento de transferencia de calor de estos refrigeradores de gas de síntesis radiantes existentes ha sido mucho mejor de lo esperado, debido en gran parte a un ensuciamiento superficial inferior al
45 esperado. La configuración de la superficie puede modelarse y los factores de ensuciamiento de la superficie se calculan de nuevo para que coincidan con el rendimiento; sin embargo, para las condiciones de combustión de carbón a plena carga, las temperaturas de salida del refrigerador radiante relativamente bajas han dado como resultado unos factores de ensuciamiento relativamente "limpios" cuando se comparan con la experiencia de los presentes inventores con calderas industriales y de uso general. La experiencia reciente con las mezclas de carbón y de coque de petróleo en estas unidades, indica unos factores de ensuciamiento "más sucios" que los alcanzados durante la combustión de "solo carbón". Por lo tanto, se apreciará que la selección de los factores de ensuciamiento apropiados debe realizarse basándose en los combustibles que se van a quemar y, si están disponibles, datos de campo reales.

55 Ya que la fabricación del recipiente de refrigerador de gas de síntesis radiante se producirá normalmente fuera de las instalaciones, el diámetro exterior del recipiente se establece normalmente para adaptarse a un máximo de limitaciones de envío. Al expandir el cerramiento del tubo cerca de la pared exterior del recipiente a presión y maximizar el uso de la superficie de pared de división interna, puede obtenerse un diseño eficiente. A continuación, se establece la altura del refrigerador de gas de síntesis radiante usando los factores de ensuciamiento de superficie apropiados (como se ha descrito anteriormente) y a continuación se resuelven las ecuaciones para determinar la
60 cantidad de superficie de transferencia de calor que absorberá la cantidad de calor necesaria para alcanzar una temperatura de gas de síntesis de salida deseada. La temperatura del gas de síntesis disminuye de manera no lineal con la distancia desde la entrada del refrigerador de gas de síntesis radiante. Puede esperarse una fuerza motriz de transferencia de calor de radiación decreciente en la salida del refrigerador, donde se necesitaría una altura adicional del refrigerador de gas de síntesis radiante para lograr solo unas reducciones extremadamente modestas
65

5 en la temperatura del gas de síntesis (por ejemplo, para una disposición dada, una altura del refrigerador de gas de síntesis radiante adicional de 3,04 metros (diez pies) puede ser capaz de lograr solo una reducción adicional de 10 °C (50 F) de la temperatura del gas de síntesis). Unos aumentos en los factores de ensuciamiento de la superficie cambiarían esta relación aún más, y por lo tanto una suposición más conservadora sobre el ensuciamiento requiere la adición de altura y costes sustanciales. Puede hacerse un suministro para la adición de campo de la superficie de contingencia, pero esto proporciona una cobertura limitada debido a la disminución de la efectividad con la altura. Es evidente que la instalación de una superficie más eficaz puede conseguir un recipiente proporcionalmente más corto.

10 Haciendo referencia a los dibujos en general, en los que los números de referencia similares designan los mismos o funcionalmente similares elementos en los diferentes dibujos, y a las figuras 1 y 2 en particular, se muestran unas vistas en perspectiva de una primera realización de un refrigerador de gas de síntesis radiante (RSC), designado en general como 10, de acuerdo con la presente invención. El RSC 10 es normalmente un recipiente cilíndrico que tiene su eje longitudinal orientado verticalmente. El RSC 10 está provisto de un gas de síntesis caliente 12 procedente de un gasificador (mostrado en línea de trazos en la figura 1 y omitido para mayor claridad en la figura 2) en una entrada de gas de síntesis 14 proporcionada en la parte superior del RSC 10. El RSC 10 está provisto de unos soportes S que transmiten la carga del RSC 10 al acero de soporte adyacente (no mostrado). Como se describe más adelante, el RSC 10 extrae el calor del gas de síntesis 12 por medio de unas superficies refrigeradas por fluido localizadas dentro del RSC 10. Estas superficies refrigeradas por fluido están constituidas por tubos y el fluido de trabajo dentro de los tubos puede ser agua, vapor o una mezcla de los mismos. Un colector de vapor 16 se proporciona adyacente a la parte superior del RSC 10 y está en comunicación fluidica con las superficies refrigeradas por fluido dentro del RSC 10. Más específicamente, las tuberías grandes conocidas como bajantes 18 están conectadas de manera fluida a la parte inferior del colector 16 y transportan agua subrefrigerada desde el colector 16 a las superficies refrigeradas por fluido dentro del RSC 10. El calor extraído del gas de síntesis 12 hace que el agua en las superficies refrigeradas por fluido se convierta en vapor. La circulación se establece a través de la diferencia de densidad del fluido entre las bajantes 18 y las superficies calentadas refrigeradas por fluido, induciendo de este modo el proceso de circulación natural bien conocido por los expertos en la materia. En otras palabras, el conducto refrigerado por fluido y las superficies de transferencia de calor radiante dentro del RSC 10 están diseñados de tal manera que el calor extraído del gas de síntesis 12 durante el funcionamiento normal del refrigerador de gas de síntesis 10 es suficiente para inducir la circulación natural a través del conducto refrigerado por fluido y las superficies de transferencia de calor radiante.

20 La mezcla de agua/vapor de menor densidad se transporta a través de las superficies refrigeradas por fluido y a continuación fuera del RSC 10 a través de unos tubos verticales 20 de nuevo al colector de vapor 16. Los dispositivos de separación de vapor/agua convencionales (no mostrados) dentro del colector de vapor 16 se usan para separar el agua del vapor. El vapor saturado sale de las conexiones de salida de vapor saturadas 22 en la parte superior del colector 16. El agua separada se mezcla con el agua de alimentación entrante suministrado a través de una conexión de agua de alimentación 24 y se repite el proceso.

25 Una divulgación completa de los colectores de vapor específicamente y de las calderas en general, puede encontrarse en "Steam /its generation and use", 41ª Ed., Kitto y Stultz, Eds., © 2005 The Babcock & Wilcox Company, cuyo texto pueden ser de interés para el lector experto.

30 Haciendo referencia a las figuras 3, 4 y 5, se muestran unas vistas en perspectiva, parcialmente en sección, del RSC 10 de la figura 1. El gas 12 entra en un conducto o región de cerramiento 26 proporcionada dentro del RSC 10. El conducto 26 está definido por una pared de cerramiento 28, preferentemente aproximadamente de forma cilíndrica, y comprende normalmente unos tubos refrigerados por fluido que transportan un fluido de trabajo que puede ser agua, vapor o una mezcla de los mismos como se ha indicado anteriormente, además de los tubos refrigerados por fluido que forman la pared de cerramiento 28, el conducto 26 está provisto también de una pluralidad de superficies de pared de división radiantes y refrigeradas por fluido 30 que están suspendidas internamente dentro del RSC 10 de tal manera que una parte significativa de las superficies de pared de división 30 están expuestas al gas de síntesis entrante 12, calentando de este modo el fluido de trabajo (de nuevo, agua, vapor o una mezcla de los mismos) transportado a través de las paredes de división 30.

35 Las paredes de división 30 se construyen, en general, como un banco plano de tubos proporcionados adyacentes uno junto a otro, y puede estar provisto de colectores o cabezales de entrada y de salida 32 que distribuyen o recogen el fluido de trabajo transportado a través de las paredes de división 30. El número y la disposición de las paredes de división 30 proporcionadas estarían determinados por los requisitos de transferencia de calor y refrigeración como se ha descrito anteriormente. Por lo tanto, mientras que las figuras 3, 4 y 5 pueden sugerir una disposición de 12 paredes de división 30, dispuestas alrededor del eje longitudinal vertical del RSC 10, puede proporcionarse un número mayor o menor de paredes de división 30 para adaptarse a los requisitos específicos de transferencia de calor y de refrigeración.

40 A medida que el gas de síntesis caliente 12 fluye hacia abajo a través del conducto 26, se refrigera por la pared de cerramiento 28 y las paredes de división 30, y en una parte inferior 52 del RSC 10 se proporciona el gas de síntesis 12 a una región de baño de agua 34 y a continuación gira hacia arriba sustancialmente 180 grados y se transporta a

una región de salida de gas de síntesis 36 antes de que se transporte fuera del RSC 10 a través de la salida de gas de síntesis 38.

5 Haciendo referencia ahora a las figuras 6, 7, 8 y 9 se muestra una primera realización del RSC 10 de acuerdo con la presente invención. Como se muestra, el gas de síntesis caliente 12 entra a través de la entrada de gas de síntesis 14 localizada en una parte superior del RSC 10. El gas de síntesis caliente 12 se transporta hacia abajo a través del conducto 26 donde las paredes de encerramiento de conducto 28 y las paredes de superficie (división) de transferencia de calor 30 extraen el calor del gas 12, reduciendo la temperatura de este último. La parte inferior del conducto 26 está provista de un medio de tolva 46, preferentemente de sección transversal troncocónica y que tiene una garganta 48. El medio de tolva 46 recoge las partículas de escoria y dirige el gas de síntesis caliente 12 hacia abajo hacia la región de baño de agua 34 en la parte inferior 52 del RSC 10. La región de baño de agua 34 se llena normalmente de agua durante el funcionamiento y sirve para templar y humidificar el gas de síntesis caliente 12 antes de que salga del RSC 10 a través de la salida de gas de síntesis 38. La región de baño de agua 34 es también para recibir y refrigerar los sólidos arrastrados en el gas de síntesis 12 y está provista de una salida de sólidos 54 para retirar los sólidos del RSC 10.

También se proporciona un medio para transportar el gas de síntesis 12 desde el medio de tolva 46 a la región de baño de agua 34, de manera ventajosa en la forma de un medio de tubo de inmersión 56 que se extiende desde la garganta 48 del medio de tolva 46 a la región de baño de agua 34. El extremo inferior o de salida 58 del medio de tubo de inmersión 56 está localizado próximo a la región de baño de agua 34 y está preferentemente por debajo de la superficie de un nivel de agua establecido en la región de baño de agua 34 durante el funcionamiento del RSC10.

Se proporciona el templado del gas de síntesis 12, modelado en los sistemas tradicionales de templado completo. De este modo, se proporciona un medio para crear un pasadizo 60 para transportar el gas de síntesis 12 desde el extremo de salida 58 del medio de tubo de inmersión 56 hacia la salida de gas de síntesis 38. Ventajosamente, la estructura comprende un medio de tubo de aspiración 62 localizado alrededor del medio de tubo de inmersión 56 y ya que ambas estructuras son normalmente (aunque no siempre) cilíndricas, el pasadizo 60 es normalmente un pasadizo anular 60. El medio de tubo de inmersión 56 y el medio de tubo de aspiración 62 están sumergidos en un baño de agua de nivel controlado durante el funcionamiento que enfría y satura el gas de síntesis en bruto 12 en la parte inferior del RSC 10 y proporciona un baño de agua para refrigerar y retener la escoria. Además, un enfoque templado de baño sumergido e interno crea un nuevo requisito de sellado de gas único en comparación con las unidades existentes para mitigar la corrosión de la carcasa de recipiente y para mantener la integridad de la pared de cerramiento de conducto 28 durante los transitorios de presión.

35 Con el fin de evitar que el gas de síntesis caliente y corrosivo 12 llegue "detrás" de las paredes de cerramiento de conducto 28, se proporciona el medio de placa de sello 64 dentro del RSC 10 para evitar que el gas de síntesis 12 entre en una corona circular 42 entre la carcasa de recipiente 44 y las paredes de cerramiento de conducto 28. El medio de placa de sello 64 se extiende normalmente entre la carcasa 44 y el medio para transportar el gas de síntesis 12 desde el medio de tolva 46 hasta la región de baño de agua 34 (es decir, entre la carcasa 44 y el medio de tubo de inmersión 56). Juntos, la carcasa 44 y el medio de placa de sello 64 definen parcialmente la región de salida de gas de síntesis 36. Como se ha descrito anteriormente, la región de salida de gas de síntesis 36 transporta el gas de síntesis 12 desde la región de baño de agua 34 hasta la salida de gas de síntesis 38.

45 El medio de junta de expansión 66 se proporciona para adaptar el movimiento relativo entre el medio de placa de sello 64 y el medio de tolva 46. También se proporcionan el medio de junta de expansión 50 para adaptar el movimiento relativo entre la carcasa 44 y al menos una de las paredes de cerramiento de conducto de fluido refrigerado 28 y la superficie de transferencia de calor radiante de fluido refrigerado 30.

50 El gas de síntesis caliente está todavía a una temperatura elevada tras salir de la región de garganta 48 del medio de tolva 46, normalmente en el intervalo de 680 °C (1250 F). Con el fin de refrigerar y humidificar el gas de síntesis caliente 12, se proporciona el medio de templado 68, ventajosamente en la forma de al menos un único anillo de templado 68, para inyectar un fluido (por ejemplo, agua) en el gas de síntesis 12. Durante el funcionamiento del RSC 10, el gas de síntesis caliente 12 entra en el tubo de inmersión 56 donde se temple parcialmente y la temperatura se reduce desde una temperatura típica de 680 °C (1250 F) a una temperatura inferior en el intervalo de aproximadamente 510 °C (950 F). Pueden emplearse elevaciones de nivel de rociado de templado individuales o múltiples 68.

60 Como se muestra en la figura 10, se divulga una segunda realización del RSC 10 de acuerdo con la presente invención, y que consiste en la colocación de la superficie de transferencia de calor por convección 70 adyacente al medio de tubo de inmersión 56 con el fin de extraer el calor adicional del gas de síntesis 12 antes de transportar el gas de síntesis 12 a través de la salida de gas de síntesis 38. Ventajosamente, la superficie de transferencia de calor por convección 70 comprende uno o más bancos de tubos dispuestos de tal manera que el gas de síntesis 12 fluye sobre el exterior de los tubos. Esta superficie de calentamiento por convección 70 puede ser agua o vapor refrigerado. Los bancos de la superficie de calentamiento por convección 70 pueden proporcionarse en cualquier lugar alrededor del perímetro del medio de tubo de inmersión 56 y los tubos pueden estar en cualquier orientación.

La superficie de calentamiento por convección 70 puede emplear el mismo circuito fluídico (un enfoque de refrigeración integrada) como se emplea en la superficie de generación de vapor que comprende las paredes de conducto 28 y las superficies de transferencia de calor radiante 30, eliminando de este modo la necesidad de un sistema de refrigeración independiente. Como alternativa, puede emplearse un circuito de fluido independiente para la superficie de calentamiento por convección 70. El objetivo principal es transferir calor desde el gas de síntesis 12, de tal manera que la ceniza tenga una tendencia reducida a pegarse en los tubos y provocar su deposición y taponamiento. Con un sistema de templado de pulverización directa 68 corriente arriba en el medio de tubo de inmersión 56, la temperatura del gas de síntesis 12 puede reducirse en la parte inferior del RSC 10 por debajo de los niveles donde el taponamiento de la entrada de refrigerador por convección ha sido tradicionalmente problemático. El sistema de templado 68 también puede diseñarse para promover la expulsión de sólidos. La colocación de la superficie en esta región para satisfacer la absorción del calor especificado reduce el coste y el riesgo de la superficie de transferencia de calor. El desplazamiento de un 15 % - 20 % del deber de transferencia de calor radiante especificada podría reducir la superficie radiante y la altura del recipiente tanto como un 40 %. La superficie convectiva 70 sería refrigerada por vapor-agua, y compacta y rentable en el intervalo de temperatura requerido de aproximadamente 370 °C (700 F) a 540 °C (1000 F). Una absorción de calor adicional más allá de la que normalmente se considera alcanzable en un refrigerador radiante puede ser factible, mejorando la eficacia global de la planta. La superficie convectiva 70 también actúa como un amortiguador frente a oscilaciones en la temperatura del gas de salida 12 del RSC 10, reduciendo la sensibilidad del diseño para el ensuciamiento de superficie en el RSC 10.

Construcción de la pared del tubo y temperaturas del metal - En una realización preferida, los tubos que forman la pared de cerramiento 28 son de una construcción de membrana con tubos de OD de 5 cm (2") de espesor de pared relativamente delgada y separación estrecha. El diámetro del tubo y la separación se establecen basándose en las temperaturas máximas del metal para evitar la corrosión de un material de alto contenido de aleación de cromo/níquel, que tiene una conductividad térmica de aproximadamente un tercio que la del acero al carbono. La conductividad muy reducida da lugar a altas temperaturas de los tubos de OD y de la membrana. La tasa de absorción de punto de desajuste se establece en 31700 W/m² (100000 BTU/ft²hr) basándose en una tasa de absorción esperada media en la zona de temperatura más alta de 21600 W/m² (68000 BTU/ft²hr). Para un tubo de 5 cm (2") de diámetro que funciona a una presión de vapor relativamente alta, las temperaturas máximas de tubo y de membrana exterior se aproximan a 430 °C (800 F). La anchura de la membrana elegida es un mínimo que puede fabricarse con una técnica de soldadura de membranas convencional. Se desea que las temperaturas del tubo de ID y de saturación de agua sean mayores que las de las unidades existentes para mejorar la eficacia del ciclo de vapor. Ampliando la escala de presión de funcionamiento del vapor de la unidad existente se aumenta el margen de protección contra la corrosión basado en la minimización de la temperatura del tubo.

El diseño de las paredes de división 30 incorpora preferentemente una construcción de tubo suelto con cada panel de aproximadamente 0,91 m (3 pies) de ancho usando tubos de OD de 5 cm (2"). Hay un pequeño espacio entre la pared de cerramiento de tubo 28 y las paredes de división 30. Las paredes de división 30 reciben calor en dos lados y la absorción es por lo tanto el doble que la de la pared de cerramiento de tubo 28. La temperatura máxima del tubo de OD no se ve afectada significativamente por la absorción más alta y es similar a los tubos de la pared de cerramiento 28. En anchuras de membrana mínimas, la temperatura de membrana es inaceptablemente alta al recibir calor en los dos lados. También puede considerarse una construcción de tubo tangente y una soldadura completa entre los tubos para formar un panel de tubos tangente, así como una soldadura de longitud completa de la pared de división 30 con la pared de cerramiento 28.

Diseño del sistema de circulación - El sistema de circulación debe adaptarse a las tasas de rampa rápida de entrada de calor durante el arranque. El diámetro y la longitud del colector de vapor 16 se establecen basándose en los requisitos de flujo de vapor y de hinchado de colector. Una vez que se ajustan los tamaños y las cantidades de tubos de la pared de cerramiento de tubo 28 de conducto 26 y de la pared de división 30 por la disposición de la superficie, se calculan las zonas de flujo de agua, se establece una relación de circulación y se ajustan los tamaños de conexión para proporcionar la velocidad del agua aceptable, el porcentaje de cabezal de agua saturada, el tope de calidad y la estabilidad del vapor en todos los circuitos. Se prefiere la circulación natural debido a su capacidad de auto-regulación y sus costes de funcionamiento reducidos ya que no hay bombas que operar y mantener. Sin embargo, como se observará en la figura 2, se considera la posibilidad de emplear unas bombas de circulación 40. Además, en determinadas circunstancias, puede haber una necesidad de una bomba de circulación más pequeña para la puesta en marcha cuando está apagado y aislado y cuando la entrada de calor es constante. Durante la puesta en marcha, se introduce el vapor desde una fuente externa en el colector de vapor para elevar la presión y la temperatura de las partes de presión durante el aumento de temperatura del gasificador. Una vez que la temperatura del gasificador es suficiente para encender el carbón, es necesario que las partes de presión se calienten uniformemente a partir del agua puesta en circulación. Debido a que el calor para elevar la presión se introduce en la parte superior del circuito de circulación, no hay fuerza motriz para que el agua circule, por lo tanto, es posible necesitar o introducir el vapor en la parte inferior del circuito de circulación o añadir unas pequeñas bombas de circulación para forzar la circulación. Una vez establecida la circulación, puede adaptarse de manera segura el encendido instantáneo del carbón en una entrada de alto calentamiento y la parada de la bomba de circulación de puesta en marcha y aislarse.

El diseño de la localización y la conexión del colector 16 se establecen para adaptar la circulación y una colocación razonable de este equipo en el acero que rodea al RSC 10. En la parte superior del RSC 10, las tuberías bajantes 18 desde el colector 16 entran en la parte superior del recipiente del RSC 10 y se extienden a la parte inferior del RSC 10 a través de la corona circular 42 creada entre la pared de recipiente 44 y la pared de cerramiento de tubo 28. Esta disposición simplifica las conexiones del recipiente y el enrutamiento del suministro.

Además, puede proporcionarse un sistema de calentamiento de vapor en el colector de vapor 16 (no mostrado) para precalentar la totalidad del sistema de vapor-agua antes de apagar el gasificador, usando las bombas de circulación 40 para calentar la configuración.

Sellado del gas de síntesis - Los sellos de gas primarios necesarios para proteger la pared de recipiente 44 del RSC 10 y las partes de presión no en contacto directo con el gas de síntesis en bruto 12 están en la entrada de gas 14, en el techo de la pared de cerramiento 28 y en la salida de gas 38 corriente abajo del sistema de templado 68. En la entrada de gas 14, debe evitarse la derivación de gas caliente detrás del refractario y el sobrecalentamiento del recipiente 44 en esta área altamente estresada. Esto se logra encerrando el cuello refractario 78 encima de las partes de presión con una junta de expansión metálica hermética al gas 50 y presurizando el interior con nitrógeno y/o gas de síntesis de reciclaje limpio. En el techo, se emplea una construcción hermética al gas a través del cierre de partes de presión directa y/o el uso de placas de cierre por encima de las partes de presión lejos de la radiación del horno. En la salida de gas 38, se proporciona una placa de cierre hermético desde la pared de recipiente 44 al medio de tubo de inmersión 56, con una junta de expansión metálica 66 para adaptar el movimiento relativo entre las paredes 28 y la pared de recipiente 44. Un sello hermético evita que el gas de síntesis saturado 12 contacte con las partes de presión y el recipiente por encima del área revestida.

Los sellos de gas de síntesis herméticos se prefieren en la región de la salida 38 del RSC 10 para evitar que el gas de síntesis en bruto 12 entre en contacto con las zonas del recipiente de presión y las partes de presión de transferencia de calor que no están diseñadas con materiales para resistir la corrosión. Hay espacios abiertos entre la pared de cierre de conducto 28 y la pared de recipiente 44 que se purga con nitrógeno o con un gas de síntesis limpio, reciclado (no corrosivo) en condiciones normales de funcionamiento para mantener el gas de síntesis en bruto alejado. El proceso de gasificación introduce transitorios significativos de presión durante condiciones anormales que someterían a la junta a diferencias de presión extremas y provocarían el fallo de la junta, o incluso de las partes de presión en el peor de los casos. El enfoque de sellado descrito anteriormente también debe permitir el alivio de presión del gas de síntesis en bruto 12 durante transitorios positivos o negativos del gas de síntesis 12 para evitar daños a la pared de cerramiento de conducto 28. Por consiguiente, y como se muestra en las figuras 11 y 12, otro aspecto de la presente invención implica el suministro de dispositivos de alivio de presión o conjuntos amortiguadores de alivio, en general, designados por 72, en la región de salida de gas de síntesis para ventilar tanto la corona circular 42 como la pared de cerramiento de conducto inferior 28. El medio de alivio de presión 72 se proporciona en el medio de placa de sello 64 para reducir la posibilidad de daños al medio de placa de sello 64 que podría producirse debido a que una presión en un lado del medio de placa de sello 64 sea mayor que una presión en un lado opuesto del medio de placa de sello 64.

Preferentemente, el medio de alivio de presión 72 comprende al menos un agujero o abertura de ventilación 74 en el medio de placa de sello 64 y un medio para obstruir el flujo 76, tal como un disco, a través de la abertura 74 hasta que la presión en uno u otro lado del medio de placa de sello 64 supera un valor de punto de ajuste de presión, en cuyo punto el medio de obstrucción de flujo 76 permitirá que el flujo vaya a través de la abertura 74 hasta que la presión ya no supere el valor de punto de ajuste de presión. El conjunto amortiguador 72 también podría tener un peso contraequilibrado para proporcionar una elevación de amortiguador a una diferencia de presión especificada. En esta localización, la temperatura del gas de síntesis 12 es lo suficientemente baja para permitir el uso de materiales no metálicos alrededor de la superficie de sellado del amortiguador para proporcionar un sello hermético y permitir cierta falta de uniformidad en la superficie amortiguadora que puede producirse durante un período de tiempo de servicio.

Reducir el coste de fabricación/Mejorar la soldadura del panel – Una atención significativa a la calidad de la soldadura es crítica cuando se fabrica y se suelda con aleaciones de tubo de alto contenido en cromo/níquel caras y difíciles de trabajar. Se prevé que la soldadura por láser de los paneles de pared de tubos de caldera empleada en el RSC 10, de acuerdo con los métodos como se describe en la patente de Estados Unidos N.º 6.852.945 de Harth, III, pueda proporcionar una potencial reducción de costes significativa, pudiendo ser su texto de interés para el lector experto. Esta técnica reduce la necesidad de un alambre de aleación de soldadura caro que solo sea necesario para hacer soldaduras de panel manuales convencionales, y reduce las horas de trabajo hombre en la fabricación del panel. También ofrece una soldadura del panel de entrada de calor más fuerte y más baja, con ventajas evidentes, especialmente en la fabricación de la membrana para las soldaduras de tubo. Puede usarse una soldadura de panel automática para las secciones de panel de tubo de jaula verticales del refrigerador de gas de síntesis radiante, y potencialmente para los paneles de pared de división. La sensibilización del metal base se minimiza mediante una soldadura por láser en un grado que es inalcanzable con la soldadura por arco sumergido. Con entradas de calor de 3 a 5 kilojulios por centímetro, la zona afectada por el calor es mucho menor y penetra menos en la pared de tubo.

Optimizar la superficie de transferencia de calor - El diámetro, la altura y el peso del recipiente son factores de coste primarios a través de todos los costes del proyecto: materia prima, fabricación, transporte y montaje. La mitigación del riesgo de ensuciamiento de la superficie requiere maximizar la limpieza de la superficie e instalar más superficie en un volumen dado.

Maximizar la limpieza de la superficie - La clave para optimizar la eficacia de la superficie es minimizar la acumulación de escoria fundida en las paredes de división 30 en la región superior del RSC 10. La fuerza impulsora de temperatura es mayor en la parte superior pero la ceniza fundida reduce significativamente la transferencia de calor, y la temperatura del gas no está segura por debajo del punto de fusión de la ceniza en equilibrio hasta casi la mitad de la altura del refrigerador.

Por consiguiente, otra realización de la presente invención implica el uso de un contorno apropiado del refractario en la entrada de gas de síntesis 14 para controlar la expansión de gas que sale de la entrada 14. En particular, una entrada en forma de cono parabólico (u otra favorable) se proporciona en una parte superior del RSC 10 para admitir el gas de síntesis 12 en el RSC 10 de tal manera que los sólidos arrastrados dentro del gas de síntesis 12 se dirigen preferentemente hacia abajo con el fin de reducir el impacto directo de los sólidos arrastrados en la superficie de transferencia de calor radiante de fluido refrigerado 30. Esto permite que la partícula cargada de gas de síntesis 12 se expanda dentro del cono y se reduzca el potencial para vórtices inducidos por flujo. Esto debería minimizar el flujo de salida de las partículas de ceniza fundidas y mantener limpias las paredes de división 30.

Otra realización de la presente invención implica un medio para reducir el potencial de formación de escoria moviendo el borde de ataque de las paredes de división 30 más lejos de la línea central vertical longitudinal del RSC 10. Esto requerirá, en la mayoría de los casos, una mayor cantidad de paredes de división de profundidad reducida 30. La superficie de transferencia de calor radiante 30 más alejada de la línea central es la más limpia; por lo tanto moviendo más la superficie de la pared de división 30 hacia las paredes de conducto 28 debería hacer esta superficie más limpia y más eficaz. El concepto es contener el flujo de ceniza fundida más axialmente y mover adicionalmente las paredes de división 30 hacia el exterior. Esta combinación aumenta el potencial de las superficies limpias en comparación con las unidades existentes, incluso en la zona de escoria. Por lo tanto, la superficie de transferencia de calor radiante de fluido refrigerado 30 que se extiende parcialmente dentro del conducto 26 para refrigerar el gas de síntesis 12 se localiza, con el fin de reducir el impacto directo del gas de síntesis 12 y los sólidos arrastrados en el mismo, sobre la superficie de transferencia de calor radiante de fluido refrigerado 30.

Mejorar la eficacia de la superficie/volumen - La ampliación del diámetro del conducto 26 retirando las tuberías de suministro bajantes en la corona circular 42 proporcionaría una oportunidad de aumentar en superficie. Este concepto de diseño avanzado requeriría conectar las tuberías bajantes 18 que entran en la parte superior del recipiente a un cabezal de anillo justo por encima del perímetro de la pared de tubo 28. Una parte de los tubos 28 estaría conectada al cabezal de anillo, con el flujo de agua por una parte de los tubos de pared 28 en un cabezal de recogida en la parte inferior de los tubos de pared 28 como un sistema de bajante calentado 18. Los tubos de pared restantes 28 y los tubos de pared de división 30 se conectarían a un cabezal de anillo de suministro inferior con el flujo de agua de nuevo hasta un cabezal de elevador 20 y al colector de vapor 16. Esta construcción también puede ofrecer ventajas en la simplificación del soporte superior de los conjuntos de la pared 28 y de la pared de división 30. Por lo tanto, otra realización puede emplear un medio de bajante calentado 18 y que forme parte de las paredes de fluido refrigerado 28, el medio de bajante 18 que se suministra desde y que se soporta por un cabezal de anillo común localizado en una parte superior del RSC 10. La experiencia ha demostrado que los circuitos de bajantes calentados son seguros y eficaces cuando el agua que sale del circuito está suficientemente sub-refrigerado para proporcionar un punto de ebullición de agua a 3 metros (10 pies) o más por encima del cabezal de entrada. El éxito con este diseño se impulsa por la combinación de la relación de circulación y la cantidad por la que el agua de alimentación entrante se sub-refrigera por debajo de la temperatura de saturación.

Otra realización de la presente invención implica contornear el perfil de la pared de división para que coincida con el patrón de la escoria reducida de arriba a abajo. Cada pared de división se fabrica aproximadamente el 17 % más profunda empezando en el punto medio del refrigerador expandiendo la anchura de membrana entre cada tubo. Esta región es más fría y menos propensa a la escoria, y las temperaturas de membrana máximas pueden controlarse con anchuras más grandes. Cada pared de división 30 se expande aún más alrededor del 17 % en el último cuarto de la altura usando una membrana incrementalmente más amplia. Por lo tanto, las una o más superficies de pared de división planas 30 tienen una forma que varía con el fin de reducir la deposición de la escoria sobre las mismas. Las partes de las superficies de pared de división 30 que están más cerca de la entrada de gas de síntesis 14 están radialmente más lejos de un eje longitudinal del RSC 10, y las partes de las superficies de pared de división 30 que están más cerca del medio de tolva 46 están radialmente más cerca del eje longitudinal del RSC 10. Como alternativa, las superficies de pared de división 30 están provistas de una construcción de pared de membrana y la forma variable de las superficies de pared de división 30 se proporciona variando la anchura de la membrana entre los tubos adyacentes que forman las paredes de división 30.

5 Con esta combinación de diámetro de conducto aumentado 26 y las paredes de división contorneadas 30, se aumenta la cantidad de superficie de transferencia de calor instalada aproximadamente un 40 %. El aumento de la superficie se consigue usando la barra de membrana plana, que es mucho menos cara que los tubos. La distancia desde la entrada de gas al tubo de borde de ataque es de 60 cm (24 pulgadas). En las paredes de división profunda 30 será de aproximadamente 97 cm (38 pulgadas). Incluso sin tomar crédito para las superficies limpias en el área cubierta de escoria, puede disminuirse significativamente el requisito de altura total.

10 El uso de tubos de material compuesto en lugar de los tubos de aleación sólida de alto contenido de cromo/níquel podría ofrecer varias ventajas de coste y riesgo. Los tubos de material compuesto se fabricarían de una capa exterior de aleación de alto contenido de cromo/níquel sobre un tubo base de material Croloy. Como se usa en el presente documento, Croloy es una marca comercial para tubos metálicos, específicamente los que en general se hace referencia por los expertos en la materia como los aceros al cromo y molibdeno. Caen bajo la designación A.S.T.M. A 213/A 213 M, o la designación A.S.M.E. SA 213, y vienen en diversos grados tal como T2 (Croloy ½), T5, T9, T11 (Croloy 1-1/4), T12, y T22 (Croloy 2-1/4). Los tubos de material compuesto previstos en esta solicitud serían probablemente de 6,4 cm (2-½ pulgadas) de OD, más grande que el de 5 cm (2 pulgadas) de OD con una aleación sólida de alto contenido de cromo/níquel. Un material de aleación más delgada de alto contenido de cromo/níquel sobre un material base conductor bajaría las temperaturas máximas del tubo y de la membrana, lo que permitiría una membrana más ancha en el cerramiento y permitiría la construcción de membrana de las paredes de división en la zona de alto flujo de calor. El OD del tubo y las anchuras de membrana más grandes requerirían menos tubos en general. La mayor conductividad proporcionaría más margen de temperatura de funcionamiento por debajo de las temperaturas de metal máximas admisibles. Teniendo el material Croloy en el ID de tubo también reduciría los requisitos de calidad del agua de alimentación y un menor coste de capital y de funcionamiento del tratamiento del agua de alimentación.

25 Aunque las realizaciones específicas de la invención se han mostrado y descrito en detalle para ilustrar la aplicación de los principios de la invención, los expertos en la materia apreciarán que pueden hacerse cambios en la forma de la invención cubiertos por las reivindicaciones siguientes sin alejarse de tales principios. En algunas realizaciones de la invención, ciertas funciones de la invención pueden usarse a veces de manera ventajosa sin un uso correspondiente de las otras funciones. En consecuencia, todos estos cambios y realizaciones caen correctamente dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un refrigerador de gas de síntesis (10) para extraer calor del gas de síntesis (12) producido por un proceso de gasificación, que comprende:
- 5 una carcasa (44) que tiene una entrada de gas de síntesis (14) y una salida de gas de síntesis (38);
 un conducto refrigerado por fluido (26) contenido dentro de la carcasa para recibir el gas de síntesis;
 un medio de placa de sello (64) dentro del refrigerador de gas de síntesis para evitar que el gas de síntesis entre
 10 en una región entre la carcasa y el conducto, comprendiendo el medio de placa de sello un medio de alivio de
 presión (72) proporcionado en el medio de placa de sello para reducir la posibilidad de daño al medio de placa de
 sello que podría producirse debido a una presión en un lado del medio de placa de sello que es mayor que una
 presión en un lado opuesto del medio de placa de sello;
 una superficie de transferencia de calor radiante de fluido refrigerado (30) que se extiende parcialmente dentro
 15 del conducto para refrigerar el gas de síntesis; y
 un medio (56, 60) para transportar el gas de síntesis desde el conducto a la salida de gas de síntesis.
2. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende una región de baño de agua
 (34) en una parte inferior del refrigerador de gas de síntesis para recibir y refrigerar los sólidos arrastrados en el gas
 20 de síntesis y una salida de sólidos (54) para retirar los sólidos del refrigerador de gas de síntesis.
3. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el conducto refrigerado por fluido
 está compuesto de una pared de cerramiento (28) fabricada de tubos de fluido refrigerado.
4. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la superficie de transferencia de
 25 calor radiante de fluido refrigerado está compuesta de una o más superficies de pared de división de fluido
 refrigerado internamente suspendidas dentro del refrigerador de gas de síntesis de tal manera que una parte
 significativa de las superficies de pared de división están expuestas al gas de síntesis entrante.
5. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 4, en el que cada una de las una o más
 30 superficies de pared de división están compuestas de un banco plano de tubos proporcionados adyacentes entre sí.
6. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 1, en el que una parte inferior del conducto
 comprende un medio de tolva (46).
7. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 6, que comprende además un medio para
 35 transportar el gas de síntesis desde el medio de tolva a la región de baño de agua.
8. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el medio para transportar el gas de
 40 síntesis desde el medio de tolva a la región de baño de agua comprende un medio de tubo de inmersión (56) que
 tiene una salida próxima a la región de baño de agua.
9. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende además un medio (60) para
 45 crear un pasadizo para transportar el gas de síntesis desde la salida del medio de tubo de inmersión hacia la salida
 de gas de síntesis.
10. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el medio para crear un pasadizo
 para transportar el gas de síntesis desde la salida del medio de tubo de inmersión hacia la salida de gas de síntesis
 50 comprende un medio de tubo de aspiración alrededor del medio de tubo de inmersión.
11. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 1 y la reivindicación 6, en el que el medio de
 placa de sello se extienden entre la carcasa y el medio para transportar el gas de síntesis desde el medio de tolva a
 la región de baño de agua.
12. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la carcasa y el medio de placa de
 55 sello definen parcialmente una región de salida de gas de síntesis (36).
13. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la región de salida de gas de
 síntesis transporta el gas de síntesis desde la región de baño de agua a la salida de gas de síntesis.
- 60 14. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 11, que comprende un medio de junta de
 expansión (66) para adaptar el movimiento relativo entre el medio de placa de sello y el medio de tolva.

15. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además un medio de templado (68) para inyectar un fluido en el gas de síntesis.
- 5 16. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el medio de tolva tiene una forma troncocónica y una región de garganta (48) adyacente al medio para transportar el gas de síntesis hacia la región de baño de agua.
- 10 17. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende un medio de bajante (18) para suministrar un fluido al conducto refrigerado por fluido y a la superficie de transferencia de calor radiante, y un medio elevador (20) para transportar el fluido desde la misma.
- 15 18. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende un medio de junta de expansión para adaptar el movimiento relativo entre la carcasa y al menos una de las paredes de cerramiento de conducto refrigerado por fluido y la superficie de transferencia de calor radiante de fluido refrigerado.
- 20 19. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el conducto refrigerado por fluido y las superficies de transferencia de calor radiante están configurados para extraer suficiente calor del gas de síntesis durante el funcionamiento normal del refrigerador de gas de síntesis para inducir una circulación natural a través del conducto refrigerado por fluido y las superficies de transferencia de calor radiante.
- 25 20. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el medio de alivio de presión comprende al menos una abertura (74) en el medio de placa de sello y un medio (76) para obstruir el flujo a través de la abertura hasta que la presión en uno u otro lado del medio de placa de sello supera un valor de punto de ajuste de presión en cuyo punto el medio de obstrucción de flujo permitirá el flujo a través de la abertura hasta que la presión ya no supere el valor de punto de ajuste de presión.
- 30 21. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende una entrada en forma de cono parabólico en una parte superior del refrigerador de gas de síntesis para admitir el gas de síntesis en el refrigerador de gas de síntesis de tal manera que los sólidos arrastrados dentro del gas de síntesis se dirigen preferentemente hacia abajo con el fin de reducir el impacto directo de los sólidos arrastrados en la superficie de transferencia de calor radiante de fluido refrigerado.
- 35 22. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la superficie de transferencia de calor radiante de fluido refrigerado que se extiende parcialmente dentro del conducto para refrigerar el gas de síntesis se localiza con el fin de reducir el impacto directo del gas de síntesis y los sólidos arrastrados en el mismo sobre la superficie de transferencia de calor radiante de fluido refrigerado.
- 40 23. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 5, en el que una parte inferior del conducto comprende un medio de tolva (46) y las una o más superficies de pared de división planas tienen una forma que varía con el fin de reducir la deposición de escoria sobre las mismas, estando unas partes de las superficies de pared de división que están más cerca de la entrada de gas de síntesis radialmente más lejos de un eje longitudinal del refrigerador de gas de síntesis, y estando unas partes de las superficies de pared de división que están más cerca del medio de tolva radialmente más cerca del eje longitudinal.
- 45 24. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 23, en el que las superficies de pared de división están provistas de una construcción de pared de membrana y la forma variable de la forma de pared de división se proporciona variando la anchura de la membrana entre los tubos adyacentes.
- 50 25. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende además una superficie de transferencia de calor por convección (70) localizada adyacente al medio de tubo de inmersión que extrae calor adicional del gas de síntesis antes de transportar el gas de síntesis a través de la salida de gas de síntesis.
- 55 26. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 25, en el que la superficie de transferencia de calor por convección comprende uno o más bancos de tubos dispuestos de tal manera que el gas de síntesis fluye a lo largo del exterior de los tubos.
- 60 27. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con las reivindicaciones 8 y 15, en el que el medio de templado se localiza dentro del medio de tubo de inmersión.
28. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 17, en el que se calienta alguno de los medios de bajante, que forman parte de las paredes de conducto refrigerado por fluido, suministrándose los medios de bajante desde y soportándose por un cabezal de anillo común localizado en una parte superior del refrigerador de gas de síntesis.

29. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el conducto refrigerado por fluido y las superficies de transferencia de calor radiante están compuestos de tubos de material compuesto.

5 30. El refrigerador de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 29, en el que los tubos de material compuesto tienen una capa exterior de una aleación de alto contenido de cromo/níquel a lo largo de un tubo base de un material de Croloy.

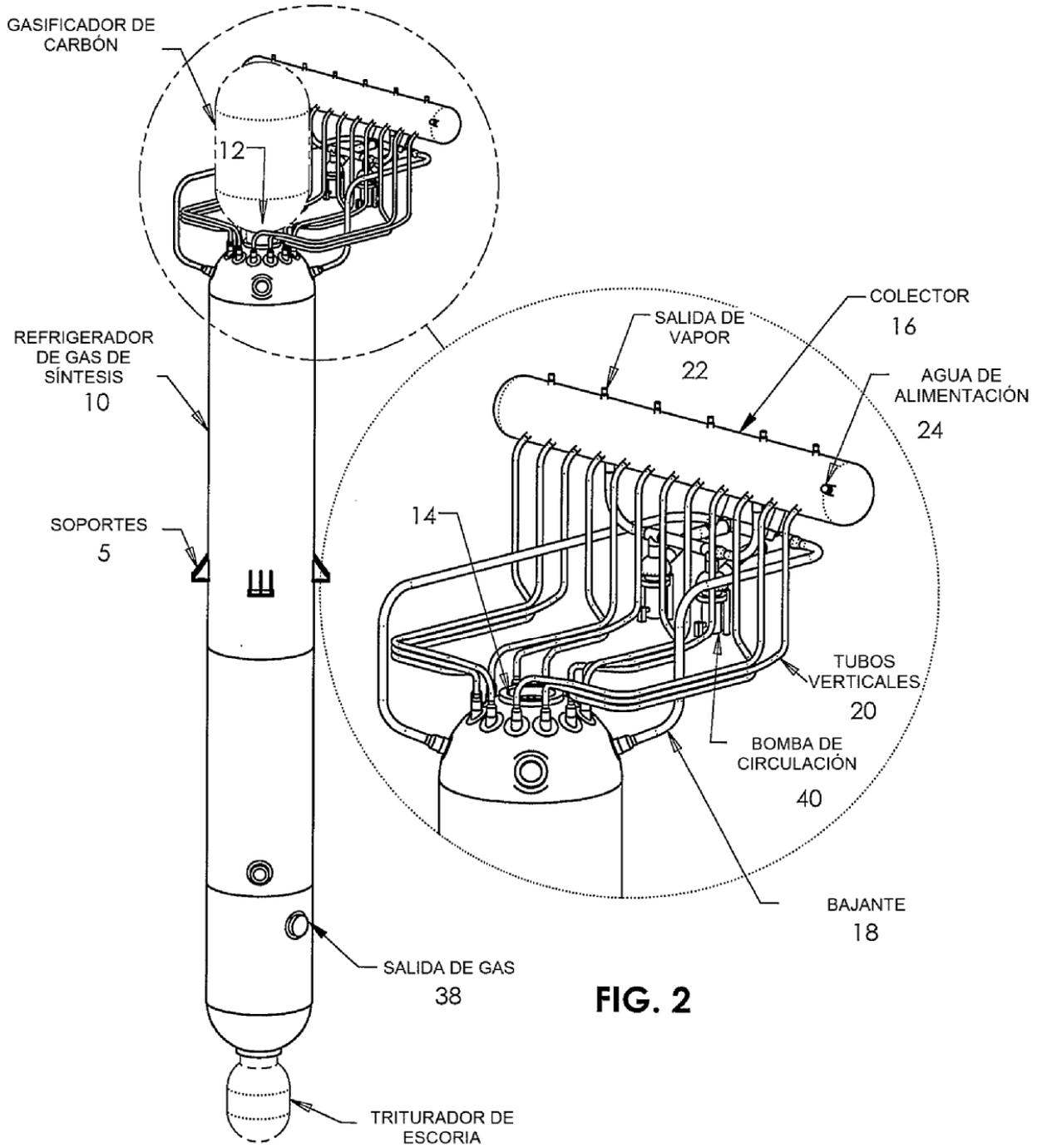


FIG. 1

FIG. 2

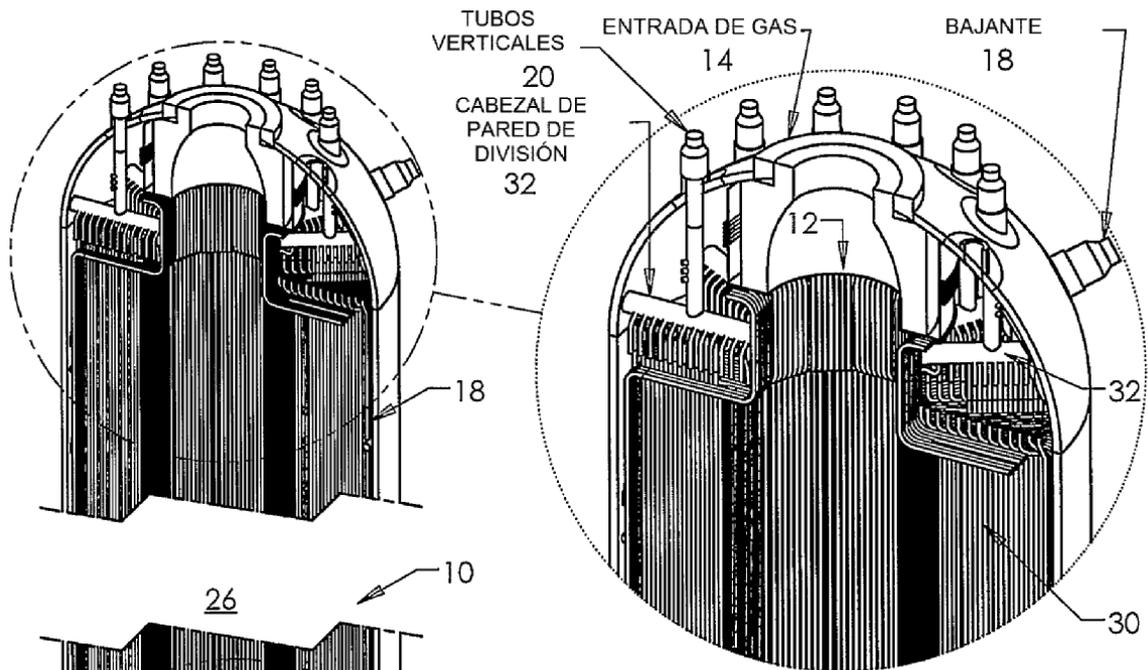


FIG. 4

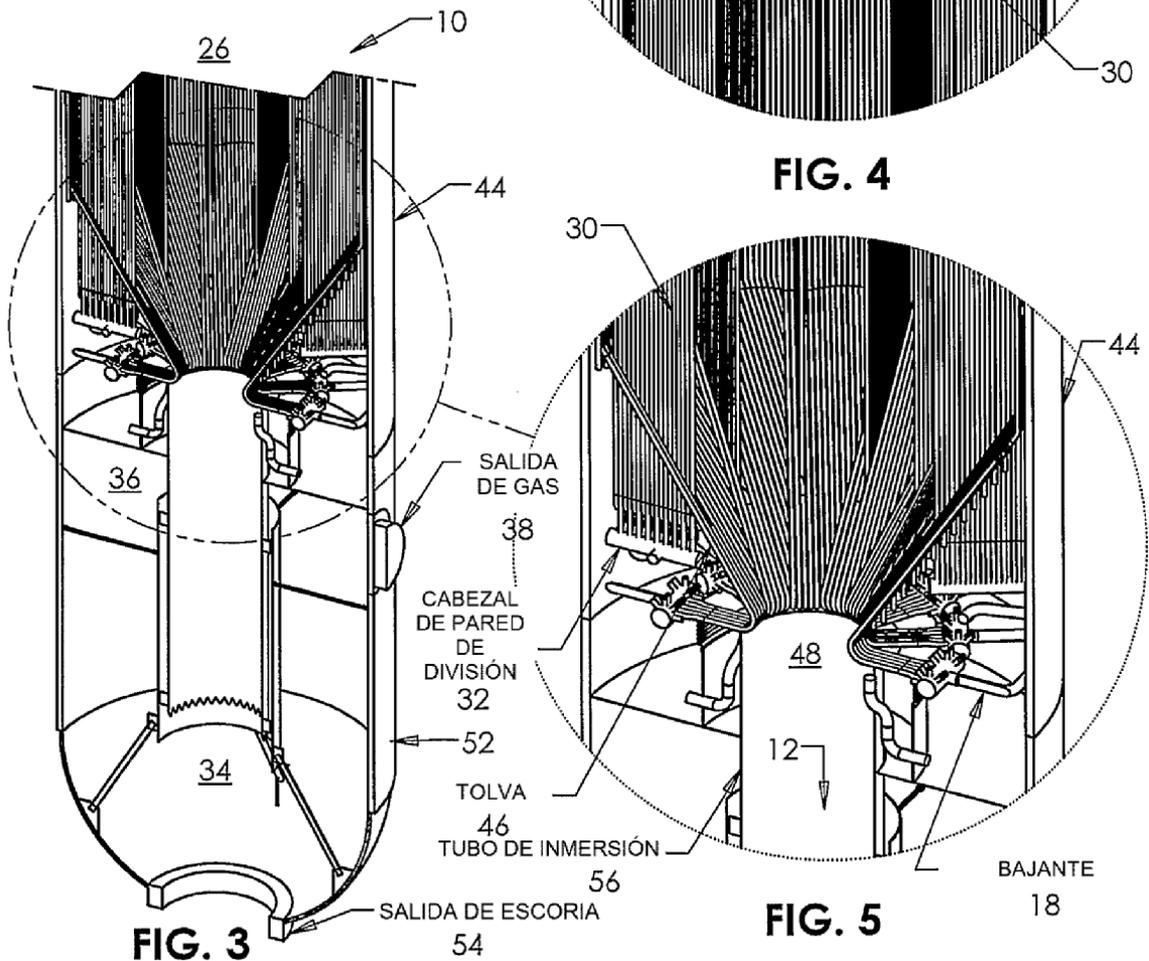


FIG. 5

FIG. 3

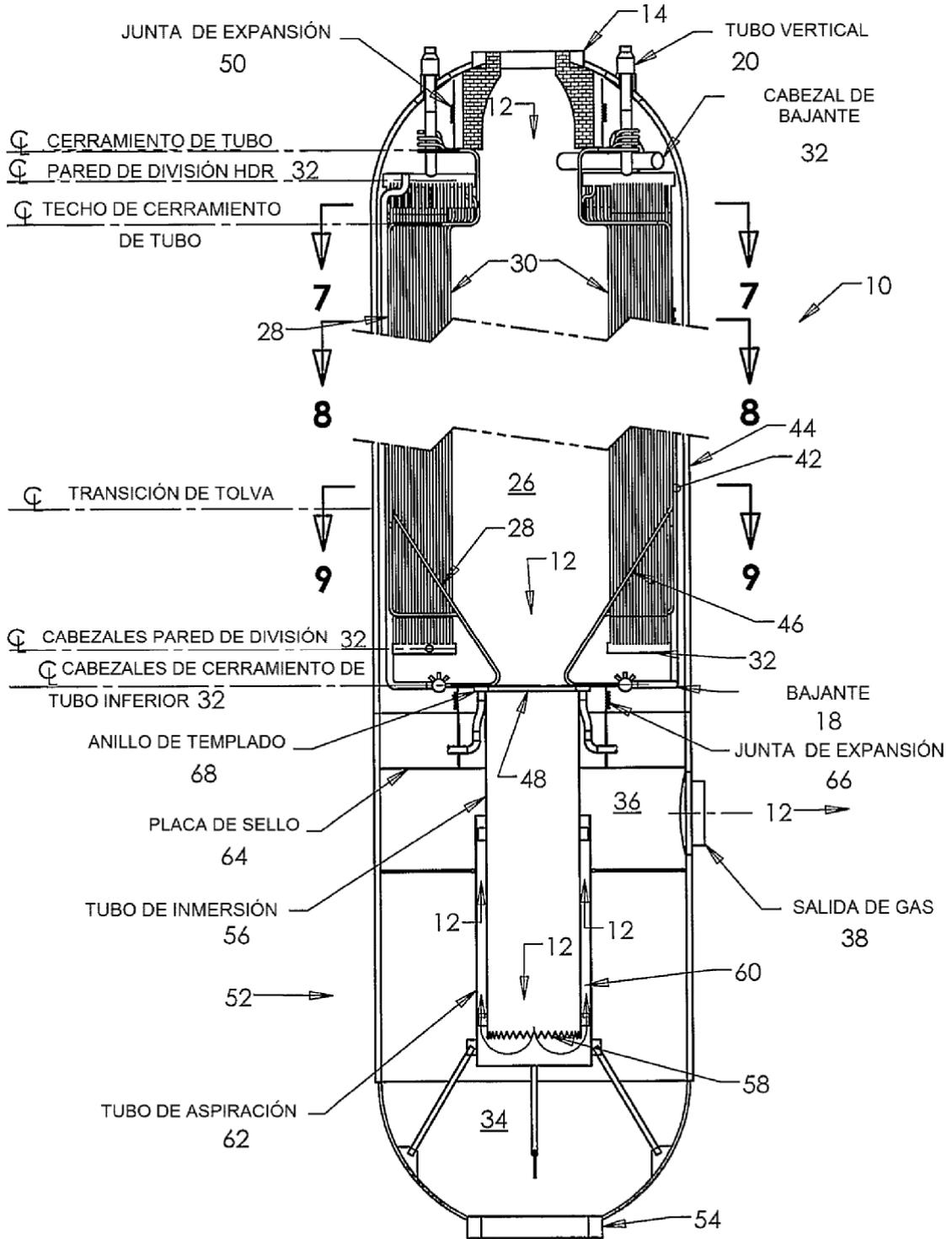


FIG. 6

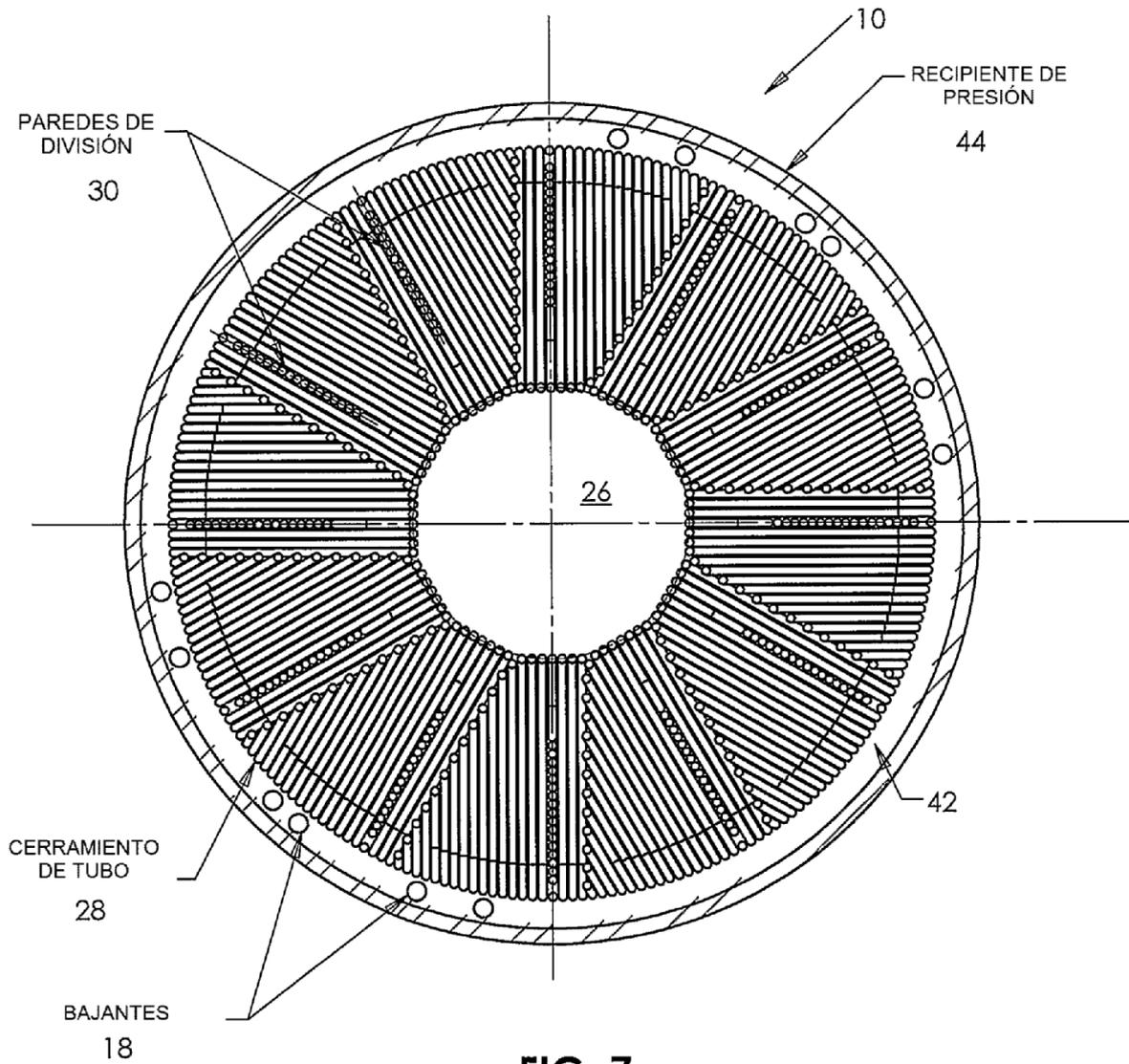


FIG. 7

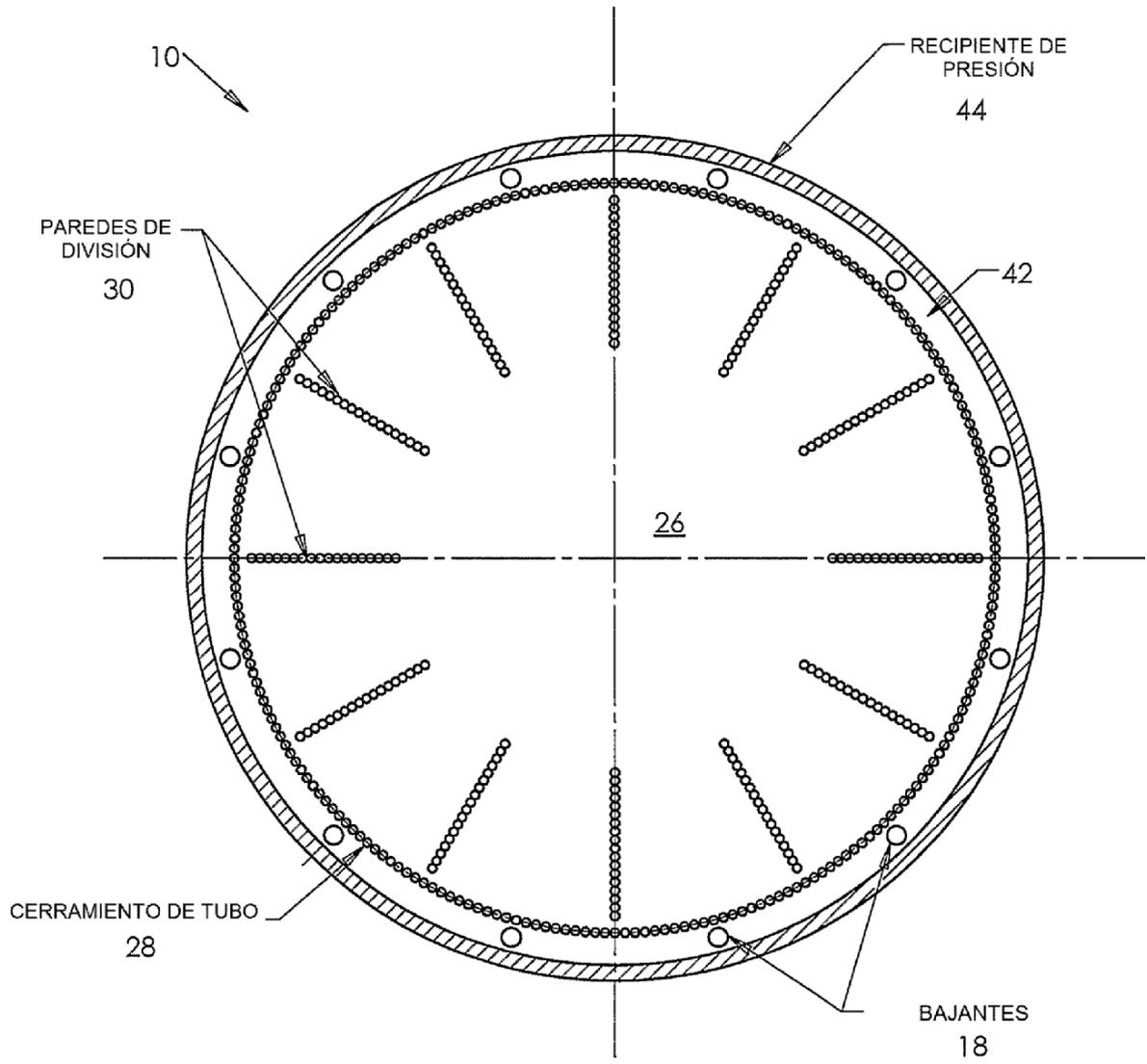


FIG. 8

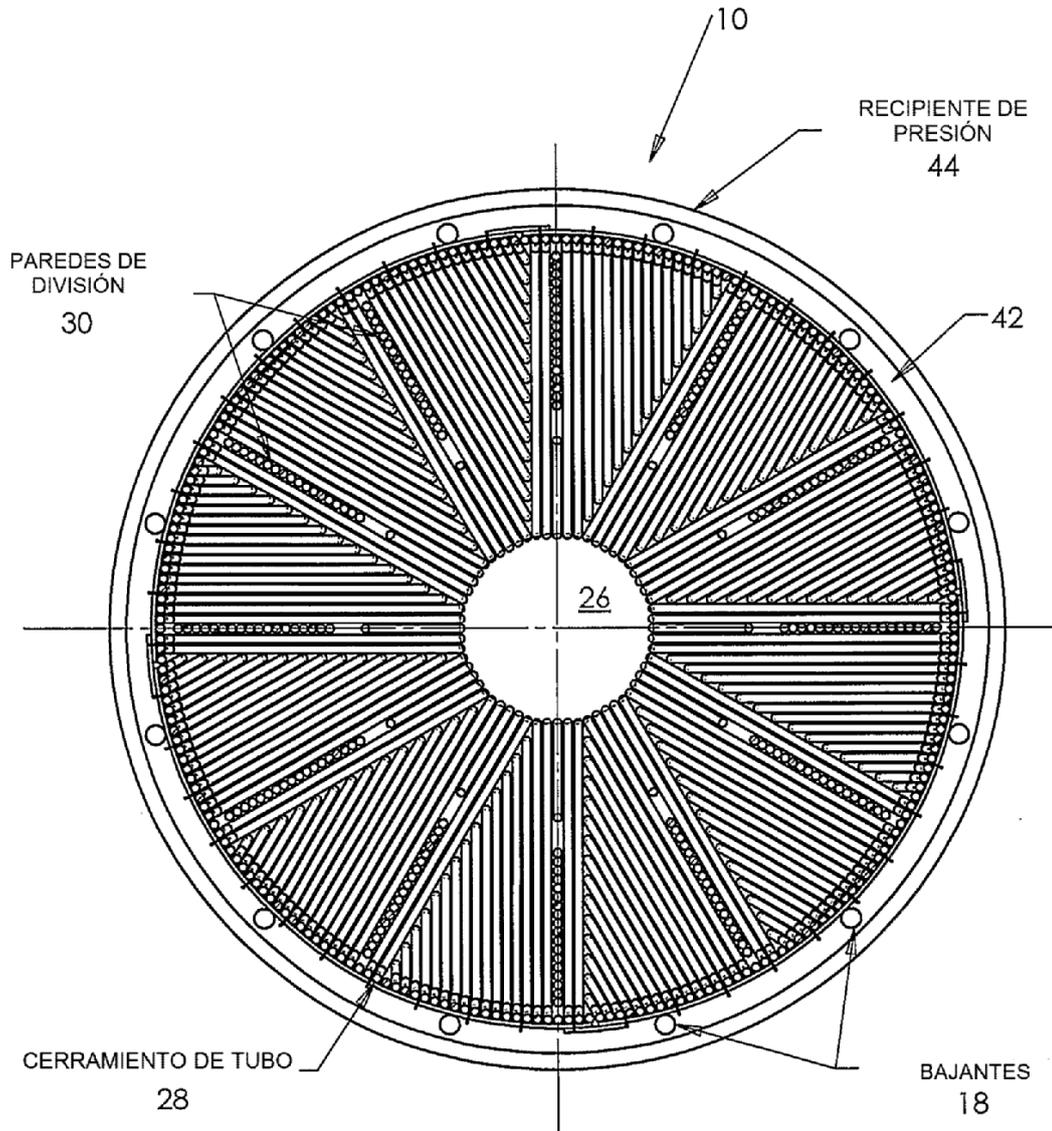


FIG. 9

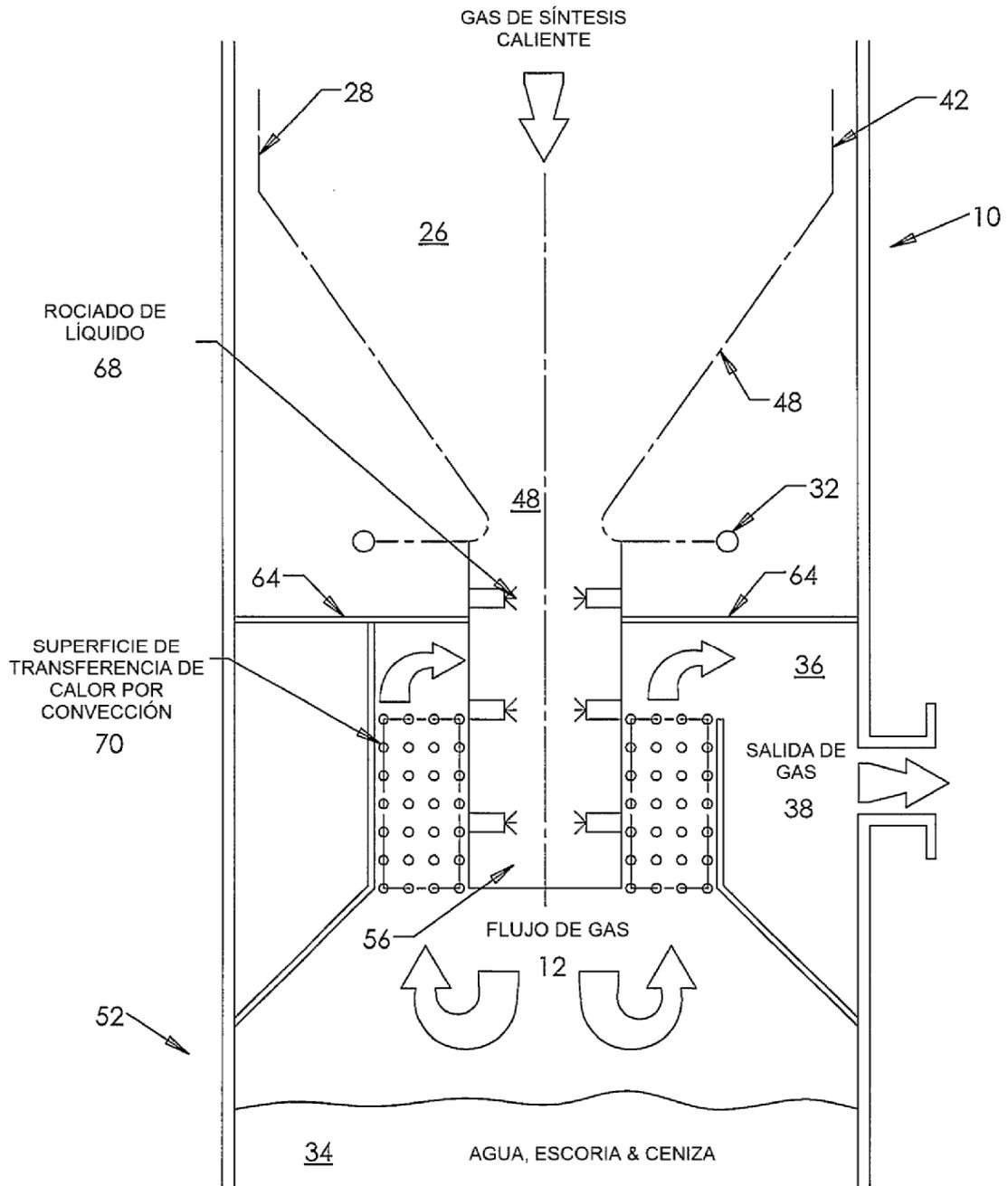


FIG. 10

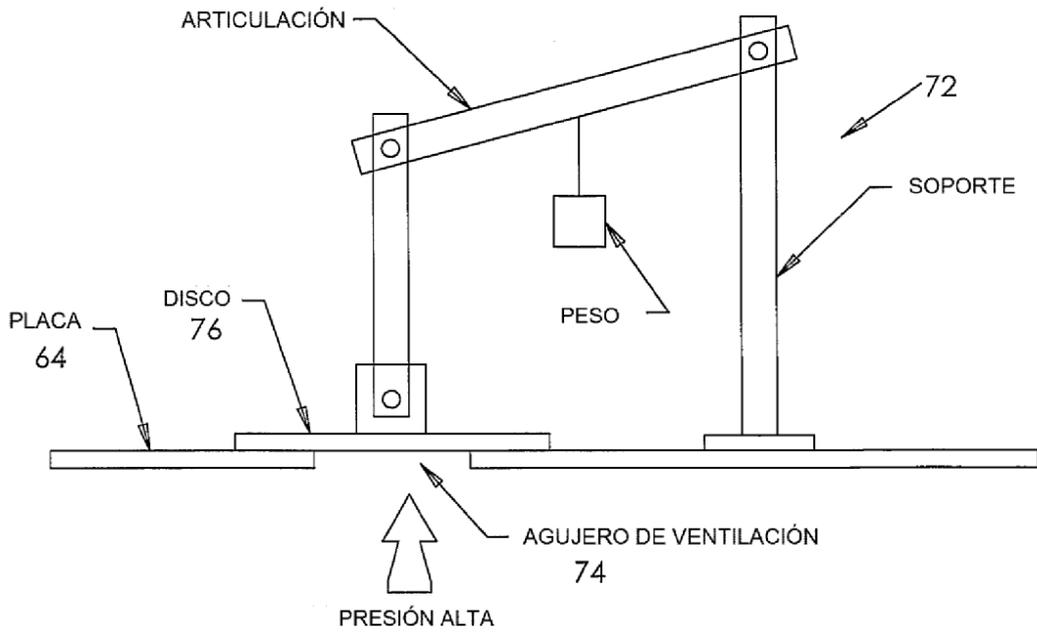


FIG. 11

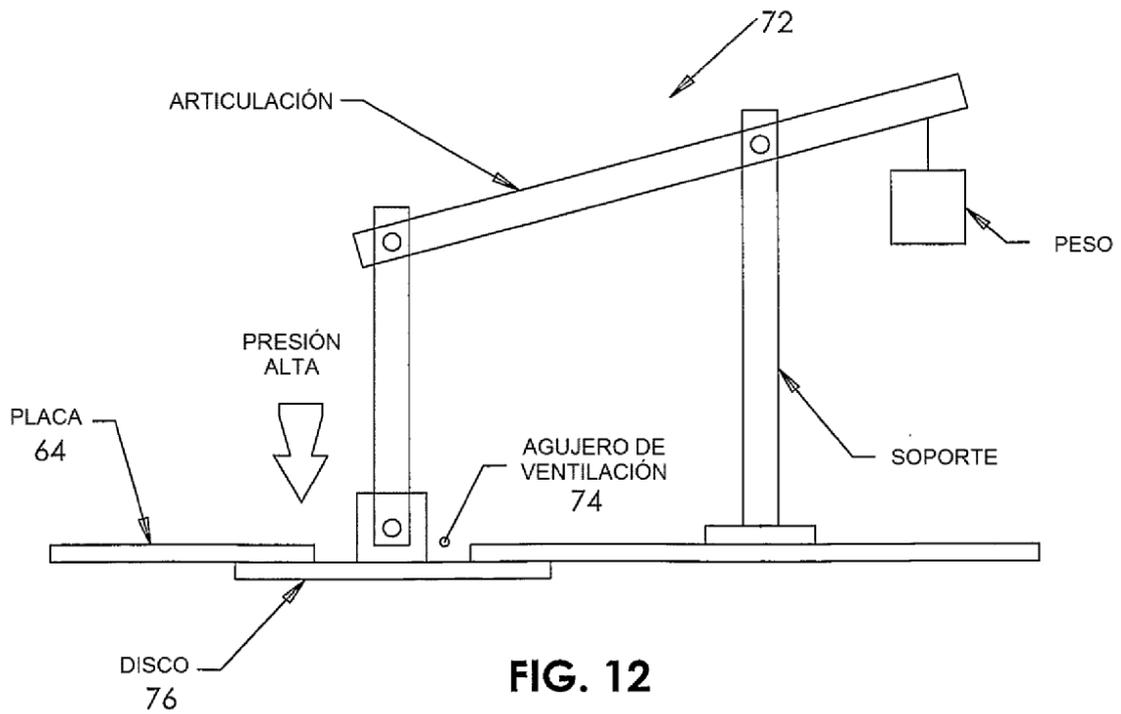


FIG. 12

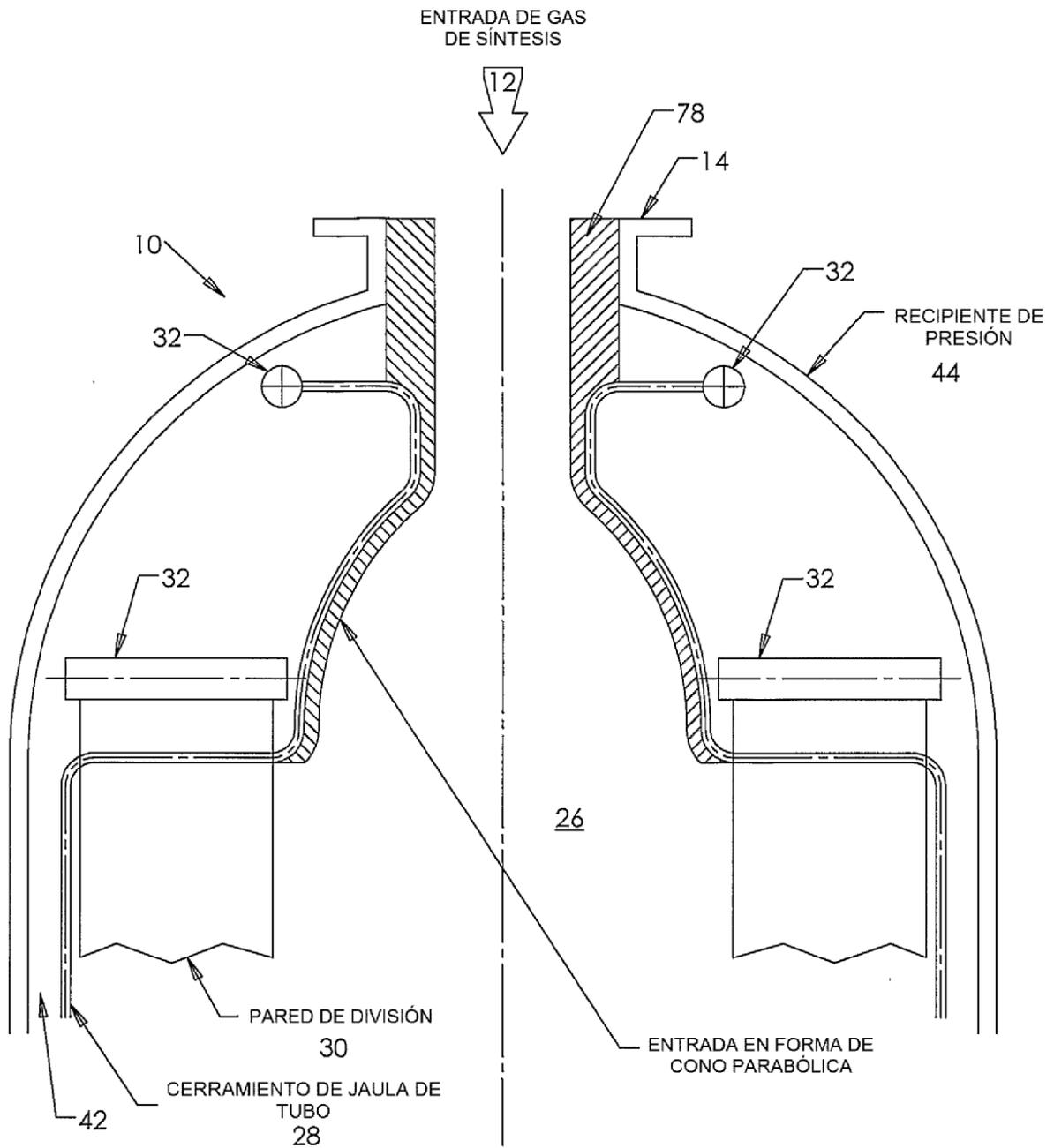


FIG. 13

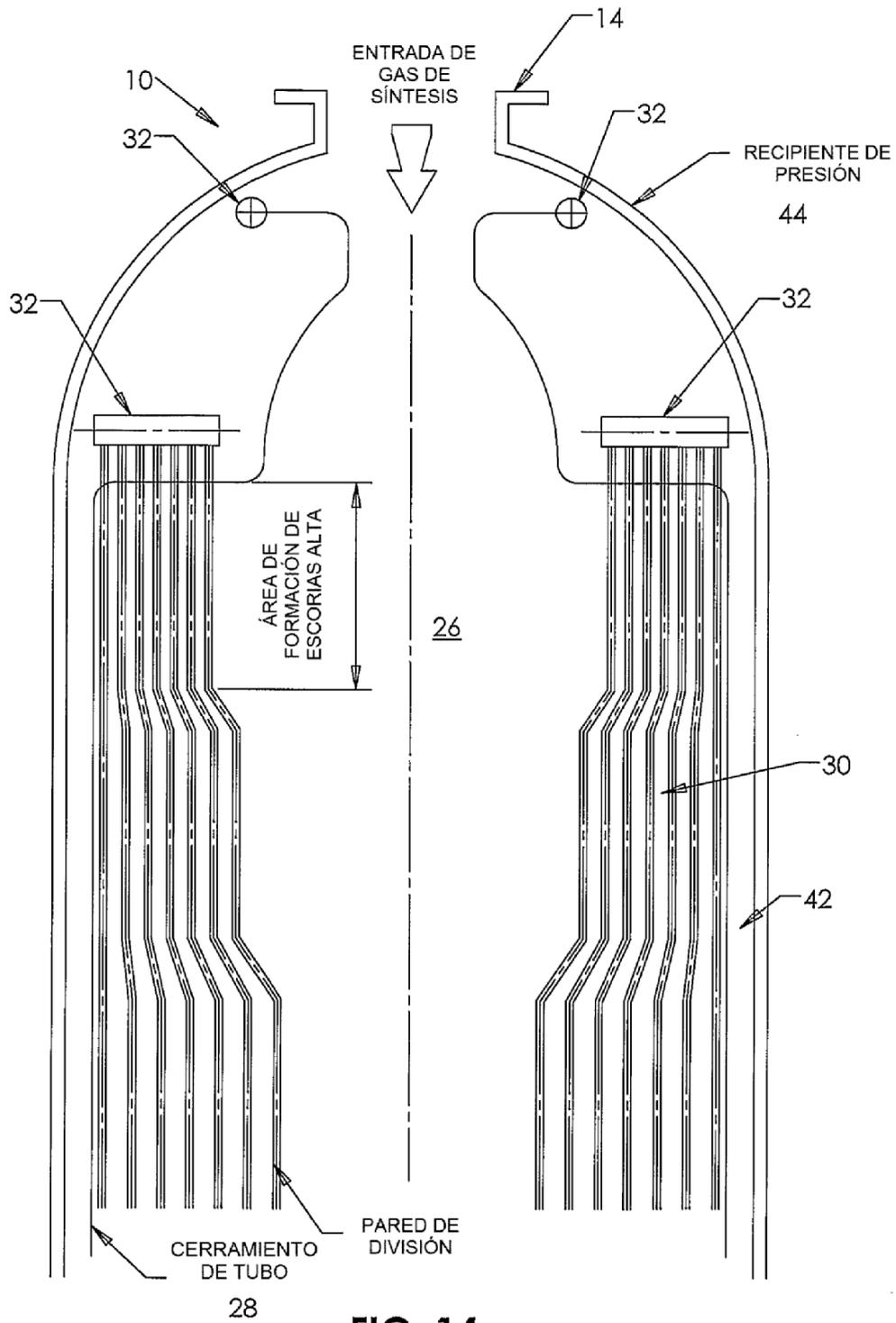


FIG. 14