

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 767 089**

51 Int. Cl.:

F28F 9/02 (2006.01)

F28F 9/18 (2006.01)

F28F 19/06 (2006.01)

F28F 21/08 (2006.01)

F28D 7/06 (2006.01)

F28D 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.01.2017 E 17425012 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2019 EP 3355022**

54 Título: **Aparato y método para proteger la lámina de tubo de una caldera en bucle de gas de síntesis**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.06.2020

73 Titular/es:

**ALFA LAVAL CORPORATE AB (100.0%)
Box 73
221 00 Lund, SE**

72 Inventor/es:

**COLOMBO, MARCO y
SARTI, SILVIO**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 767 089 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

Aparato y método para proteger la lámina de tubo de una caldera en bucle de gas de síntesis

5 **Antecedentes de la invención**

La presente invención se refiere a un aparato de caldera en bucle de gas de síntesis de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, y a un método para insertar y para soldar un manguito de protección en la lámina de tubo de un aparato de caldera en bucle de gas de síntesis de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. Más específicamente, la presente invención se refiere a un manguito soldado intercambiable para proteger la lámina de tubo de una caldera en bucle de gas de síntesis de amoníaco, así como a un método para insertar y para soldar un manguito de protección en una lámina de tubo de una caldera en bucle de gas de síntesis de amoníaco.

Se sabe que el sintegas o gas de síntesis es una mezcla de gases que consiste principalmente en hidrógeno, monóxido de carbono, amoníaco y con mucha frecuencia algo de dióxido de carbono. El nombre proviene de su uso como producto intermedio en la creación de gas natural sintético (GNS) para producir amoníaco o metanol.

El gas de síntesis puede producirse a partir de muchas fuentes, entre las que se incluyen gas natural, carbón, biomasa o prácticamente cualquier materia prima de hidrocarburos, por reacción con vapor (reformado con vapor), dióxido de carbono (reformado en seco) u oxígeno (oxidación parcial). El gas de síntesis es un recurso intermedio crucial para la producción de hidrógeno, amoníaco, metanol y combustibles de hidrocarburos sintéticos. El gas de síntesis también se utiliza como producto intermedio en la producción de petróleo sintético para su uso como combustible o lubricante a través del proceso Fischer-Tropsch y anteriormente el proceso Mobil para convertir metanol en gasolina. Entre los métodos de producción se incluyen el reformado con vapor de gas natural o hidrocarburos líquidos para producir hidrógeno, la gasificación de carbón, biomasa y en algunos tipos de instalaciones de gasificación de residuos en energía.

Una caldera en bucle de gas de síntesis es un equipo a presión instalado en una planta de producción de amoníaco directamente aguas abajo del convertidor de amoníaco. La caldera en bucle de gas de síntesis está provista internamente de un haz de tubos dispuesto horizontal o verticalmente, unido a una lámina de tubo. En la figura 1, se muestra por ejemplo un diseño normal de caldera en bucle de gas de síntesis, con un haz de tubos dispuesto horizontalmente.

El gas de síntesis, que consiste normalmente en una mezcla de 55 % H₂, 20 % de NH₃, 6 % de CH₄, 15 % de N₂, resto He + Ar, penetra en la lámina de tubo de la caldera en bucle de gas de síntesis a alta temperatura (generalmente, 400-480 °C) y presión (aproximadamente 10-20 MPa). Una caldera en bucle de gas de síntesis convencional puede fabricarse, por ejemplo, con un acero ferrítico de grado 22 (2,25 Cr-1 Mo). En una caldera en bucle de gas de síntesis convencional, la selección del material base se realiza de acuerdo con "Curvas de Nelson" API 941 para que sea resistente al hidrógeno a altas temperaturas.

El contacto del amoníaco con el acero a una temperatura superior a 380 °C conduce a la nitruración del acero, lo cual da como resultado un aumento de la dureza y el riesgo de ataque del hidrógeno a alta temperatura. Por lo tanto, en una caldera en bucle de gas de síntesis, se suele proteger la superficie de sintegas de la lámina de los tubos con un recubrimiento de soldadura de Inconel®. Como se sabe, Inconel® es una familia de súper-aleaciones austeníticas a base de níquel-cromo o aleaciones de alto rendimiento. Las aleaciones Inconel® son materiales resistentes a la oxidación y la corrosión, muy adecuados para servicios en entornos extremos sometidos a presión y calor. Cuando se calienta, el Inconel® forma una capa de óxido de pasivación estable espesa, que protege la superficie de un ataque adicional.

De acuerdo con la técnica anterior, los orificios de la lámina de tubo espesa (diámetro de hasta 28 mm en el espesor de la lámina de tubo de hasta 500 mm) están protegidos por un manguito interior soldado en ambos extremos, de conformidad con algunas especificaciones de proceso del licenciatario. La primera soldadura de manguito Inconel® se suele realizar entre el recubrimiento de soldadura Inconel®, mientras que la segunda soldadura de manguito Inconel® se suele realizar entre el manguito Inconel® y el material de la lámina de tubo (a través de la técnica de soldadura de orificio interior).

Por ejemplo, el documento US 7574981 B1 describe una caldera tubular que tiene virolas insertadas en los tubos. Se deposita un recubrimiento de soldadura interior de un material resistente a la corrosión en una banda alrededor de la pared interna de cada tubo. El recubrimiento tiene un rebaje interior anular que recibe el extremo de la virola.

El documento US 4401153 A describe un intercambiador de calor de carcasa y tubo que tiene un manguito de protección de material resistente a la nitruración dentro de los tubos. El documento US 4401153 se refiere a los problemas causados por gases calientes en los procesos de síntesis de amoníaco. El intercambiador de calor de carcasa y tubo incluye una camisa y el interior de la carcasa se divide mediante una lámina de tubo en una cámara de alta presión y una cámara de intercambio de calor. El intercambiador de calor de carcasa y tubo tiene tubos

soldados a la lámina de tubo. Se proporciona un manguito de protección en cada orificio de la lámina de tubo. La lámina de tubo está provista de un revestimiento resistente a la nitruración sobre el lado de la cámara de presión, es decir, el lado de la corriente de entrada del gas reciclado caliente hacia los tubos. El manguito de protección está soldado al revestimiento de la lámina de tubo o al extremo inferior de un manguito del tubo exterior.

5 El documento US 8210245 B2 describe un intercambiador de calor de carcasa y tubo en donde al menos una porción de la placa del tubo de entrada está cubierta por insertos resistentes al desgaste. Los insertos pueden estar insertados al menos parcialmente en los tubos del intercambiador de calor. Los insertos consisten en manguitos protectores soldados a la placa del tubo de entrada.

10 El documento US 2013/0199462 A1 describe un manguito de reparación hecho de Inconel® para un generador de vapor que está soldado al extremo del tubo. En primer lugar, se retira la antigua junta de soldadura defectuosa y después, se forma un nuevo contorno de fresado con una depresión para acomodar y soldar posteriormente el manguito de reparación a la región de la brida.

15 El documento US 3540529 A describe un intercambiador de calor del tubo utilizando Inconel® como material de soldadura para la unión de los tubos a la lámina de tubo. Sin embargo, no se proporcionan manguitos de protección en los tubos.

20 Finalmente, el documento US 2785459 A describe cómo preparar un sello de tubo utilizando un depósito de soldadura en una ranura del material base que no afecta al material base durante la soldadura por fusión.

25 Una desventaja de los manguitos soldados se debe al hecho de que la soldadura del manguito al material base de la lámina de tubo requiere un tratamiento térmico. Por esta razón, es prácticamente imposible reemplazar un manguito en el sitio o retirar un manguito para la inspección del material base de la lámina de tubo. El proceso de tratamiento térmico posterior a la soldadura (PWHT) en el sitio es tan complicado y caro que se considera casi imposible.

Sumario de la invención

30 Por lo tanto, un objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un aparato y un método para proteger la lámina de tubo de una caldera en bucle de gas de síntesis con capacidad para resolver los inconvenientes de la técnica anterior que se han mencionado anteriormente, de una manera sencilla, económica y particularmente funcional.

35 En detalle, un objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un aparato y un método para proteger la lámina de tubo de una caldera en bucle de gas de síntesis que permite retirar los manguitos (sobre una base aleatoria) para comprobar la integridad del material base de la lámina de tubo y volverlos a instalar después por soldadura sin realizar ningún proceso de tratamiento térmico posterior a la soldadura (PWHT).

40 Otro objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un aparato y un método para proteger la lámina de tubo de una caldera en bucle de gas de síntesis que permite controlar las soldaduras de los manguitos durante el mantenimiento periódico de la caldera. Si se descubre que las soldaduras del manguito son defectuosas, es posible volver a soldar sin necesidad de repetir el proceso PWHT.

45 Estos objetivos se consiguen, de acuerdo con la presente invención, proporcionando un aparato y un método para proteger la lámina de tubo de una caldera en bucle de gas de síntesis, tal como se establece en las reivindicaciones adjuntas. En particular, estos objetivos se consiguen con una caldera en bucle de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 1 y un método de acuerdo con la reivindicación 6 para insertar y para soldar un manguito de protección en un orificio de entrada de una lámina de tubo de una caldera en bucle de gas de síntesis.

50 Debe señalarse que el ámbito del aparato de protección de la lámina de tubo de una caldera en bucle de gas de síntesis, de acuerdo con la presente solicitud, no es proteger los tubos de la lámina de tubo en el emplazamiento que se muestra en el documento US 7574981 B1. Por el contrario, el ámbito del aparato de protección de la lámina de tubo de una caldera en bucle de gas de síntesis de acuerdo con la presente solicitud es permitir la soldadura del tubo de la virola al material de la lámina de tubo sin necesidad de tratar térmicamente la soldadura. El material base de la lámina de tubo (generalmente acero ferrítico de grado 22) requiere un tratamiento térmico posterior de la soldadura después de la soldadura para reducir el esfuerzo de soldadura y conseguir estructuras templadas. De acuerdo con la presente solicitud, se trata con calor después de la soldadura el revestimiento con Inconel®, después de la deposición, a continuación, se puede realizar la posterior instalación, retirada y re-soldadura de una nueva virola sin un proceso de tratamiento térmico adicional posterior a la soldadura (PWHT).

60 Otras características de la invención están indicadas en las reivindicaciones dependientes, que son una parte integral de la presente descripción.

65

Breve descripción de los dibujos

Las características y ventajas de un aparato y un método para proteger la lámina de tubo de una caldera en bucle de gas de síntesis de acuerdo con la presente invención quedarán más claras con la siguiente descripción ilustrativa y no exhaustiva, haciendo referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, en los que:

la Figura 1 es una vista esquemática de una caldera en bucle de gas de síntesis con haz de tubos dispuesto horizontalmente;

la Figura 2 es una vista transversal de un manguito para proteger la lámina de tubo de una caldera en bucle de gas de síntesis de acuerdo con la técnica anterior;

la Figura 3 es una vista ampliada del manguito de la Figura 2, en donde se muestra una macro sección de la soldadura entre el manguito y el orificio de la lámina de tubo. La soldadura implica el manguito de Inconel® y el material de lámina de tubo de grado F22;

la Figura 4 es una vista transversal de un aparato para proteger la lámina de tubo de una caldera en bucle de gas de síntesis de acuerdo con la presente invención;

la Figura 5 es una vista ampliada de un recubrimiento de soldadura en el orificio del aparato de la Figura 4, en donde se muestra una macro sección de un recubrimiento de soldadura Inconel® dentro del orificio de la lámina de tubo. En esta etapa, el recubrimiento de soldadura se mecaniza previamente en una forma cilíndrica, para permitir el examen volumétrico mediante una sonda ultrasónica destinada a ello para detectar posibles defectos de soldadura;

la Figura 6 es una vista ampliada de un manguito soldado a un recubrimiento de soldadura en el orificio del aparato de la Figura 4, en donde se muestra una macro sección de la soldadura acabada entre el manguito y el recubrimiento de soldadura dentro del orificio de la lámina de tubo. Debe señalarse que la soldadura del manguito no afecta al material base de la lámina de tubo de grado F22, estando la soldadura y su zona afectada completamente dentro del recubrimiento de soldadura. Esto permite futuras re-soldaduras sin realizar ningún proceso PWHT;

las Figuras 7A-7G muestran la secuencia de fabricación de la lámina de tubo y el correspondiente recubrimiento de soldadura obtenido dentro del orificio de la lámina de tubo;

la Figura 8 es una vista ampliada de la lámina de tubo, que muestra una etapa de fabricación del recubrimiento de soldadura;

la Figura 9 muestra un bloque de calibración que simula un orificio de lámina de tubo provisto del recubrimiento de soldadura. El bloque de calibración se puede utilizar para realizar pruebas con la sonda ultrasónica; y

la Figura 10 es otra vista ampliada de la lámina de tubo, que muestra una etapa de fabricación adicional del recubrimiento de soldadura, es decir, la soldadura entre el manguito y el recubrimiento de soldadura de Inconel®.

Descripción detallada de la realización preferente

Haciendo referencia a las figuras, se muestra una realización de un aparato para proteger la lámina de tubo de una caldera en bucle de gas de síntesis de acuerdo con la presente invención. La caldera en bucle de gas de síntesis es del tipo que comprende una carcasa 12 que rodea un haz de tubos 14. Aunque la caldera en bucle de gas de síntesis se muestra en una orientación horizontal, también puede orientarse verticalmente o en cualquier ángulo con respecto a una superficie horizontal.

El haz de tubos 14 comprende una pluralidad de tubos 16. Los tubos 16 son preferentemente tubos en forma de U, pero el aparato y el método de acuerdo con la presente invención se pueden aplicar también a haces de tubos con tubos rectos. Cada uno de los extremos de los tubos 16 está unido a una lámina de tubo 18 provista de los correspondientes orificios de entrada 20 de la lámina de tubo para la entrada del gas de síntesis en la caldera 10. La lámina de tubo 18, normalmente, puede fabricarse con un acero de baja aleación de grado F11, F12, F21, F22, F22V o equivalente, preferentemente con un acero de baja aleación grado F22.

Cada orificio de entrada 20 de la lámina de tubo está provisto internamente de al menos un manguito de protección 22 soldado por ambos extremos a las superficies correspondientes de dicho orificio de entrada 20 de la lámina de tubo. Cada manguito de protección 22, normalmente, puede fabricarse con una súper aleación austenítica a base de níquel-cromo conocida por la marca Inconel®.

Por ejemplo, las figuras 2 y 3 muestran una configuración de soldadura de acuerdo con la técnica anterior, en donde al menos un extremo del manguito de protección Inconel® 22 está soldado directamente al material F22 de la lámina de tubo 18. Esta soldadura requiere un tratamiento térmico posterior a la soldadura para templar la zona del material base de la lámina de tubo 18 afectada por el calor para alcanzar valores de dureza adecuados para el servicio de H₂ (generalmente, los valores de dureza de referencia son los señalados por el ensayo API 934).

Las Figuras 4-6 muestran una configuración de soldadura de acuerdo con la presente invención, en donde se instala al menos un recubrimiento de soldadura 24B de orificio, dentro de cada orificio de entrada 20 de la lámina de tubo. Más precisamente, de una manera conocida en sí, cada orificio de entrada 20 de la lámina de tubo está provisto del correspondiente primer recubrimiento de soldadura 24A colocado en la boca de entrada de dicho orificio de entrada 20 de la lámina de tubo, de modo que un primer extremo de cada manguito de protección 22 está soldado a dicho

primer recubrimiento de soldadura 24A. Además, de acuerdo con la presente invención, cada orificio de entrada 20 de la lámina de tubo está provisto internamente de al menos una ranura 26 de orificio que contiene el correspondiente segundo recubrimiento de soldadura 24B de orificio, de modo que el segundo extremo de cada manguito de protección 22 está soldado a dicho segundo recubrimiento de soldadura 24B en el orificio.

5 Preferentemente, cada recubrimiento de soldadura 24A, 24B está fabricado con la súper-aleación Inconel®, o con una aleación austenítica a base de níquel o acero y, preferentemente, se proporciona en ambos extremos del manguito de protección Inconel® 22. Es decir, cada manguito de protección Inconel® 22 queda soldado por ambos extremos a los correspondientes recubrimientos de soldadura Inconel® 24A, 24B, con la posibilidad de retirar y reinstalar sin realizar ningún proceso de tratamiento térmico posterior a la soldadura (PWHT).

15 Haciendo referencia a las figuras 5 y 6, la zona del segundo recubrimiento de soldadura Inconel® afectada por el calor en el material base de la lámina de tubo 18 se trata térmicamente durante la fabricación de la caldera 10. La soldadura entre el manguito de protección 22 Inconel® y el segundo recubrimiento de soldadura 24B Inconel® en el orificio no necesita tratamiento térmico, estando su zona afectada por el calor enteramente en dicho segundo recubrimiento de soldadura 24B, Inconel®, en el orificio sin afectar al material base.

20 La fabricación de la nueva solución consistió en desarrollar nuevos procedimientos de soldadura para depositar el segundo recubrimiento de soldadura 24B Inconel® en el orificio dentro de la ranura 26 del orificio y para soldar el manguito de protección 22 Inconel® a dicho segundo recubrimiento de soldadura 24B Inconel® en el orificio. El método para insertar y para soldar el segundo recubrimiento de soldadura 24B de orificio, Inconel®, dentro de la ranura 26 del orificio de la lámina de tubo 18 comprende la etapa preliminar de obtener al menos un orificio de entrada 20 de la lámina de tubo, en dicha lámina de tubo 18, tal como se muestra en la figura 7A. Cada orificio de entrada 20 de la lámina de tubo se obtiene preferentemente perforando la lámina de tubo 18. A continuación, se obtiene al menos una ranura 26 de orificio dentro de cada orificio de entrada 20 de la lámina de tubo por mecanizado de la ranura, tal como se muestra en la figura 7B.

30 El segundo recubrimiento de soldadura 24B Inconel® en el orificio se deposita a continuación en la correspondiente ranura 26 del orificio por soldadura, preferentemente, a través de un proceso de soldadura de múltiples pasadas. Este procedimiento se muestra en la figura 7C y, con mayor detalle, en la figura 8. Por ejemplo, tal como se muestra en la figura 8, el segundo recubrimiento de soldadura 24B Inconel® depositado se puede obtener con al menos 5 pasadas de soldadura de acuerdo con una secuencia de soldadura predeterminada y puede tener un espesor superior a 4,5 mm.

35 Preferentemente, se mecaniza previamente el segundo recubrimiento de soldadura 24B Inconel® en el orificio con una forma cilíndrica, tal como se muestra en la figura 7D. Esta operación, además de facilitar la inserción del manguito de protección 22 Inconel® en el orificio de entrada 20 de la lámina de tubos, es necesaria para realizar la prueba ultrasónica (UT) del recubrimiento de soldadura 24B Inconel®, tal como se describe más adelante en el presente documento.

40 Se ha desarrollado un procedimiento de prueba no destructiva (NDT) para comprobar el segundo recubrimiento de soldadura 24B Inconel®. En detalle, después de la deposición del segundo recubrimiento de soldadura 24B Inconel® en el orificio y después del correspondiente pre-mecanizado, es inspeccionado dicho segundo recubrimiento de soldadura 24B Inconel® en el orificio mediante una sonda UT automática adaptada (no se muestra). La sonda UT proporciona una representación de exploración circular del segundo recubrimiento de soldadura 24B Inconel® en el orificio y se lleva a cabo para detectar fallos de unión.

50 Con mayor precisión, la sonda UT podría estar equipada con dos cristales en tándem, transmisor y receptor, y podría colocarse dentro del orificio de entrada 20 de la lámina de tubo en la ranura 26 del orificio, en el eje longitudinal. La sonda UT se mueve siguiendo una trayectoria de hélice con un paso de 0,5 mm. La sonda UT se debe mover sobre la superficie interna del diámetro interior y debe cubrir toda la superficie del segundo recubrimiento de soldadura 24B Inconel® en el orificio.

55 Los datos ultrasónicos obtenidos por la sonda UT se procesan y se almacenan sin procesar. Durante la exploración, se pueden generar en línea las imágenes exploradas. Después de finalizar la exploración, se deberá evaluar los datos y documentarse fuera de línea. Los resultados finales se presentan en términos de posición, longitud y emplazamiento de profundidad del reflector en relación con la sección de soldadura.

60 Puede realizarse un proceso de calibración preliminar de la sonda UT utilizando un bloque de calibración 28 específica (figura 9), que simula un orificio de entrada de la lámina de tubo provisto de la ranura de orificio y el segundo recubrimiento de soldadura Inconel® en el orificio. La forma del recubrimiento de soldadura y las dimensiones principales del bloque de calibración 28 son sustancialmente idénticas a las correspondientes obtenidas en la lámina de tubo 18 de la caldera en bucle de gas de síntesis 10. Además, el bloque de calibración 28 se fabrica con la misma calidad y forma del material que la lámina de tubo 18 de la caldera en bucle de gas de síntesis 10.

El bloque de calibración 28 está provisto de una pluralidad de orificios de calibración y/o verificación 30, 32 obtenidos en el correspondiente recubrimiento de soldadura. La calibración del rango de cobertura de la exploración se establecerá para detectar claramente todos los orificios 30, 32 del bloque de calibración 28. El rango de cobertura de la exploración se establecerá en el software de la sonda UT.

5 El segundo recubrimiento de soldadura 24B Inconel® en el orificio se mecaniza por último (figura 7E) para crear el correspondiente biselado de soldadura 34 (figura 10). El manguito de protección 22 se inserta manualmente en el orificio de entrada 20 de la lámina de tubo y luego se suelda, por un segundo extremo del mismo al segundo recubrimiento de soldadura 24B Inconel® en el orificio (figuras 7F y 7G). El manguito de protección 22 se expande así dentro del orificio de entrada 20 de la lámina de tubo.

15 Después de la etapa de mecanizado final del segundo recubrimiento de soldadura 24B Inconel® en el orificio, se puede comprobar tanto la superficie del segundo recubrimiento de soldadura 24B en el orificio como el manguito de protección 22, una vez soldado a dicho segundo recubrimiento de soldadura 24B Inconel® en el orificio, a través de un ensayo de penetración (PT) que adopta un dispositivo de inspección óptica para aplicar el revelador, que consiste por ejemplo en un boroscopio. La soldadura entre el manguito de protección 22 y el segundo recubrimiento de soldadura 24B Inconel® en el orificio puede ser tanto una soldadura por fusión completa o parcial de acuerdo los requisitos específicos.

20 En el caso de que la soldadura entre el manguito de protección 22 y el segundo recubrimiento de soldadura 24B Inconel® en el orificio se obtenga a través de un proceso de soldadura por fusión completa, es posible un sofisticado examen de prueba ultrasónica (UT) de la soldadura. La prueba ultrasónica se realiza mediante una sonda de orificio especial que genera ondas de desplazamiento UT y proporciona una representación de exploración de tipo A. La prueba ultrasónica puede detectar defectos tanto en la superficie como en la raíz.

25 El proceso de fabricación se completa mediante la soldadura del primer recubrimiento de soldadura 24A en el primer extremo del manguito de protección 22, así como mediante la soldadura de los tubos 16 a la lámina de tubo 18 a través de una técnica de soldadura interna de orificio. La caldera 10 se completa a continuación según el modo conocido en sí y se puede llevar a cabo el proceso de tratamiento térmico posterior a la soldadura (PWHT).

30 Puede observarse, por tanto, que con el aparato y el método para proteger la lámina de tubo de una caldera en bucle de gas de síntesis de acuerdo con la presente invención se consiguen los objetivos descritos anteriormente obteniéndose, en particular, las siguientes ventajas:

- 35
- la posibilidad de retirar y reinstalar el manguito sin realizar ningún proceso de tratamiento térmico posterior a la soldadura (PWHT);
 - la posibilidad de reparar en el sitio la soldadura del manguito en caso de fallo; y
 - la posibilidad de retirar y reemplazar en el sitio el manguito para la inspección del material base de la lámina de tubo.

40 El aparato y el método para proteger la lámina de tubo de una caldera en bucle de gas de síntesis de la presente invención así concebidos son susceptibles en cualquier caso de numerosas modificaciones y variantes, que entran todas ellas dentro del mismo concepto inventivo; además, todos los detalles pueden ser sustituidos por elementos técnicamente equivalentes. En la práctica, los materiales utilizados, así como las formas y el tamaño, pueden ser de cualquier tipo, de acuerdo con los requisitos técnicos.

45 El alcance de protección de la invención queda, por lo tanto, definido por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Caldera en bucle de gas de síntesis (10), que comprende una carcasa (12), que rodea un haz de tubos (14), en donde dicho haz de tubos (14) comprende una pluralidad de tubos (16), en donde cada extremo de los tubos (16) está unido a una lámina de tubo (18), provista de los correspondientes orificios de entrada de la lámina de tubo (20) para la entrada del gas de síntesis en la caldera (10), en donde cada orificio de entrada de la lámina de tubo (20) está provisto internamente de al menos un manguito de protección (22), soldado por ambos extremos a las superficies correspondientes de dicho orificio de entrada de la lámina de tubo (20), y en donde cada orificio de entrada de la lámina de tubo (20) está provisto de un respectivo primer recubrimiento de soldadura (24A), situado en la boca de entrada de dicho orificio de entrada de la lámina de tubo (20), de modo que un primer extremo de cada manguito de protección (22) está soldado a dicho primer recubrimiento de soldadura (24A), estando la caldera en bucle de gas de síntesis (10) **caracterizada por que** cada orificio de entrada de la lámina de tubo (20) está provisto internamente de al menos una ranura del orificio (26), que contiene un segundo recubrimiento de soldadura (24B) en el orificio respectivo, de modo que el segundo extremo del manguito de protección (22) está soldado a dicho segundo recubrimiento de soldadura (24B) en el orificio.
2. Caldera en bucle de gas de síntesis (10) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** la lámina de tubo (18) está fabricada con un material seleccionado del grupo que consiste en:
- acero de baja aleación de grado F11;
 - acero de baja aleación de grado F12;
 - acero de baja aleación de grado F21;
 - acero de baja aleación de grado F22; y
 - acero de baja aleación de grado F22V.
3. Caldera en bucle de gas de síntesis (10) de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada por que** cada manguito de protección (22) está fabricado con una súper-aleación a base de cromo-níquel austenítica.
4. Caldera en bucle de gas de síntesis (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada por que** cada recubrimiento de soldadura (24A, 24B) está fabricado con un acero austenítico o con una aleación a base de níquel.
5. Caldera en bucle de gas de síntesis (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada por que** dichos tubos (16) son tubos en forma de U.
6. Método para insertar y para soldar un manguito de protección (22) en un orificio de entrada de la lámina de tubo (20), correspondiente de una caldera en bucle de gas de síntesis (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el método las etapas de:
- obtener al menos un orificio de entrada de la lámina de tubo (20) en la lámina de tubo (18) de la caldera en bucle de gas de síntesis (10);
 - obtener al menos una ranura de orificio (26) dentro de cada orificio de entrada de la lámina de tubo (20) mediante el de la ranura;
 - depositar un segundo recubrimiento de soldadura (24B) en el orificio, dentro de una ranura del orificio (26) correspondiente por soldadura;
 - insertar el manguito protector (22) en el orificio de entrada de la lámina de tubo (20);
 - soldar el manguito de protección (22) por un segundo extremo del mismo al segundo recubrimiento de soldadura (24B) en el orificio; y
 - soldar el manguito de protección (22) por un primer extremo del mismo al primer recubrimiento de soldadura (24A).
7. Método de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado por que** dicho segundo recubrimiento de soldadura (24B) en el orificio está soldado a dicha ranura de orificio (26) correspondiente a través de un proceso de soldadura de múltiples pasadas.
8. Método de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** cada segundo recubrimiento de soldadura (24B) en el orificio se obtiene a través de al menos 5 pasadas de soldadura de acuerdo con una secuencia de soldadura predeterminada.
9. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, **caracterizado por que** cada segundo recubrimiento de soldadura (24B) en el orificio tiene un espesor superior a 4,5 mm.
10. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, **caracterizado por que** cada orificio de entrada de la lámina de tubo (20) se obtiene perforando la lámina de tubo (18).
11. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, **caracterizado por que**, tras la etapa de

deposición del segundo recubrimiento de soldadura (24B) en el orificio, y antes de la etapa de inserción del manguito de protección (22), se lleva a cabo una etapa de pre-mecanizado del segundo recubrimiento de soldadura (24B) en el orificio a una forma cilíndrica para facilitar la inserción de dicho manguito de protección (22) dentro del orificio de entrada de la lámina de tubo (20).

5 12. Método de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado por que**, tras la etapa de pre-mecanizado, se lleva a cabo una etapa de mecanizado final del segundo recubrimiento de soldadura (24B) en el orificio para crear un respectivo biselado de soldadura (34).

10 13. Método de acuerdo con las reivindicaciones 11 o 12, **caracterizado por que**, tras la etapa de deposición del segundo recubrimiento de soldadura (24B) en el orificio, y después de la respectiva etapa de pre-mecanizado, se lleva a cabo un procedimiento de pruebas no destructivas (NDT) para comprobar la soldadura entre dicho segundo recubrimiento de soldadura (24B) en el orificio y dicho manguito de protección (22), en donde dicho segundo recubrimiento de soldadura (24B) en el orificio es inspeccionado a través de una prueba ultrasónica (UT), realizada a
15 través de una sonda UT.

14. Método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que** se lleva a cabo un proceso de calibración preliminar de la sonda UT, utilizando un bloque de calibración (28), que simula un orificio de entrada de la lámina de tubo provista de una ranura de orificio, y un segundo recubrimiento de soldadura en el orificio, en donde la forma del
20 recubrimiento de soldadura y las dimensiones principales del bloque de calibración (28) son sustancialmente idénticas a las correspondientes obtenidas en la lámina de tubo (18) de la caldera en bucle de gas de síntesis (10), y en donde el bloque de calibración (28) está fabricado con la misma calidad y forma de material que el de dicha lámina de tubo (18).

25 15. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, **caracterizado por que**, tras la etapa de mecanizado final del segundo recubrimiento de soldadura (24B) en el orificio, se comprueban tanto la superficie del segundo recubrimiento de soldadura (24B) en el orificio como el manguito de protección (22), una vez soldado a dicho segundo recubrimiento de soldadura (24B) en el orificio, a través de un ensayo de penetración (PT), adoptando un dispositivo de inspección óptica.
30

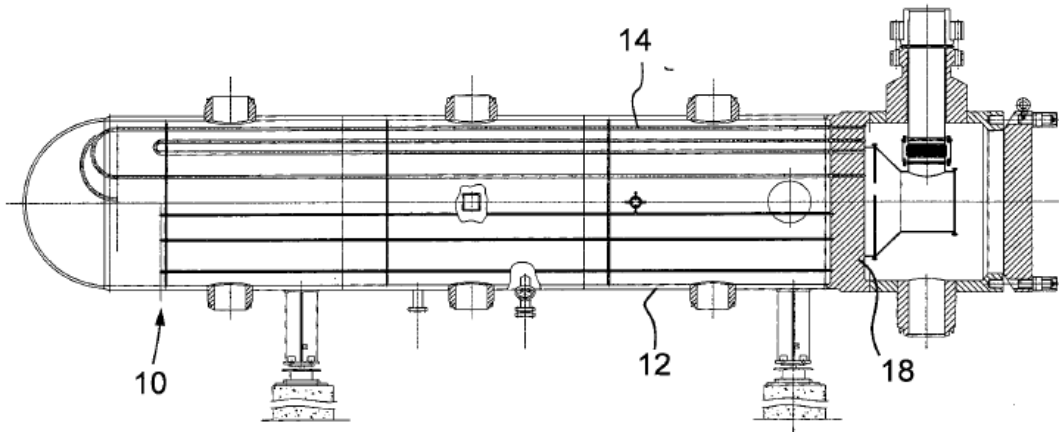


Fig. 1

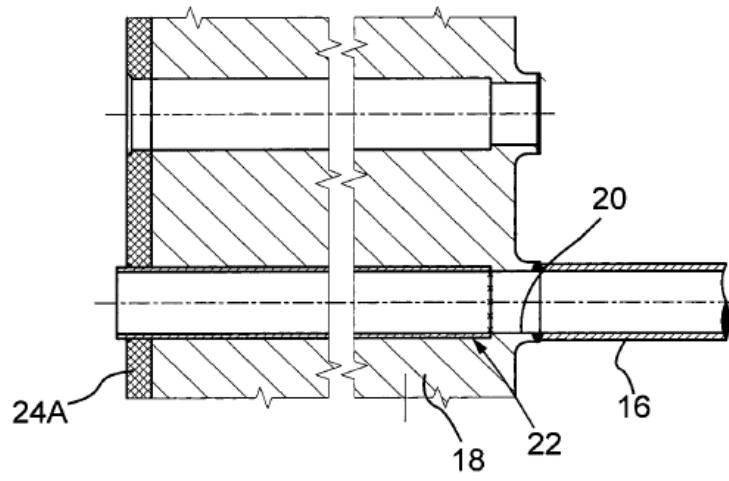


Fig. 2

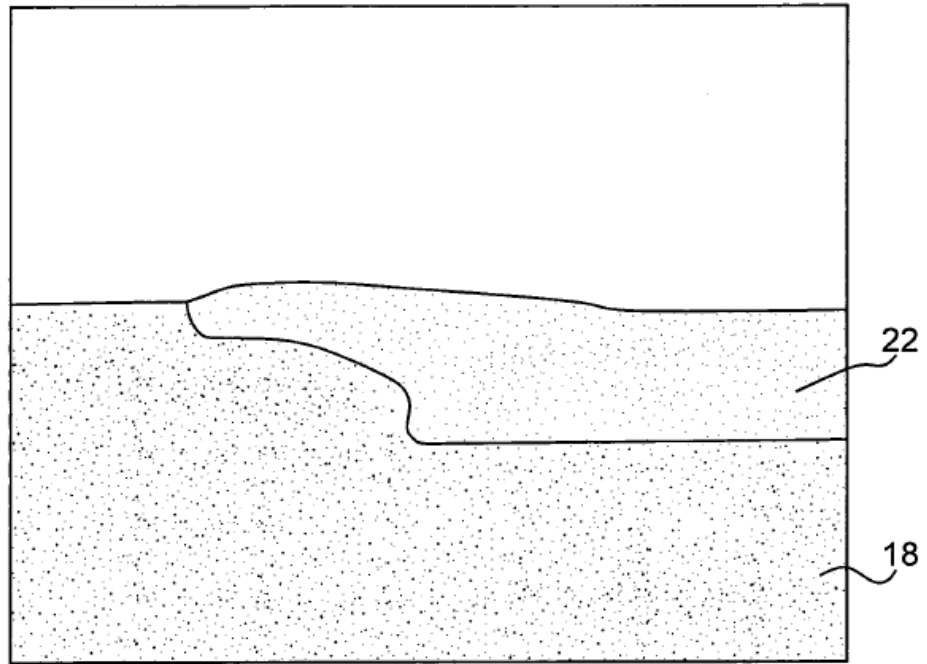


Fig. 3

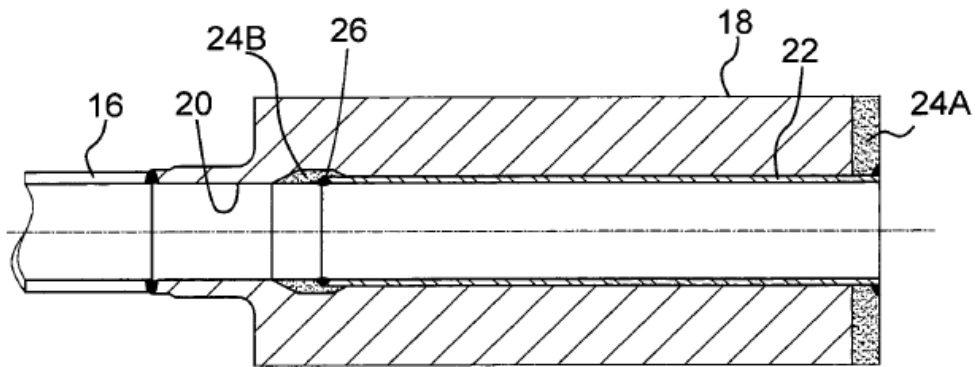


Fig. 4

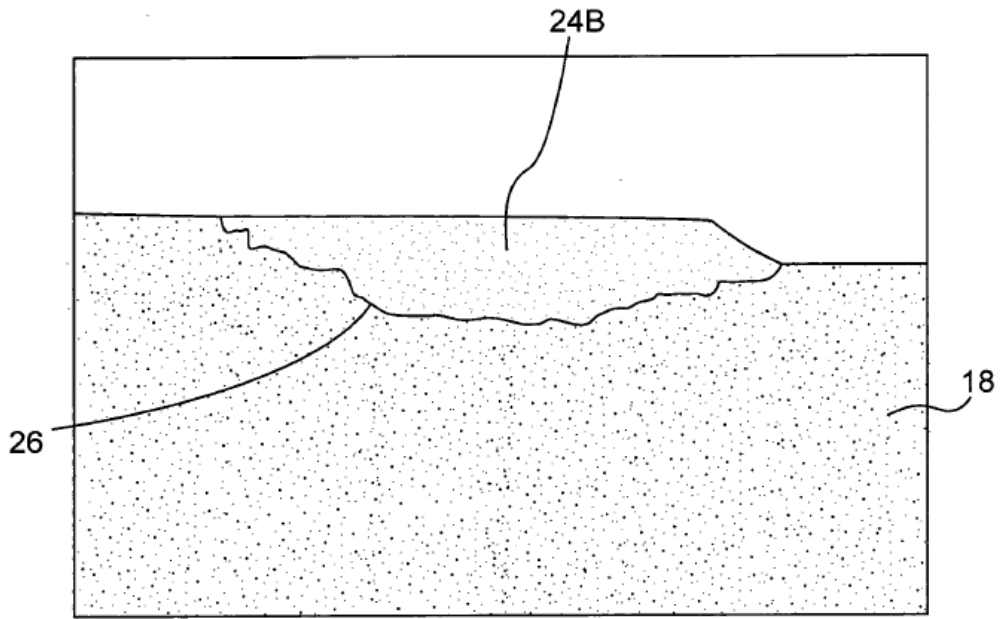


Fig. 5

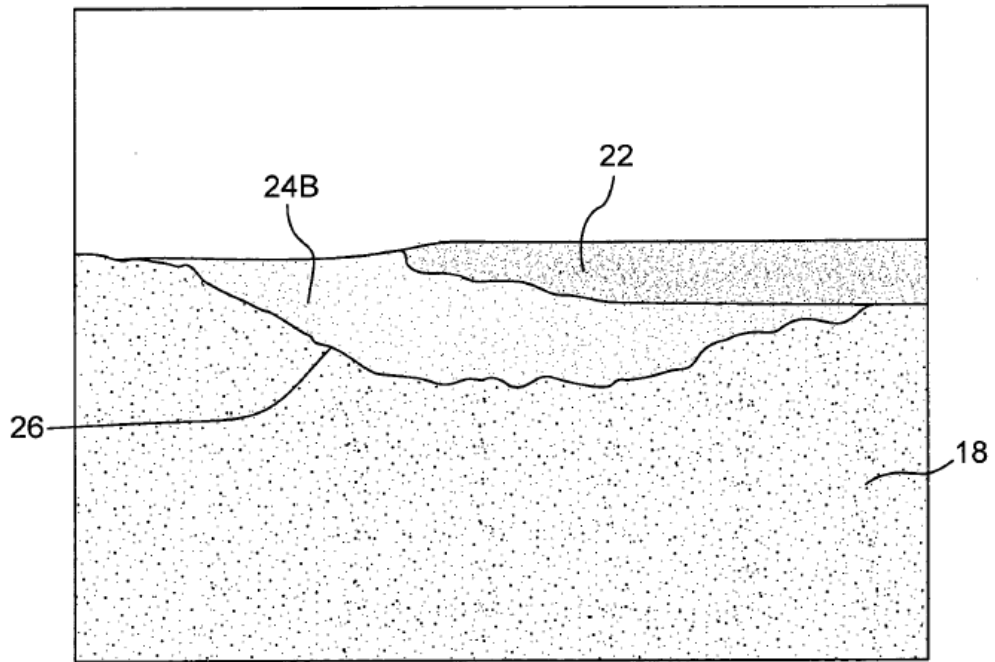


Fig. 6

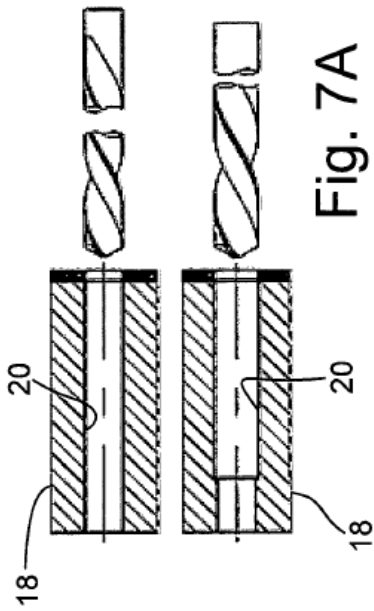


Fig. 7A

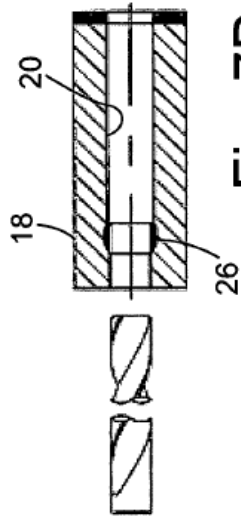


Fig. 7D

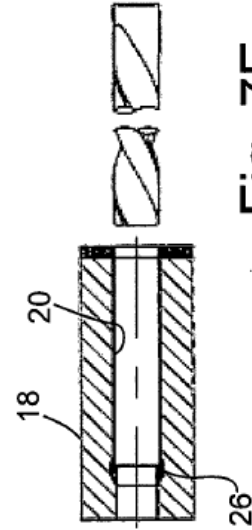


Fig. 7E

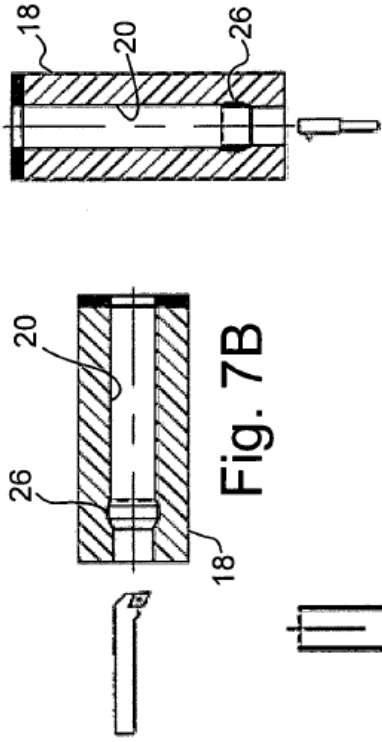


Fig. 7C

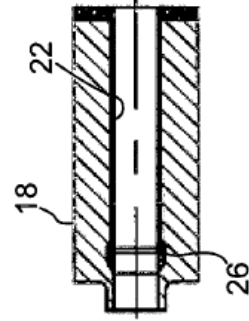


Fig. 7G

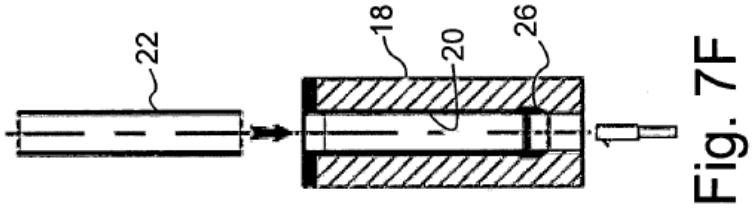


Fig. 7F

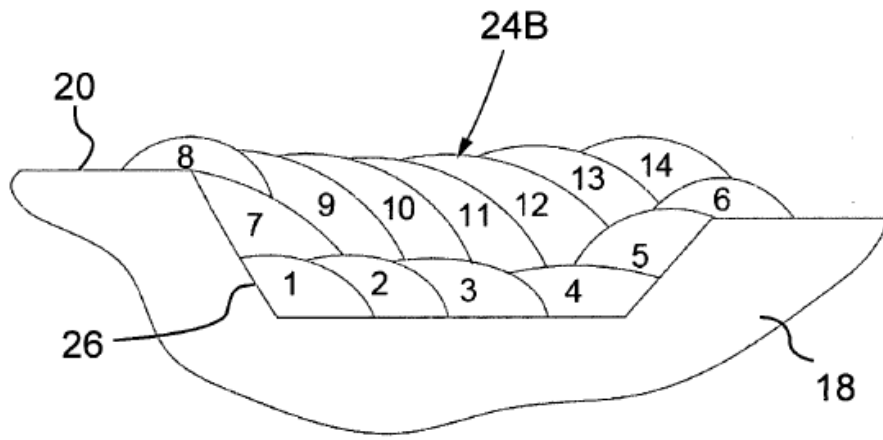


Fig. 8

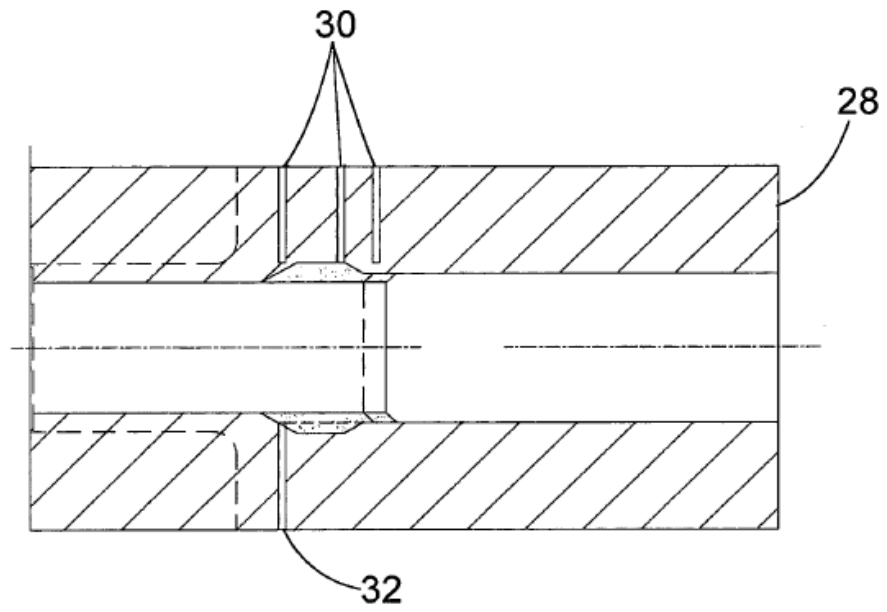


Fig. 9

Fig. 10

