



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 363 248**

51 Int. Cl.:
F28F 9/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06762346 .2**

96 Fecha de presentación : **03.07.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1902267**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **26.03.2008**

54 Título: **Intercambiador de calor de haz tubular con revestimiento de fondo de tubo resistente al desgaste.**

30 Prioridad: **07.07.2005 DE 10 2005 032 118**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.07.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.07.2011

73 Titular/es: **RUHR OEL GmbH**
Johannastrasse 2-8
45899 Gelsenkirchen, DE

72 Inventor/es: **Gillessen, Christoph;**
Schielke, Helmut;
Heisterkamp, Marco;
Oelmann, Werner y
Schwarz, Oliver

74 Agente: **Roeb Díaz-Álvarez, María**

ES 2 363 248 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Intercambiador de calor de haz tubular con revestimiento de fondo de tubo resistente al desgaste

5 La invención se refiere a un intercambiador de calor de haz tubular con revestimiento de fondo de tubo resistente al desgaste para el uso en instalaciones térmicas de craqueo según el preámbulo de la reivindicación 1. El documento EP-A-0567674 describe un intercambiador de calor de este tipo.

Este tipo de intercambiadores de calor de haz tubular se usa, por ejemplo, en instalaciones de etileno para la
10 producción de etileno por craqueo térmico aguas abajo de un conducto de transferencia de un horno de craqueo y se identifica como dispositivo enfriador de gas de craqueo (Transferline Exchanger, TLE).

Los dispositivos enfriadores de gas de craqueo tienen que cumplir requisitos extraordinariamente altos en relación con la construcción y las propiedades del material. La mezcla reactiva, que sale caliente (hasta 850°C
15 aproximadamente) del horno de craqueo por la pirolisis de hidrocarburos, como la nafta, el LPG, el etano o también el residuo de hidro craqueo (Unconverted Oil, Waxy), se tiene que enfriar rápidamente en los dispositivos enfriadores de gas de craqueo a fin de evitar reacciones secundarias no deseadas. El dispositivo enfriador de gas de craqueo o intercambiador de calor de haz tubular sirve como caldera recuperadora de calor perdido, en la que se puede
20 generar vapor de alta presión mediante la evaporación de agua de alimentación conducida en el lado de la envoltura.

Durante el proceso se forman en los hornos de craqueo depósitos de coque que se han de eliminar en ciertos intervalos de tiempo (de 60 a 80 días) mediante la oxidación por aire. Para el descoquizado se conduce una mezcla de aire/vapor a través de los tubos del horno de craqueo con una potencia reducida del horno, mediante la que se
25 queman los depósitos con contenido de carbono. En este caso se disuelven también las partículas de coque que se conducen con el gas de descoquizado en el recorrido del gas de craqueo a través del dispositivo enfriador de gas de craqueo hacia el conducto de descoquizado.

El gas de craqueo o el gas de descoquizado, que sale del horno de craqueo a alta velocidad, entra usualmente
30 desde abajo a través de un conducto de transferencia a una cámara de entrada de gas, dispuesta de forma axial, en el dispositivo enfriador de gas de craqueo y choca con el fondo inferior de tubo para ser alimentado al proceso ulterior después de atravesar el dispositivo enfriador de gas de craqueo.

A pesar de los tiempos cortos de espera, el gas de craqueo contiene partículas de coque que actúan a altas
35 velocidades del gas de craqueo de manera que provocan una fuerte erosión. Para enfriar rápidamente la mezcla reactiva caliente, producida en el horno de craqueo, el recorrido entre el horno de craqueo y los tubos de enfriamiento se ha de realizar lo más rápido posible. Debido a la forma constructiva corta, condicionada por esto, de la cámara de entrada de aire, cuyo diámetro se amplía usualmente desde el conducto de transferencia hasta el dispositivo enfriador, la corriente de gas con las partículas de coque se concentra en la zona central del fondo de
40 tubo y de los tubos de enfriamiento que se ven fuertemente afectados. El debilitamiento provocado de este modo en las paredes bajo presión requiere gastos considerables de mantenimiento y los tiempos de parada asociados a esto provocan pérdidas de producción.

Para la solución de problemas comparables se conocen distintos planteamientos que se basan en el uso de
45 materiales cerámicos refractarios como revestimientos, piezas moldeadas o recubrimientos.

Del documento EP-A-0567674 se conocen intercambiadores de calor para enfriar el gas de síntesis producido en una instalación de gasificación de carbón, en los que el fondo de tubo con una capa cerámica, que se encuentra
50 situado en el lado de la entrada de gas, está compuesto de casquillos individuales en forma de paralelepípedo que están dispuestos uno al lado de otro y chocan entre sí en los cantos externos, presentando cada casquillo un orificio cónico que se estrecha en una sección de tubo que penetra en un tubo del intercambiador de calor. Esta solución no representa un cierre hermético al gas entre los elementos individuales en forma de paralelepípedo. Esto provocaría en dispositivos enfriadores de gas de craqueo de una instalación de olefinas la formación de coque en los espacios intermedios y la destrucción de los materiales. Además, los extremos de los casquillos usados formarían un canto de
55 salida en el tubo, lo que provocaría en caso de altas velocidades de la corriente en dispositivos enfriadores de gas de craqueo fuertes turbulencias acompañadas de erosiones adicionales.

El documento DE-C-4404068 da a conocer un revestimiento cerámico formado por cuerpos moldeados refractarios. Estos pueden ser, por ejemplo, hexagonales y están provistos de agujeros, a través de los que pueden engranar los

pasadores o ganchos soldados en el lado inferior del fondo de tubo. El cuerpo moldeado se suspende de este modo del fondo de tubo. Con esta construcción no se obtiene un recubrimiento sin fugas.

Asimismo es conocido equipar los tubos de enfriamiento, instalados en un reactor, con un recubrimiento refractario que inhibe la erosión (véase el documento US4124068), a fin de reducir el riesgo de un fallo en el tubo y la entrada de agua fría en la mezcla reactiva circundante a temperatura elevada.

El documento DE19534823A1 propone recubrir los fondos de tubo en el lado de la entrada de gas con un producto refractario de fraguado químico que es resistente a la erosión y en el que el recubrimiento a partir de una masa apisonada se dispone primero en una forma posible de procesar y se quema a continuación para obtener una masa refractaria.

Estas aplicaciones tienen en común que unen los materiales cerámicos, o sea, no metálicos, con el material metálico del aparato que es esencialmente acero. En la práctica se ha comprobado que la combinación entre elementos constructivos cerámicos y metálicos requiere un coste especial de procesamiento, montaje y mantenimiento debido a las propiedades diferentes del material, como el coeficiente de dilatación térmica, así como la deformabilidad diferente (frágil/dúctil), y a menudo resulta problemática. En caso de casquillos insertados de cerámica se origina además el problema de turbulencias y, por tanto, de una sollicitación especial del material en el extremo trasero del casquillo, visto en dirección de la corriente, debido al canto de salida existente aquí. A diferencia de las realizaciones del documento DE19534823 se ha comprobado que no es practicable un recubrimiento con una masa refractaria sólo en la zona principal en el centro del fondo de tubo, ya que la superficie no uniforme del fondo de tubo en interacción con las diferentes propiedades del material provoca problemas especiales en la zona de transición, es decir, en el canto externo de la masa refractaria, por ejemplo, debido a su desprendimiento o a la erosión especialmente fuerte por turbulencia en el canto. Además, al aplicarse un recubrimiento con un producto refractario sólo queda protegido el fondo de tubo como tal. Sin embargo, es ventajoso proteger también al menos el elemento delantero del tubo respectivo de enfriamiento, visto en la dirección de la corriente. Esto sólo se puede lograr mediante el uso de un casquillo o manguito.

Se ha intentado solucionar el problema de una circulación y sollicitación esencialmente mayor en la zona principal en comparación con las zonas marginales, entre otros, mediante piezas cónicas incorporadas (véase el documento US-PS3552487) o mediante dispositivos de desviación de tipo difusor sin piezas incorporadas (véase el documento DE-PS2160372) en las cámaras de entrada.

Se propone también proveer el intercambiador de calor de haz tubular de piezas incorporadas, hechas a partir de barras y dobladas en forma de anillo, tanto para unificar la corriente a través de la cámara de entrada como para proteger el fondo de tubo contra la erosión, estando dispuestos los anillos a lo largo de la superficie de un cono, cuya punta está dirigida hacia la entrada de gas (véase el documento EP0377089A1).

De esta forma esto se deben frenar las partículas de coque conducidas por el gas, que circula a gran velocidad, en la corriente principal y desviarse parcialmente en sentido radial hacia afuera, de modo que no se produzcan más daños por erosión en el fondo de tubo y los tubos. Por la otra parte, a este tipo de piezas incorporadas va asociada una presión diferencial no deseada y una pérdida de rendimiento debido al aumento correspondiente de los tiempos de espera.

La invención sigue otro camino al pretender lograr una protección eficaz contra la erosión mediante un revestimiento metálico del fondo de tubo y de la zona de entrada de los tubos de enfriamiento. La erosión en el fondo de tubo situado en el lado de la entrada y en los tubos de enfriamiento hacía necesaria la realización de paradas periódicas para trabajos de inspección y mantenimiento en los dispositivos enfriadores de gas de craqueo. La solución en el pasado consistía en recuperar nuevamente el espesor necesario de pared en los fondos de tubo mediante soldadura de recargue y sustituir los tubos de enfriamiento por secciones. Este procedimiento es muy costoso y no es satisfactorio en relación con la capacidad de resistencia del material usado, ya que éste presenta sólo las mismas propiedades que el material usado originalmente.

Se comprobó que la erosión del material en la zona de la entrada de gas no sólo se produce por la erosión mecánica, sino también por la interacción de la corrosión por altas temperaturas (oxidación) y la erosión mecánica de los productos formados de la corrosión (óxido de hierro).

Por tanto, el objetivo de la invención es aplicar sobre el fondo de tubo y la zona de entrada de los tubos de enfriamiento un revestimiento metálico con una gran resistencia a la corrosión por altas temperaturas, que presente

por lo demás propiedades de material similares al del material del aparato (ductilidad, coeficiente de dilatación térmica). Debe ser posible también un revestimiento parcial sin efectos secundarios negativos. Asimismo, el revestimiento se ha de poder aplicar y volverse a quitar o sustituir con facilidad.

- 5 Este objetivo se consiguió mediante un intercambiador de calor de haz tubular provisto de un revestimiento de fondo de tubo resistente al desgaste, producido aquí, para el uso en instalaciones térmicas de craqueo, de tubos (1) de enfriamiento, a través de los que circula el gas que se va a enfriar y que se sujetan en sus extremos mediante un fondo de tubo respectivamente, así como de una envoltura, a través de la que circula el medio refrigerante, estando cubierto al menos parcialmente el fondo (2) de tubo, situado en el lado de la entrada de gas, en su lado expuesto a
- 10 la corriente de gas entrante en el intercambiador de calor de haz tubular, con una capa de material compuesta en el lado frontal de manguitos individuales que chocan entre sí en los cantos externos y están dispuestos uno al lado de otro e insertados en los extremos del tubo (figura 1), caracterizado porque los manguitos insertables están hechos de un material metálico refractario.
- 15 Los manguitos insertables (figura 2) tienen básicamente una construcción simple, a saber están provistos en el caso más simple de un tubo (4) y una placa (5). El tubo está provisto de la placa en un extremo, encontrándose la superficie de la placa en un ángulo de 90° respecto al eje longitudinal del tubo. Dicho de otro modo, el tubo está situado en vertical sobre la placa. La placa (figura 3) está perforada, de modo que el gas entrante puede circular a través de la placa hacia el tubo. En una forma simple de realización, la placa presenta un taladro que es
- 20 preferentemente similar o igual al diámetro interior del tubo. El manguito insertable se fabrica como construcción soldada, mediante arranque de virutas, fundición o conformado en frío.

La placa está orientada preferentemente de forma centrada respecto al centro de la sección transversal del tubo. El eje longitudinal del tubo pasa entonces por el centro de la superficie de la placa. El taladro mencionado se encuentra

25 también convenientemente en el centro de la superficie de la placa.

La propia placa presenta una forma configurada de modo que los cantos externos de la placa chocan con los cantos externos de las placas de los manguitos contiguos de manera que el fondo de tubo situado en el lado de la entrada queda cubierto al menos parcialmente en toda su superficie o sin interrupción (figura 1).

- 30 Las formas geométricas adecuadas de las placas dependen de las relaciones geométricas, en las que se encuentran dispuestos los tubos individuales de enfriamiento. Las superficies geométricas individuales adecuadas, que forman por yuxtaposición una superficie mayor cerrada, son, por ejemplo, superficies triangulares, en especial superficies isósceles, cuadradas, en especial rectangulares, pero también rombos y hexágonos, en especial aquellas
- 35 superficies, en las que son idénticos todos los ángulos o todas las longitudes de los lados. Si los tubos del haz tubular están dispuestos de manera que en la vista en planta desde arriba se forma una rejilla cuadriculada, en la que los tubos marcan respectivamente los puntos de intersección y esta rejilla es un cuadrado, se prefiere entonces que las placas sean cuadradas.
- 40 El tubo del manguito presenta ventajosamente un diámetro exterior igual o ligeramente menor que el diámetro interior de los tubos de enfriamiento. Sólo en este caso se pueden insertar los tubos insertables con su tubo de forma ajustada exactamente en los tubos de enfriamiento. En la práctica se ha comprobado que una longitud óptima de los tubos de los manguitos insertables se sitúa en el intervalo de 50 a 200 mm. Son especialmente adecuados los tubos con una longitud de 70 a 150 mm. En especial resultan óptimos los tubos con una longitud de 100 a 120 mm,
- 45 porque esto está en correspondencia con la sección tubular de los tubos de enfriamiento que se somete a esfuerzos máximos en condiciones de funcionamiento.

El espesor del material del tubo y de la placa del manguito insertable está adaptado a las dimensiones restantes del intercambiador de calor de haz tubular y a las condiciones de funcionamiento. Normalmente resulta óptimo un

50 espesor aproximado de pared del tubo de 1 mm. La placa presenta con preferencia un espesor de 2 mm a 10 mm.

Como ya se mencionó, la erosión del material en la zona de entrada del gas se produce especialmente en la zona central de la placa de tubo, sometida a un gran esfuerzo, debido a la interacción de la corrosión por altas temperaturas (oxidación) y la erosión mecánica de los productos formados de la corrosión (óxidos de hierro). Esto es

55 un conocimiento nuevo, ya que en círculos especializados se partía hasta el momento del hecho de que la erosión del material se producía sólo o al menos mayormente por la abrasión mecánica. Esto le impidió al técnico el uso de recubrimientos metálicos a favor de recubrimientos cerámicos o recubrimientos de masa refractaria, máxime cuando el método de soldadura corriente anteriormente era trabajoso y costoso y no garantizaba una larga vida útil deseada.

La invención se basa también en el conocimiento de que los materiales metálicos, que en las condiciones dadas del proceso son suficientemente resistentes a la corrosión por altas temperaturas, o sea, en su superficie no se forman constantemente productos de corrosión, tienen una resistencia suficiente contra la sollicitación por abrasión puramente mecánica. Con preferencia se usan entonces aleaciones de metal resistentes a la corrosión por altas temperaturas, en especial aceros con alto contenido de cromo y aleaciones a base de níquel. Debido a su resistencia en las condiciones mencionadas del proceso se prefieren especialmente los aceros austeníticos para la fabricación de manguitos insertables.

Para obtener una corriente favorable de gas, esta entrada de los manguitos tiene una configuración cónica o redondeada (6).

Con el fin de que en el extremo del manguito introducido en el tubo de enfriamiento no se forme un canto de salida, que pueda provocar turbulencias y la erosión del material en el tubo de enfriamiento, el extremo de tubo del manguito insertable, opuesto a la placa, está achaflanado (7).

Otra ventaja de los manguitos insertables usados según la invención radica en la deformabilidad del material metálico con el que están fabricados. Esto permite unir de forma resistente y sin espacios libres los manguitos con el tubo de enfriamiento mediante procedimientos corrientes simples, por ejemplo, laminación. De manera alternativa a la laminación se puede usar también el procedimiento de aplicación hidráulica.

Las propiedades del material de los manguitos insertables permiten una realización de los manguitos con paredes delgadas, lo que minimiza la formación de un canto de salida en el extremo de tubo opuesto al lado frontal. Además, mediante un manguito delgado, unido fijamente con el tubo de enfriamiento, se impide sólo muy poco la transmisión de calor y la potencia frigorífica del intercambiador de calor de haz tubular no se ve afectada en este punto.

La presente invención presenta en comparación con el estado conocido de la técnica las siguientes ventajas:

- Las piezas de trabajo o los manguitos insertables son muy robustos en comparación con la cerámica y no se han de proteger especialmente contra choque o caída.
- En relación con la exactitud de las dimensiones tanto de los tubos de enfriamiento como del manguito no se han de cumplir requisitos tan altos como en el caso de la cerámica. Esto se debe, entre otros, a que mediante laminación o aplicación hidráulica se fabrica la unión fija entre el tubo de enfriamiento y el tubo de manguito. Por tanto, el procedimiento se puede aplicar especialmente también en la reparación o el reequipamiento de dispositivos enfriadores, ya usados, con tubos de enfriamiento de diámetro interior ampliado por erosión. En estos dispositivos enfriadores ya dañados es necesario un ensanchamiento mayor debido a la erosión producida en el material, que es posible sin problemas con los materiales usados. Durante la laminación o la aplicación hidráulica, los manguitos insertables se ensanchan un poco más que en el caso de tubos de enfriamiento comparables sin daños previos.
- Los costes de fabricación son bajos por el uso de materiales y procedimientos corrientes, así como por la producción en serie automatizable.
- En el caso del mantenimiento de un dispositivo enfriador se necesitan sólo pequeños trabajos previos, por ejemplo, tratamiento con chorros de arena, pero no son necesarios otros tratamientos superficiales ni el cierre de los tubos, como al aplicarse, por ejemplo, una masa apisonada.
- Los costes de montaje son bajos, porque en el caso de las herramientas usadas se trata de herramientas estándar.
- El tiempo de montaje es comparativamente corto, porque no es necesaria la colocación de anclajes, tornillos o similares ni la soldadura, así como tampoco la quema, como, por ejemplo, en el caso de una masa apisonada.
- Es muy importante también el desmontaje simple y rápido de los manguitos insertables usados, sin peligro de dañar el dispositivo enfriador. A tal efecto, se realiza preferentemente un corte entre la placa y el tubo mediante una herramienta adecuada (por ejemplo, una cortadora de tubos en el interior, fresadora, taladro). Después de retirarse la placa se acciona un mandril entre el tubo de enfriamiento y el tubo de manguito, mediante lo que éste se extiende manualmente.
- Las placas de los manguitos insertables pueden estar achaflanadas en sus bordes, a saber en la zona, en la que los bordes forman el borde externo de toda la superficie creada, o sea, no en los bordes de los manguitos insertables contiguos, para no formar cantos vivos entre la placa del manguito insertable y el fondo de tubo.

El uso de los intercambiadores de calor de haz tubular, según la invención, no está limitado a instalaciones térmicas de craqueo. Estos se pueden usar también en otros procesos, en los que el material deba cumplir requisitos similares debido a las condiciones del proceso, por ejemplo, aguas abajo de la combustión en lecho fluidizado, así

como turbinas de combustión.

Los intercambiadores de calor de haz tubular, según la invención, se pueden configurar teniendo en cuenta todas las formas constructivas usuales, por ejemplo, como intercambiadores de calor de placas fijas, de cabezal flotante, de tubo en U. En las instalaciones de craqueo se usan normalmente intercambiadores de calor de placas fijas.

La figura 1 muestra un dibujo en corte transversal a través de un fondo (2) de tubo con 2 tubos (1) de enfriamiento a modo de ejemplo, que están unidos con la placa de fondo mediante una soldadura directa (3) de tubo. En los tubos de enfriamiento está insertado respectivamente un manguito compuesto del tubo (4) de manguito y la placa (5) de manguito. Las placas de los manguitos de los tubos contiguos (1) tienen un canto común (8) de choque, contra el que chocan de forma ajustada exactamente. De este modo, el fondo (2) de tubo se puede cubrir completamente. El gas de craqueo entrante no incide en éste, sino en el lado frontal de la placa de los manguitos insertables.

La figura 2 muestra un manguito insertable en el corte longitudinal y la figura 3, el mismo manguito en la vista en planta desde arriba. El manguito se forma mediante el tubo (4) de manguito y la placa (5) de manguito. Se puede observar claramente la zona redondeada (6) de entrada, así como el extremo achaflanado (7) de tubo.

Lista de números de referencia

- (1) Tubo de enfriamiento
- 20 (2) Fondo de tubo
- (3) Soldadura directa de tubo
- (4) Tubo de manguito
- (5) Placa de manguito
- (6) Zona redondeada de entrada
- 25 (7) Extremo achaflanado de tubo
- (8) Canto de choque

REIVINDICACIONES

1. Intercambiador de calor de haz tubular para el enfriamiento de gases en instalaciones térmicas de craqueo que está equipado con:
- 5 a) un revestimiento de fondo de tubo resistente al desgaste por oxidación,
 b) tubos (1) de enfriamiento a través de los que circula el gas que se va a enfriar y que se sujetan en sus extremos mediante un fondo de tubo respectivamente, y
 c) una envoltura a través de la que circula el medio refrigerante,
- 10 estando cubierto al menos parcialmente el fondo (2) de tubo situado en el lado de la entrada de gas en su lado expuesto a la corriente de gas entrante en el intercambiador de calor de haz tubular con una capa de material compuesta en el lado frontal de manguitos individuales que chocan entre sí en los cantos externos y están dispuestos uno al lado de otro e insertados en los extremos del tubo, caracterizado porque los manguitos insertables están hechos de aleaciones de metal resistentes a la oxidación, en especial de acero austenítico.
- 15 2. Intercambiador de calor de haz tubular de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque los manguitos insertables están formados esencialmente por un tubo (4) provisto en un extremo de una placa (5) que está orientada en un ángulo de 90° respecto al eje longitudinal del tubo y está perforada de tal modo que el gas entrante puede circular a través de la placa (5) hacia el tubo (4).
- 20 3. Intercambiador de calor de haz tubular de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque la placa (5) está orientada de forma centrada respecto al centro de la sección transversal del tubo.
4. Intercambiador de calor de haz tubular de acuerdo con la reivindicación anterior, caracterizado porque la placa (5) presenta una forma configurada de modo que los cantos externos de la placa chocan (8) con los cantos
 25 externos de las placas de los manguitos contiguos de manera que el fondo de tubo situado en el lado de la entrada queda cubierto al menos parcialmente sin interrupción.
5. Intercambiador de calor de haz tubular de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 2 a 4, caracterizado porque la placa (5) es rectangular, con preferencia cuadrada.
- 30 6. Intercambiador de calor de haz tubular de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 2 a 5, caracterizado porque el tubo (4) del manguito presenta un diámetro exterior igual o ligeramente menor que el diámetro interior de los tubos (1) de enfriamiento.
- 35 7. Intercambiador de calor de haz tubular de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 2 a 6, caracterizado porque el tubo (4) del manguito insertable presenta una longitud de 50 a 200 mm, con preferencia de 70 a 150 mm, en especial de 100 a 120 mm.
8. Intercambiador de calor de haz tubular de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones
 40 anteriores 2 a 7, caracterizado porque el tubo (4) del manguito insertable presenta un espesor de pared de 1 mm.
9. Intercambiador de calor de haz tubular de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 2 a 8, caracterizado porque la placa (5) del manguito insertable presenta un espesor de 2 a 110 mm.
- 45 10. Intercambiador de calor de haz tubular de acuerdo con al menos una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 2 a 9, caracterizado porque el extremo del tubo del manguito insertable opuesto a la placa (5) está achaflanado.
11. Intercambiador de calor de haz tubular de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones
 50 anteriores 2 a 10, caracterizado porque el manguito insertable está unido fijamente con el respectivo tubo (1) de enfriamiento mediante laminación o ensanchamiento hidráulico.
12. Procedimiento para el equipamiento de un intercambiador de calor de haz tubular de acuerdo con la reivindicación 1 con una capa de material, caracterizado porque los manguitos formados por un tubo (4) y una placa
 55 (5) se insertan en los tubos del intercambiador de calor y el tubo (4) insertado del manguito se une fijamente con el tubo (1) del intercambiador de calor mediante laminación o aplicación hidráulica.