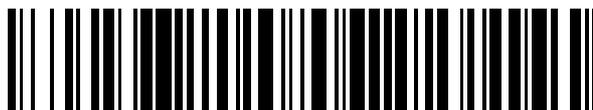


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 587 855**

51 Int. Cl.:

F22B 21/00 (2006.01)

F22B 37/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.04.2009 PCT/EP2009/002888**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.01.2010 WO10000346**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.04.2009 E 09772046 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.05.2016 EP 2297517**

54 Título: **Pared de membrana de un generador de vapor industrial**

30 Prioridad:

02.07.2008 DE 102008030953

17.09.2008 DE 102008047784

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

27.10.2016

73 Titular/es:

MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS

EUROPE GMBH (100.0%)

Schifferstrasse 80

47059 Duisburg, DE

72 Inventor/es:

BECKER, MARTIN y

HUSEMANN, RALF-UDO

74 Agente/Representante:

LLAGOSTERA SOTO, María Del Carmen

ES 2 587 855 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

Pared de membrana de un generador de vapor industrial

5 Descripción

La presente invención se basa en una pared de membrana de un generador de vapor industrial que comprende una pluralidad de conexiones tubo-separador-tubo y / o conexiones de tubos aletados, en las que los respectivos tubos de la conexión tubo-separador-tubo o los tubos aletados de la conexión de tubos aletados están compuestos de un material de acero con una microestructura ferrítico-bainítica, martensítica o austenítica, o de una aleación con base de níquel, y los separadores que conectan los tubos en la conexión tubo-separador-tubo o en la conexión con aletas están formados, en su totalidad o de manera combinada, por un material de acero con una microestructura ferrítico-bainítica, martensítica o austenítica, o por una aleación con base de níquel.

Una pared de membrana de esas características se da a conocer, por ejemplo, en US 5 092 278.

Desde mediados de la década de 1990 existen numerosos proyectos destinados a desarrollar centrales eléctricas con parámetros de vapor más altos. El objetivo es desarrollar las denominadas centrales eléctricas de 700 °C. El trasfondo de todo ello, entre otras cosas, es lograr un aumento del grado de eficiencia de las centrales térmicas basadas en la combustión de carbón, con objeto de compensar la reducción de eficiencia de entre un 10 y un 15 % resultante de una posible eliminación del CO₂ de las emisiones de escape. Una posibilidad de lograr un aumento de la eficiencia es aumentar los parámetros de vapor. Si bien en las denominadas centrales eléctricas de 600 °C esos parámetros se encuentran en torno a los 600 °C y 280 bar y permiten una eficiencia de aproximadamente el 46 %, en una central eléctrica de 700 °C se sitúan en 700 °C y una presión de vapor de 350 bar, con lo que se logra aumentar la eficiencia a > 50 %. Pero para la aplicación de unos parámetros de vapor más altos es necesario el uso de materiales con una mayor resistencia al calor y un mejor comportamiento frente a la corrosión. Los materiales considerados adecuados para la producción de paredes de membrana son las aleaciones con base de níquel y los aceros martensíticos que contienen entre un 9 y un 12 % de cromo en peso. Sin embargo, los materiales empleados en las aleaciones con base de níquel son mucho más costosos que los materiales austeníticos usados hasta la fecha en la construcción de centrales eléctricas, siendo su precio de 5 a 8 veces superior al de los materiales austeníticos habituales. Los costes de producción de los componentes para centrales eléctricas fabricados a partir de aleaciones con base de níquel también son más altos que los de los materiales austeníticos.

Por otro lado, los materiales martensíticos alternativos que contienen cromo (9-12 % en peso) deben someterse, necesariamente, a un tratamiento térmico a la hora de realizar una pared de membrana debido a las soldaduras asociadas a la misma, lo cual conlleva problemas tanto en la fabricación como en el montaje de las paredes de membrana formadas por estos materiales. Antes de cada proceso de soldadura, los componentes formados a partir de tales materiales martensíticos deberán ser precalentados y después de cada proceso de soldadura, el respectivo elemento de la pared de membrana, en su conjunto o en la zona afectada por el calor del cordón de soldadura, deberá ser recocido a aproximadamente 700 °C para reducir la dureza. Además, estos aceros martensíticos con bajo contenido de cromo presentan un aumento de oxidación en el interior de los tubos, lo que puede tener como resultado un aumento de la temperatura en las paredes de los tubos y, en su caso, la obstrucción de los mismos a causa del desprendimiento de óxido durante el funcionamiento de la central eléctrica.

Estos problemas y procesos de trabajo adicionales citados anteriormente, así como el uso de materiales costosos, considerado hasta la fecha como necesario, tienen como resultado que los costes de inversión para las centrales eléctricas de 700 °C, actualmente en fase de planificación, sean entre un 15 y un 25 % más altos que los de una central eléctrica convencional con el mismo rendimiento. Por ese motivo, se están buscando soluciones con el objetivo de reducir esos costes de inversión mediante la aplicación de medidas técnicas.

Por consiguiente, la presente invención tiene como objetivo proporcionar una solución que permita la producción rentable de una pared de membrana adecuada para su uso en una central eléctrica de 700 °C, sin que la complejidad técnica en términos de fabricación varíe sustancialmente.

Este objetivo se logra por medio de una pared de membrana que presenta las características descritas en la reivindicación 1. Otras formas de realización y configuraciones específicas de la presente invención se desprenden de las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con la invención, la pared de membrana mencionada anteriormente se caracteriza por que la pared de membrana, por lo menos parcialmente, presenta áreas en las que diferentes materiales de acero y / o aleaciones con base de níquel están unidos entre sí de manera contigua, en su función como material del que están formados los separadores o los tubos, o bien los tubos aletados.

La invención se basa en la idea de que no todas las áreas de una pared de membrana deben estar formadas por materiales que cumplan completamente los respectivos parámetros de vapor. Por ejemplo, es posible la fabricación de los tubos de determinadas áreas o segmentos de la pared de membrana empleando material de aleaciones con base de níquel, mientras que los tubos contiguos se pueden unir mediante separadores fabricados con material austenítico o, en su caso, también con material martensítico, ambos menos costosos. Especialmente, en relación con las aleaciones "austeníticas" con base de níquel, lo que esto permite es utilizar en parte materiales martensíticos de coste inferior en determinadas áreas, también en la producción de los tubos conductores de fluidos y, concretamente, unir subsegmentos contiguos de la pared de membrana con un separador y / o tubo hecho de material de aleación austenítica con base de níquel. En ese caso, durante el montaje de los componentes de la pared de membrana o de los subsegmentos de la pared de membrana en el lugar de la obra, se podrá omitir el tratamiento térmico que precisa el material martensítico, sustituyéndolo por la llamada "soldadura previa" durante la producción en el taller de los correspondientes componentes de la pared de membrana o de los subsegmentos de la pared de membrana. A ese respecto, se soldará entonces un separador o un tubo de material austenítico, es decir, hecho de un material con microestructura austenítica (en particular, una aleación austenítica con base de níquel) a los respectivos separadores y / o tubos de material martensítico, es decir, hechos de un material con microestructura martensítica. Posteriormente, en el lugar de la obra, se soldará a ese separador o a ese tubo el separador correspondiente o el tubo correspondiente de un subsegmento de la pared de membrana contiguo, que esté compuesto asimismo por una aleación con base de níquel que conste de una microestructura austenítica, y en cuyo extremo opuesto también se haya soldado un tubo o un separador que, a su vez, esté compuesto asimismo por una aleación con base de níquel que conste de una estructura austenítica, o bien, cuyo material de acero tenga una microestructura martensítica. El cordón de soldadura que une los separadores o tubos contiguos de ambos subsegmentos de la pared de membrana no necesita, por tanto, ser sometido a un tratamiento térmico. Debido a la soldadura y almacenamiento previos de los tubos o separadores de microestructura martensítica con los correspondientes tubos o separadores de aleación con base de níquel, el respectivo tubo o separador con microestructura martensítica no tendrá ninguna zona afectada por el calor de la soldadura, por lo que no será necesario un tratamiento térmico del mismo.

Las zonas compuestas por diferentes materiales se unen entre sí mediante soldadura, de tal manera que la realización de la presente invención prevé que las zonas contiguas y unidas entre sí, formadas con diferentes materiales que configuran los separadores, los tubos o los tubos aletados, queden unidas mediante una unión de soldadura.

A ese respecto y en relación con la carga mecánica de la pared de membrana, también resulta ventajoso que los diferentes materiales que conforman los separadores o los tubos, o los materiales que conforman los tubos aletados, presenten coeficientes de dilatación térmica similares (divergencia máxima: +/- 20 %). Una dilatación térmica similar de los materiales garantiza que no se produzcan fuerzas de tensión extremadamente altas y no deseadas en la pared de membrana durante el funcionamiento del generador de vapor.

En cuanto a las superficies de la pared de membrana que están expuestas a los mismos parámetros de vapor dentro de un rango de temperaturas definido, donde, por regla general, se trata esencialmente de zonas de la pared de membrana del generador de vapor industrial dispuestas en el plano horizontal, si bien es apropiado y generalmente ventajoso producir amplias zonas de dicha pared de membrana o subsegmentos de la pared de membrana con unos materiales que tengan una microestructura similar en cuanto al material empleado en los tubos o separadores contiguos, o el material de los tubos aletados contiguos, por ejemplo, una microestructura austenítica o martensítica, resulta, por otro lado, apropiado y generalmente ventajoso en las áreas de transición de las zonas de la pared de membrana que están expuestas a diferentes parámetros de vapor, es decir, en zonas de la pared de membrana dispuestas unas encima de otras en el plano vertical o en zonas adyacentes lateralmente en el plano horizontal producidas con un material de acero con microestructura martensítica, que se hayan previsto uniones tubo-separador-tubo o uniones de tubos aletados, en las cuales el separador y, por lo menos, un tubo contiguo estén fabricados, respectivamente, con materiales diferentes que presenten también microestructuras diferentes entre sí. La invención proporciona por tanto, en otra forma de realización, que los materiales que conforman los separadores o los tubos, o los materiales que conforman las aletas, presenten, respectivamente, una microestructura diferente.

Especialmente bajo las condiciones descritas en el área de transición entre dos zonas de la pared de membrana dispuestas de manera contigua en dirección horizontal, o entre dos secciones de la pared de membrana con microestructura martensítica, en su superficie esencial, por ejemplo en la primera sección del evaporador, para poder formar un área de transición y de conexión creada, por ejemplo, a raíz de una combinación del material con microestructura martensítica y de otro material con microestructura austenítica, la forma de realización de la presente invención se caracteriza por que un segmento de separador de una conexión tubo-separador-tubo o de una conexión de tubos aletados se extiende únicamente sobre una parte de la anchura del separador. Por ejemplo, de esa manera es posible una

combinación entre un tubo con microestructura martensítica y una zona de separador soldada al mismo cuyo material sea de una aleación con base de níquel con microestructura austenítica, mediante la soldadura de esta última al tubo en el taller de montaje, en cuyo caso, el separador solo representará, por ejemplo, la mitad de la anchura del separador que posteriormente se montará en el propio generador de vapor. En ese sentido, se entenderá por anchura del separador la anchura total de cada separador que une dos tubos de la pared de membrana finalizada y montada en el generador de vapor industrial. En la presente forma de realización de acuerdo con la invención, será entonces posible realizar en el lugar de la obra una conexión tubo-separador-pieza complementaria o pieza de conexión que, por ejemplo, esté formada por una aleación con base de níquel con microestructura austenítica, tanto en la zona del separador como en la del tubo, donde las dos partes yuxtapuestas del separador, que finalmente conformarán la anchura total del mismo, se unirán mediante soldadura. En este caso, la zona afectada por el calor se limita entonces a la parte correspondiente al separador y no se extenderá al tubo contiguo que presenta, por ejemplo, una microestructura martensítica y que, previamente, ha sido soldado en el taller al separador con microestructura austenítica. De esta manera, en el lugar de la obra ya no será necesario realizar un tratamiento térmico de estos componentes que presentan una microestructura martensítica.

En la combinación de todas las secciones posibles de la pared de membrana, esta presentará ulteriormente, en su configuración operativa final dentro del generador de vapor, tanto zonas contiguas con los mismos materiales, en particular los que tienen la misma microestructura, como también zonas contiguas con materiales diferentes, especialmente aquellos que tienen una microestructura diferente. Por consiguiente, el diseño de la presente invención se caracteriza por el hecho de que la pared de membrana presenta zonas contiguas con conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados hechas de materiales diferentes, así como zonas contiguas con conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados de los mismos materiales, especialmente de materiales con la misma microestructura.

En una forma de realización concreta que puede llevarse a cabo de una manera rentable, la pared de membrana de acuerdo con la invención se caracteriza además por el hecho de que la pared de membrana en determinadas zonas, especialmente en la sección de descarga del generador de vapor industrial (preferiblemente hasta una zona en la que los respectivos tubos pueden soportar una temperatura límite del material en funcionamiento de aproximadamente 550 °C), esté formada por conexiones tubo-separador-tubo o por conexiones de tubos aletados en las que los separadores y tubos, o los tubos aletados, están compuestos, respectivamente, de un material de acero con microestructura ferrítico-bainítica, en particular, de 7CrMoVTiB10-10 o de T24.

Las denominaciones utilizadas anteriormente y las denominaciones que aparecerán en lo sucesivo en relación con los tipos de acero, o bien con los materiales de acero, son conformes a la denominación de materiales que se emplea habitualmente en Alemania o a la nomenclatura de la ATSM (American Society for Testing Materials), a menos que se indique lo contrario.

En un generador de vapor como el descrito en este caso concreto, puede haberse previsto además que la pared de membrana en determinadas zonas, especialmente en una primera sección del evaporador del generador de vapor industrial situada por encima de la sección de descarga (en la que los respectivos tubos pueden soportar una temperatura límite del material en funcionamiento que oscila aproximadamente entre igual a 550 °C e igual a 600 °C), esté formada por conexiones tubo-separador-tubo o por conexiones de tubos aletados, en las que los separadores y tubos, o los tubos aletados, están compuestos respectivamente de un material de acero martensítico, en particular, de VM12, o T92, o X10CrWMoVNb9-2.

En ese caso, puede ser ventajoso y conveniente que en algunas secciones de la pared de membrana, especialmente en la primera sección del evaporador, la pared de membrana esté compuesta por segmentos de la pared de membrana o por subsegmentos de la pared de membrana individuales, formados esencialmente por conexiones tubo-separador-tubo o por conexiones de tubos aletados que hayan sido fabricados a partir de un material de acero con una estructura martensítica, en particular, de VM12 o T92. Con el fin de evitar un tratamiento térmico o un recocido de la zona de soldadura en el lugar de la obra, unos procedimientos que son normalmente necesarios para este tipo de material de acero martensítico, a estos subsegmentos de la pared de membrana se les puede añadir en el taller, en su parte superior y / o inferior y / o en cada uno de sus lados longitudinales, una zona de separador o un tubo y / o piezas de tubo y separador de material austenítico, en particular, de un material de aleación con base de níquel. Estas zonas de separador, o tubos, o piezas de tubo y separador se soldarán en el taller a la parte superior o inferior y / o a los lados longitudinales, donde podrán someterse a un tratamiento térmico. Por medio de este procedimiento denominado "soldadura previa", durante el montaje en el lugar de la obra de estos subsegmentos individuales de la pared de membrana acoplándolos definitivamente a la pared de membrana, o a secciones de la misma, se consigue que no haya materiales con microestructura martensítica que estén directamente dispuestos unos junto a otros y que deban por tanto unirse mediante un cordón de soldadura para, posteriormente, ser sometidos a un tratamiento térmico o un recocido. El tratamiento térmico de esas áreas de cordón de soldadura ya no será necesario en el lugar de la obra, a

pesar de que dichos subsegmentos de la pared de membrana, en su parte más esencial, están compuestos por un material con microestructura martensítica.

5 Por lo tanto, la invención proporciona además que la pared de membrana, especialmente en la primera sección del evaporador, presente por lo menos en algunas zonas conexiones tubo-separador-tubo que, respectivamente, contengan al menos un tubo con estructura martensítica, especialmente de VM12 o T92, al que estén soldados un separador o una aleta de aleación con base de níquel, preferiblemente con microestructura austenítica, en particular, de A617 o HR6W.

10 En este caso, no sólo será posible que el separador esté compuesto de un material con microestructura austenítica y el tubo contiguo de un material con microestructura martensítica. De hecho, también será posible que un tubo con microestructura austenítica esté rematado por un separador con microestructura martensítica que le haya sido soldado previamente en el taller. La invención, por tanto, proporciona además que la pared de membrana, especialmente en la primera sección del evaporador, presente por lo menos en
15 algunas zonas conexiones tubo-separador-tubo que, respectivamente, contengan un separador con estructura martensítica, en particular, de VM12 o T92, al que esté soldado un tubo de aleación con base de níquel, preferiblemente con microestructura austenítica, en particular, de A617 o HR6W.

20 En este caso, de acuerdo con otras formas de realización de la presente invención, es especialmente ventajoso que se formen zonas de separadores, o aletas, o tubos de aleaciones con base de níquel en los lados longitudinales de un subsegmento existente de la pared de membrana, hecho esencialmente de materiales de acero con estructura martensítica, en particular, de VM12 o T92.

25 Además de la forma de realización en cuestión, relativa a la soldadura lateral de varios subsegmentos de la pared de membrana, en relación con la soldadura en dirección vertical de subsegmentos de la pared de membrana dispuestos unos encima de otros la invención también proporciona que la pared de membrana, en particular en la primera sección del evaporador, por lo menos parcialmente, esté formada por conexiones tubo-separador-tubo o por conexiones de tubos aletados, en las que en determinados segmentos de esos tubo-separador-tubo o tubos aletados de material con estructura martensítica, en particular de VM12 o T92,
30 se hayan soldado segmentos de tubo o segmentos de tubo aletado y / o segmentos de separador de aleación con base de níquel, preferiblemente con microestructura austenítica, en particular, de A617 o HR6W.

35 En este caso, es además especialmente ventajoso que las zonas de los segmentos soldados de los tubos o de los tubos aletados y / o de los segmentos de los separadores a lo largo de las partes superior e inferior de un subsegmento de la pared de membrana estén formados con una estructura martensítica, en particular, de VM12 o T92.

40 Se pueden construir y producir paredes de membrana de manera especialmente rentable si estas se forman a partir de subsegmentos de pared de membrana individuales, que hayan sido producidos previamente en el taller y soldados posteriormente unos con otros en el lugar de la obra. Para poder utilizar tales subsegmentos de pared de membrana que presentan esencialmente una configuración de su superficie formada por tubos y separadores de un material con microestructura martensítica, con lo cual no precisan ser sometidos en el lugar de la obra a un tratamiento térmico o de recocido tras la soldadura, la invención
45 se caracteriza, además, por un subsegmento de pared de membrana formado esencialmente con un material de acero con microestructura martensítica, que a lo largo de sus lados superior e inferior presenta soldados una serie de segmentos de tubo y / o segmentos de separador, o segmentos de tubo aletado, y a lo largo de sus lados longitudinales presenta zonas soldadas de separador o de aletas, o tubos producidos con un material de aleación con base de níquel.

50 Una forma de realización tan ventajosa de estas características puede presentar, en particular, también en los lados longitudinales de un subsegmento de pared de membrana más de un elemento de material de aleación con base de níquel. Por lo tanto, la invención se caracteriza, además, por el hecho de que los segmentos o zonas de la pared de membrana o de los subsegmentos de la pared de membrana que
55 presentan un tubo formado por un material de aleación con base de níquel y /o un separador formado por un material de aleación con base de níquel abarcan, cada uno de ellos, una pluralidad de tubos y / o separadores.

60 Además, en un generador de vapor industrial de estas características se puede haber previsto que la pared de membrana en determinadas zonas, especialmente en una segunda sección del evaporador del generador de vapor industrial (en la que los respectivos tubos pueden soportar una temperatura límite del material en funcionamiento que oscila aproximadamente entre igual a 600 °C e igual a 620 °C), esté formada por conexiones tubo-separador-tubo o por conexiones de tubos aletados en las que los separadores y tubos,
65 o los tubos aletados, están compuestos, respectivamente, de un material de aleación con base de níquel con microestructura austenítica, en particular, de A617 o HR6W.

En este caso, HR6W es un acero procedente de Japón, designado de esta manera en la nomenclatura de ese país.

5 Dado que, en dirección vertical de la pared de membrana del generador de vapor industrial, entre la primera sección del evaporador y la segunda sección del evaporador, tiene lugar un cambio de material que conlleva simultáneamente una modificación en la microestructura, de acuerdo con diferentes realizaciones de la invención es ventajoso que la pared de membrana, particularmente, en el área de transición de la primera sección del evaporador a la segunda sección del evaporador, esté formada por lo menos parcialmente por un subsegmento de pared de membrana de un material de acero con microestructura martensítica, en particular, de VM12 o T92, con una zona o segmento de aleación con base de níquel soldado al mismo, preferiblemente con microestructura austenítica, en particular, de A617 o HR6W.

10 Para las zonas situadas por encima de la pared de membrana en un generador de vapor industrial completamente montado, la invención prevé que la pared de membrana, especialmente en una primera sección de tubos verticales del generador de vapor industrial (en la que los respectivos tubos pueden soportar una temperatura límite del material en funcionamiento que oscila aproximadamente entre igual a 620 °C e igual a 600 °C), esté formada parcialmente por conexiones tubo-separador-tubo o por conexiones de tubos aletados en las que los separadores y tubos, o los tubos aletados, están compuestos respectivamente por una aleación con base de níquel, preferiblemente con microestructura austenítica, en particular, de A617 o HR6W.

15 Además, para otras zonas dispuestas verticalmente por encima de la pared de membrana, la invención prevé que la pared de membrana, especialmente en una segunda sección de tubos verticales del generador de vapor industrial, preferiblemente en la zona del sobrecalentador (en la que los respectivos tubos pueden soportar una temperatura límite del material en funcionamiento que se sitúa en un rango aproximado de igual a 600 °C), esté formada, por lo menos parcialmente, por conexiones tubo-separador-tubo o por conexiones de tubos aletados que incluyan, respectivamente, al menos un tubo de aleación con base de níquel, en particular A617, con un separador soldado al mismo que esté formado por una aleación con base de níquel diferente, en particular HR6W, si bien es preferible que ambos materiales presenten la misma microestructura austenítica.

20 En ese sentido se ha previsto, además, para una última sección situada en dirección vertical en la posición más alta de la pared de membrana finalizada dentro del generador de vapor industrial, que la pared de membrana, especialmente en una tercera sección del generador de vapor industrial (en la que los respectivos tubos pueden soportar una temperatura límite del material en funcionamiento que se sitúa en un rango aproximado de igual a 550 °C), esté formada, por lo menos parcialmente, por conexiones tubo-separador-tubo o por conexiones de tubos aletados, en las que el separador y tubo contiguos, o bien los tubos aletados contiguos, estén formados, respectivamente, por un material de acero con microestructura ferrítico-bainítica, en particular de 7CrMoVTiB10-10.

25 En una disposición vertical de distintas secciones de la pared de membrana de un generador de vapor industrial como la descrita, la invención prevé, además, que en la sección de descarga y / o en la primera sección del evaporador y / o en la segunda sección del evaporador y / o en la primera sección de tubos verticales y / o en la segunda sección de tubos verticales y / o en la tercera sección del generador de vapor industrial se formen, respectivamente, conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados, en las que estén soldados entre sí un separador y un tubo adyacente, o dos zonas de separador contiguas de la conexión tubo-separador-tubo, o dos tubos aletados contiguos de la conexión de tubos aletados, de diferentes materiales de acero y / o diferentes aleaciones con base de níquel y / o de materiales con diferente microestructura.

30 Además, la forma de realización de la presente invención prevé que en la sección de descarga y / o en la primera sección del evaporador y / o en la segunda sección del evaporador y / o en la primera sección de tubos verticales y / o en la segunda sección de tubos verticales y / o en la tercera sección del generador se formen, respectivamente, conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados, en las que estén soldados entre sí un separador y un tubo contiguo, o dos zonas de separador contiguas de la conexión tubo-separador-tubo, o dos tubos aletados contiguos de la conexión de tubos aletados, del mismo material de acero y / o de la misma aleación con base de níquel y / o de materiales con la misma microestructura.

35 Dado que la pared de membrana presenta también diferentes secciones, en particular, aquellas que están dispuestas a la misma altura en el plano horizontal de la pared de membrana del generador de vapor industrial, la invención se caracteriza además por el hecho de que, por lo menos, en una de las secciones del evaporador y de las secciones de tubos verticales se forman conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados, en las que están soldados entre sí un separador y un tubo contiguo, o dos zonas de separador contiguas de la conexión tubo-separador-tubo, o dos tubos aletados contiguos de la conexión de tubos aletados, que si bien están formados por diferentes materiales de acero y / o diferentes aleaciones con base de níquel, presentan, por otro lado, la misma microestructura o una microestructura similar.

5 La pared de membrana compuesta por diferentes secciones presenta también, en consecuencia, áreas de transición entre una sección y otra sección dispuesta verticalmente encima de ella. Para estas áreas de transición, la forma de realización de la presente invención establece, en primer lugar, que en el área de transición de la sección de descarga a la primera sección del evaporador y / o en el área de transición de la primera sección del evaporador a la segunda sección del evaporador y / o en el área de transición de la segunda sección del evaporador a la primera sección de tubos verticales y / o en el área de transición de la primera sección de tubos verticales a la segunda sección de tubos verticales y / o en el área de transición de la segunda sección de tubos verticales a la tercera sección del generador de vapor industrial se formen, respectivamente, conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados, en las que estén soldados entre sí un separador y / o un tubo de una sección con un separador y / o un tubo contiguo de otra sección hechos de diferente material de acero y / o de diferente aleación con base de níquel y / o de materiales con diferente microestructura.

15 También puede suceder que, en parte, en el área de transición de la segunda sección del evaporador a la primera sección de tubos verticales y / o en el área de transición de la primera sección de tubos verticales a la segunda sección de tubos verticales se formen, respectivamente, conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados, en las que estén soldados entre sí un separador y / o un tubo de una sección con un separador y / o un tubo contiguo de otra sección hechos del mismo material de acero y / o de la misma aleación con base de níquel y / o de un material con la misma microestructura.

25 Dado que también es posible que en realidad se usen diferentes materiales pero que, sin embargo, estos presenten la misma microestructura, la invención establece finalmente y de manera adicional que, por lo menos en un área de transición entre una sección del evaporador, o bien una sección de tubos verticales, y una sección de tubos verticales se formen, respectivamente, conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados, en las que estén soldados entre sí un separador y / o un tubo de una sección con un separador y / o un tubo contiguo de otra sección hechos de dos materiales de acero diferentes, respectivamente, y / o de diferente aleación con base de níquel, pero que presenten la misma microestructura o una microestructura similar.

30 Se entiende que las características mencionadas anteriormente y las que se explicarán a continuación no son solo aplicables a la combinación descrita, sino que también lo serán para otras combinaciones. El alcance de la presente invención se define exclusivamente en las reivindicaciones.

35 A continuación, la invención se explicará en detalle por medio de dibujos, los cuales muestran lo siguiente:

Figura 1 una representación esquemática de una pared lateral de una pared de membrana, y

40 Figura 2 una vista en planta esquemática de un subsegmento de una pared de membrana.

La figura 1 muestra, en representación esquemática, una pared lateral de una pared de membrana 1 de un generador de vapor industrial formada por seis secciones 2-7, dispuestas verticalmente una encima de otra. En la parte derecha de la imagen se indica, para cada una de las secciones 2-7 de la presente forma de realización, de qué material están producidos preferiblemente, por un lado, los respectivos tubos conductores de fluido y, por otro, el respectivo separador que une dos tubos, o la zona de separador soldada a un tubo. También se indica, asimismo, la información relativa a la microestructura del material correspondiente de cada sección.

50 En la sección inferior, la sección de descarga 2 del generador de vapor industrial, la pared de membrana 1 está formada por conexiones tubo-separador-tubo, en las que tanto el tubo como el separador son de material de acero con microestructura ferrítico-bainítica 7CrMoVTiB10-10. En la primera sección del evaporador 3 del generador de vapor industrial, dispuesta verticalmente encima de la anterior, en la que los respectivos tubos pueden soportar una temperatura límite del material en funcionamiento que oscila aproximadamente entre igual a 550 °C e igual a 600 °C, la pared de membrana 1 está formada por una conexión tubo-separador-tubo, en la que tanto el tubo como el separador son de material de acero VM12, el cual presenta una microestructura martensítica. Por "temperatura límite del material en funcionamiento" se entenderá la temperatura a la que el tubo alcanza una vida útil de, por lo menos, 200.000 horas de funcionamiento, teniendo en cuenta su comportamiento frente a la oxidación (causada por el vapor), su comportamiento frente a la corrosión (causada por el gas de combustión / hogar) y su comportamiento de resistencia (desplazamiento).

65 Las diversas secciones de la pared de membrana 1, es decir, la sección de descarga 2, la primera sección del evaporador 3, así como las secciones que se enumeran a continuación: segunda sección del evaporador 4, primera sección de tubos verticales 5, segunda sección de tubos verticales 6 y tercera sección 7, se ensamblan en el lugar de la obra de una central eléctrica a partir de segmentos individuales correspondientes a las secciones y la pared de membrana, que se produjeron previamente en el taller. Estos subsegmentos individuales de la pared de membrana 8 se soldarán, por regla general, en su parte

superior e inferior, así como en sus lados longitudinales opuestos, a subsegmentos de la pared de membrana adyacentes 8'. Si bien los subsegmentos adyacentes 8' soldados a los lados longitudinales corresponden, por regla general, a los de las secciones 2 a 7 de la pared de membrana 1, en la parte superior e inferior también pueden unirse, en su caso, soldándolos con segmentos contiguos dispuestos verticalmente encima de ellos, correspondientes a los subsegmentos 3 a 7 de la pared de membrana 1.

En la sección de descarga 2 del generador de vapor industrial, se usará exclusivamente un material de acero ferrítico-bainítico (7CrMoVTiB10-10), de manera que, en este caso, los segmentos de esta sección 2 de la pared de membrana 1 que deban unirse, tanto lateralmente como uno encima de otro, podrán soldarse fácilmente y sin tener que recurrir a un tratamiento térmico o de recocido tras la soldadura.

En el área de transición de la sección de descarga 2 a la sección del evaporador 3, dispuesta verticalmente encima de ella, por el contrario, se da un cambio de material del material de acero ferrítico-bainítico 7CrMoVTiB10-10 al material de acero martensítico VM12 o T92, del que estará compuesta esencialmente la sección del evaporador 3. Dado que, básicamente, los materiales martensíticos deben someterse a un tratamiento térmico tras la soldadura, será necesario adoptar medidas especiales en el lugar de la obra durante la soldadura de cada uno de los segmentos de la pared de membrana 1, con el fin de evitar tales tratamientos térmicos o de recocido. En el área de transición de la sección de descarga 2 a la sección del evaporador 3, y también dentro de la propia sección del evaporador 3, una medida especial de este tipo consiste en proporcionar cada uno de los subsegmentos de la pared de pantalla 8 y 8' de la primera sección del evaporador 3. Los subsegmentos de la pared de pantalla 8 y 8' están formados en la sección del evaporador 3 por conexiones tubo-separador-tubo o por conexiones de tubos aletados 17, hechas del material de acero VM12 o T92. Para poder unir esos segmentos 8 en el lugar de la obra a segmentos 8' contiguos sin tener que aplicar un tratamiento térmico, cada uno de los segmentos 8 y 8' están provistos, preferiblemente en todo su perímetro, es decir, en las partes superior e inferior 11 y 12, así como en ambos lados longitudinales, de tubos 12 o separadores 14, 15, 16 o de aletas, soldados previamente en el taller, y producidos con otro material, que en el presente ejemplo sería la aleación con base de níquel A617 o HR6W con estructura austenítica. La denominada "soldadura previa" tiene lugar en el taller y en la misma se llevará a cabo una soldadura de las partes superior e inferior 11, 12 del respectivo segmento 8 y 8', hechas de acero VM12 o bien T92, con tubos 13 y separadores 14 o aletas de una longitud de unos 100-150 mm, fabricados con A617 o HR6W. En los lados longitudinales se lleva a cabo preferiblemente una soldadura de media anchura de separador, es decir, la mitad de la anchura de un separador 15, 16, de aleación con base de níquel austenítica A617 o HR6W. Mediante la citada soldadura previa se producirán en el taller los segmentos 8, que posteriormente se transportarán al lugar de la obra como unidad de carga, los cuales presentan en todo su perímetro una conexión de aleación con base de níquel, y a los cuales se podrán unir mediante cordones de soldadura cada uno de los subsegmentos 8' contiguos de la pared de membrana 1. Por medio de la soldadura previa y de la soldadura de los elementos de aleación con base de níquel, será posible llevar a cabo en el taller los tratamientos térmico y de recocido requeridos en las zonas de fusión que surgirán inevitablemente y, de esa manera, producir cada uno de los subsegmentos 8 de la pared de membrana o segmentos de la pared de membrana 1, los cuales formarán una unidad de carga. En el lugar de la obra, sin embargo, tendrá lugar la conexión con otros subsegmentos 8 de la pared de membrana, que han sido montados y producidos de la misma manera, mediante cordones de soldadura que se realizarán en los segmentos formados de materiales de aleación con base de níquel de los elementos sometidos a soldadura previa. Sin embargo, a través del proceso mencionado el material martensítico VM12 o T92 ya no se verá afectado por el calor de la soldadura, de manera que no será necesario un tratamiento térmico o de recocido en el lugar de la obra. De esta forma se compone y se monta la sección del evaporador 3 en el lugar de la obra.

A continuación y en dirección vertical, en el área de transición de la sección de descarga 2 a la sección del evaporador 3, se encuentran tubos de la sección de descarga 2 con aletas, soldadas o incorporadas, o bien con separadores de material de acero 7CrMoVTiB10-10, con microestructura ferrítico-bainítica, que están soldados, respectivamente, a un segmento sometido a soldadura previa, formado por un tubo 13 y una aleta o un separador 14, de aleación con base de níquel, especialmente A617, contenidos en el correspondiente segmento o subsegmento 8, 8' del primer segmento del evaporador 3, que presenta conexiones 17 de tubos 9, hechos de VM12 o T92, y aletas o separadores 10, hechos de VM12 o T92. En dirección vertical, se dará entonces la secuencia de materiales siguiente: acero ferrítico-bainítico 7CrMoVTiB10-10 en la sección de descarga 2, aleación con base de níquel en la zona sometida a soldadura previa y acero martensítico VM12 o T92 en la sección del evaporador 3.

Dentro de la primera sección del evaporador 3, se sueldan los segmentos o subsegmentos 8, 8' de esta sección 3 de la pared de membrana 1, dispuestos lateralmente unos junto a otros, o unos encima de otros, a lo largo de sus zonas de separador 15, 16 (sometidas a soldadura previa), que por regla general ocupan la mitad de la anchura de un separador. Aquí se realizará, asimismo, un cordón de soldadura a lo largo de la respectiva zona de separador 15, 16 soldada previamente, compuesta por un material de aleación con base de níquel (A617 o HR6W). Dado que en este caso la soldadura tiene lugar en un material de aleación con base de níquel, esto tampoco afectará a la estructura martensítica del material del tubo, o de la aleta, o del separador situado al otro lado del separador en cuestión.

Mientras que en la forma de realización descrita anteriormente, los lados longitudinales de cada uno de los segmentos 8, 8' terminan en medios separadores 15, 16 de material de aleación con base de níquel, también será posible permitir que cada uno de esos lados longitudinales termine en un tubo de material de aleación con base de níquel. En el taller se soldará al último separador de acero martensítico un tubo de material de aleación con base de níquel. En el lugar de la obra se soldará, a continuación, a este último un segmento 8' que en su lado longitudinal adyacente a dicho tubo presente un separador hecho de material de aleación con base de níquel. También en ese caso se podrá realizar una soldadura en el lugar de la obra, en la que se formará material de aleación con base de níquel, preferiblemente con microestructura austenítica.

En lugar de realizar una soldadura previa de los tubos cortos 13 y los separadores 14 de material de aleación con base de níquel a las partes superior e inferior 11, 12 de cada uno de los segmentos 8, 8', también es posible aplicar a los mismos únicamente un recubrimiento o una soldadura de recargue o una cementación en el borde frontal de los tubos 9 martensíticos y de los separadores 10 martensíticos. Un recubrimiento o soldadura de recargue o cementación de ese tipo tendrá posteriormente, en el lugar de la obra, la misma función y el mismo efecto que la antes descrita zona sometida a soldadura previa de los tubos 13 y los separadores 14. Un recubrimiento o soldadura de recargue o cementación de ese tipo podrá realizarse en los lados longitudinales 15, 16 de cada uno de los segmentos 8, 8' y, con ello, aplicarse al borde lateral de un tubo 9 o separador 10 que limita cada uno de los segmentos 8, 8'. Este recubrimiento o soldadura de recargue o cementación sustituirá, en este caso, al respectivo separador final o al respectivo tubo final de material de aleación con base de níquel de las formas de realización descritas anteriormente.

Por supuesto, también es posible prever como pieza final una combinación formada por tubo y separador, o tubo y cementación, o separador y cementación de material de aleación con base de níquel. En una parte final de cada uno de los segmentos 8, 8', que en la zona de sus bordes laterales 15, 16 comprende en particular varios tubos y / o separadores de material de aleación con base de níquel, esta medida podría ser apropiada, dependiendo del uso previsto y de las características estructurales de la pared de membrana 1 que se vaya a producir.

Otra posibilidad de configuración de los subsegmentos 8, 8' de la pared de membrana consiste en que la soldadura previa en las partes superior e inferior 11, 12 comprenda únicamente el ensamblaje de los tubos cortos 13. Un subsegmento 8, 8' de esas características con soldadura previa en las partes superior e inferior 11, 12 que, por otro lado y conforme a cualquiera de las realizaciones posibles, en sus lados longitudinales puede estar provisto de un segmento de material de aleación con base de níquel, se ensamblará en el taller y se transportará posteriormente al lugar de la obra. En el lugar de la obra, los tubos con soldadura previa se soldarán a cada uno de los subsegmentos de la membrana contiguos, mientras que los espacios que queden libres en la zona de los separadores se sellarán en el lugar de la obra insertando en ellos, mediante soldadura, planchas de material de aleación con base de níquel. Ese tipo de soldaduras sobre superficies reducidas, en las que también se sueldan pequeñas áreas del respectivo subsegmento 8, 8' de la membrana que han sido formadas con material de microestructura martensítica, pueden ser fácilmente sometidas al correspondiente tratamiento térmico o de recocido, o bien, incluso se puede prescindir de someter esas áreas con pequeñas piezas a un tratamiento térmico o de recocido, sin comprometer por ello, en términos generales, la resistencia y la funcionalidad de la pared de membrana 1.

Encima de la primera sección del evaporador 3 del generador de vapor, en dirección vertical, se encuentra una segunda sección del evaporador 4 del generador de vapor en la que los respectivos tubos pueden soportar una temperatura límite del material en funcionamiento que oscila aproximadamente entre igual a 600 °C e igual a 620 °C. En esta segunda sección del evaporador, los tubos y los separadores están formados por un material de aleación con base de níquel A617 o HR6W, ambos con microestructura austenítica. En el área de transición de la primera sección del evaporador 3 a la segunda sección del evaporador 4, a fin de evitar que en el lugar de la obra, en la transición de la microestructura martensítica de la sección del evaporador 3 a la microestructura austenítica de la sección del evaporador 4, se tenga que llevar a cabo un tratamiento térmico del material martensítico VM12, o bien T92, los tubos 9 y separadores 10 dispuestos en el área de transición, correspondientes a los segmentos o subsegmentos de la sección 3, hechos también con material de acero VM12 o T92, han sido tratados, tal y como se ha descrito anteriormente, con soldadura previa de una pieza de tubo 13 o separador 14 o, por lo menos, de una pieza de separador que cubra una parte de la anchura total del separador que se haya previsto, por lo menos a lo largo de su parte superior 11, formada por un material de tubo o un material de separador con estructura austenítica, en particular, por el material de tubo y el material de separador de la segunda sección del evaporador 4. Esto significa que durante la preparación en el taller del área de transición de la primera sección del evaporador 3 a la segunda sección del evaporador 4 se soldarán a los tubos 9 y separadores 10 las piezas antedichas de material austenítico A617 o HR6W. En el lugar de la obra se soldarán estos separadores 14 y tubos 13 con un correspondiente separador, o por lo menos con una zona de separador, y con un tubo correspondiente de material A617 o HR6W de la segunda sección del evaporador 4, donde ya no será necesario un tratamiento térmico de los tubos 9 y separadores 10 martensíticos de VM12 o T92. Una soldadura en la segunda sección del evaporador 4 de partes de la pared o segmentos dispuestos unos

al lado de los otros no presentará ningún problema, dado que estos tienen una estructura austenítica y, por tanto, no es necesario llevar a cabo en el lugar de la obra un tratamiento térmico tras la soldadura de subsegmentos contiguos de la pared de membrana.

5 Encima de la segunda sección de evaporador 4 del generador de vapor industrial se encuentra una primera sección de tubos verticales 5 del generador de vapor industrial, en la que los respectivos tubos pueden soportar una temperatura límite del material en funcionamiento que oscila aproximadamente entre igual a 620 °C e igual a 600 °C. En esta sección 5 del generador de vapor industrial los tubos y los separadores están formados por una aleación con base de níquel A617 con estructura austenítica. Dado que en el área
10 de transición de la segunda sección del evaporador 4 a la primera sección de tubos verticales 5 no tiene lugar ningún cambio de material o ningún cambio de microestructura, se podrán soldar fácilmente entre sí las zonas contiguas de tubos y separadores. En particular, esto es posible por el hecho de que en estas zonas no se han usado o no hay materiales con microestructura martensítica. La primera sección de tubos verticales 5 está unida a una segunda sección de tubos verticales 6 del generador de vapor industrial, en la
15 que los respectivos tubos pueden soportar una temperatura límite del material en funcionamiento de aproximadamente igual a 550 °C. En esta zona, los tubos o separadores de la conexión tubo-separador-tubo tampoco están formados por diferentes materiales de aleación con base de níquel, es decir, aleaciones con base de níquel A617 y HR6W, que en ambos casos presentan una microestructura austenítica. Por lo tanto, también en este caso se puede realizar fácilmente mediante uniones con soldadura la transición entre la primera sección 5 y la segunda sección 6. Por último, en la pared de membrana 1, la segunda sección
20 de tubos verticales 6 del generador de vapor industrial se une a una tercera sección 7 del generador de vapor industrial, en la que los respectivos tubos pueden soportar una temperatura límite del material en funcionamiento de hasta aproximadamente igual a 600 °C. En esta zona se utiliza de nuevo el material 7CrMoVTiB10-10, que presenta una estructura ferrítico-bainítica tanto en los tubos como en los separadores de cada una de las conexiones tubo-separador-tubo. Este material se puede soldar fácilmente entre sí en el lugar de la obra, así como también con el material de aleación con base de níquel A617 y HR6W con microestructura austenítica, de manera que, en este caso, no son necesarias medidas especiales como la de insertar o incluir material que haya sido sometido a soldadura previa.

30 En general, aplicando las medidas descritas se puede formar una pared de membrana 1 de un generador de vapor industrial, que podrá utilizarse en las nuevas centrales eléctricas de 700 °C, actualmente en fase de planificación, y que tampoco necesita ser producida en su totalidad con costosos materiales de aleación con base de níquel. Se pueden utilizar, parcialmente, diferentes materiales entre tubo y aleta de las respectivas secciones de la pared de membrana, por ejemplo, en los subsegmentos de la segunda sección
35 de tubos verticales 6 del generador de vapor industrial. Pero su utilización está especialmente indicada en los subsegmentos de la membrana 8, 8', los cuales están esencialmente formados en su superficie por un material con estructura martensítica (VM12 en la sección 3 del evaporador) y constan de diferentes zonas de unión por el lado del humo hechas de un material que comparativamente tiene, en particular, una mayor resistencia y / o resistencia a la corrosión y / o resistencia a la oxidación. Estas zonas de unión están
40 formadas, en particular, por elementos sometidos a soldadura previa hechos de un material (o material de trabajo) de aleación con base de níquel. Estas zonas pueden formarse y disponerse tanto en los lados longitudinales 15, 16, como en las respectivas partes superior e inferior 11, 12 de un subsegmento de pared de membrana 8, 8'. La pared de membrana 1 prevé también en dirección vertical la utilización de diferentes materiales, especialmente, la utilización de materiales con estructuras ferrítico-bainítica y martensítica. A fin de evitar en el lugar de la obra el tratamiento térmico posterior a una operación de soldadura de piezas
45 o segmentos de la pared de membrana compuestos de material con microestructura austenítica, se ha previsto que mediante la soldadura previa con material apropiado, compuesto por una aleación con base de níquel con microestructura austenítica, se pueda ofrecer la posibilidad de realizar uniones mediante soldadura que ya no requieran tratamiento térmico, debido a que el material martensítico de los tubos VM12 o T92, unido al material A617 que ha sido sometido a soldadura previa, ya no quedará tan afectado por el calor a la hora de soldarlo, de manera que ni un recocido ni un tratamiento térmico resultarán necesarios. La soldadura del material sometido a soldadura previa al material martensítico se realiza en el taller, durante la producción del respectivo segmento o subsegmento, en un tamaño apto para el transporte como unidad de carga. En el taller se podrá llevar a cabo fácilmente un tratamiento térmico o de recocido. En caso
50 necesario, también pueden tener lugar soldaduras de pequeños cordones de material con estructura martensítica en el lugar de la obra, mediante la soldadura de planchas de separadores.

En los párrafos anteriores se ha descrito la formación de conexiones tubo-separador-tubo. Sin embargo, también es posible formar paredes de membrana por medio de tubos aletados. Por tubos aletados se
60 entenderá aquellos tubos que han sido deformados mediante procedimientos de modelación, por ejemplo mediante extrusión en caliente, de manera que del cuerpo cilíndrico sobresalgan dos zonas con aletas dispuestas diametralmente una enfrente de la otra. De esa manera, los tubos aletados pueden unirse para formar una pared de membrana, de forma que una zona de aleta formada por tubos aletados contiguos quedará soldada a otra zona de aleta del tubo opuesto a la misma. De la misma manera, también es posible
65 usar los llamados tubos en forma de omega o de doble omega.

La figura 2 muestra una vista en planta esquemática de un subsegmento 8 de una pared de membrana que, como unidad de carga lista para el transporte, se producirá en el taller para ser transportada posteriormente al lugar de la obra del generador de vapor industrial, para ser soldada allí con otros subsegmentos 8' contiguos entre sí, a fin de conformar la pared de membrana 1. El subsegmento 8 de la pared de membrana es un subsegmento que se ensamblará en la sección del evaporador 3. Está formado básicamente por tubos 9 y separadores 10 dispuestos alternativamente en dirección longitudinal unos junto a otros, o unos encima de otros, y que están formados por el material de acero VM12 o T92 con microestructura martensítica. En dirección longitudinal de los tubos 9 y los separadores 10, en la parte superior e inferior 11 y 12 del subsegmento 8 de la pared de membrana, están soldadas piezas de tubo cortas 13 o piezas de separador 14 a un tubo 9 o a un separador 10, respectivamente. Las piezas de tubo y separador 13, 14 presentan una longitud de aproximadamente 100-150 mm. Estas piezas de tubo y separador 13, 14 están formadas por un material de aleación con base de níquel, en particular por A617 o HR6W, de estructura austenítica. La soldadura de los respectivos tubo 9 y separador 13 con las piezas de tubo 10 y piezas de separador 14 tiene lugar en el taller, durante la producción del subsegmento 8 de la pared de membrana, de manera que el requerido tratamiento térmico y de recocido se podrá realizar in situ. En los lados longitudinales, además, está soldada al respectivo tubo exterior 9 una plancha de separador 15, 16, que preferiblemente cubrirá la mitad de la anchura del separador correspondiente. También estas zonas de separador 15, 16 están hechas del mismo material de aleación con base de níquel que las piezas de tubo y separador 13, 14. En su conjunto, por tanto, el subsegmento 8 de la pared de membrana ha sido sometido a soldadura previa en todo su perímetro, es decir, en todos sus lados longitudinales y bordes longitudinales, mediante un material de aleación con base de níquel. Más allá de estas zonas sometidas a soldadura previa, el subsegmento 8 de la pared de membrana se soldará al respectivo subsegmento 8' de la pared de membrana contigua, donde los subsegmentos 8, 8' de la pared de membrana, formados dentro de la primera sección del evaporador 3, se han formado, preferiblemente, de manera idéntica al subsegmento 8 de la pared de membrana representado, en lo relativo a la composición de sus materiales. En la figura 2 se sugiere, por lo tanto, la unión de un subsegmento 8' de la pared de membrana idéntico. Más allá de las piezas de unión 13, 14, el respectivo subsegmento 8 de la pared de membrana puede soldarse, hacia arriba y / o hacia abajo, o bien a idénticos subsegmentos 8, 8' de la pared de membrana, o bien, en el área de transición, por ejemplo, de la primera sección del evaporador 3 a la segunda sección del evaporador 4 dispuesta verticalmente encima de ella, también puede soldarse a un subsegmento de la pared de membrana de la segunda sección del evaporador 4, en el que la conexión tubo-separador-tubo está formada completamente por una aleación con base de níquel, por ejemplo, por A617. De la misma manera también es posible, en el área de transición de la primera sección del evaporador 3 a la sección de descarga 2, formada debajo de esta en dirección vertical, soldar la zona sometida a soldadura previa con conexiones tubo-separador-tubo o con conexiones de tubos aletados de material ferrítico, por ejemplo, de 7CrMoVTiB10-10.

La pared de membrana 1 está construida en su conjunto de tal manera que presenta, por lo menos, una sección de evaporador, en la presente forma de realización la sección del evaporador 3, que está formada por material martensítico. En general se ha previsto, en cuanto a las zonas de conexión planas 17, que por lo menos en una de las diferentes secciones del evaporador 2 - 7 se formen conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados, en las que un tubo de VM12 o T12, cuyos materiales presentan una estructura martensítica, esté unido a una aleta de VM12, o T12, o T92 (estructura martensítica), o A617 (aleación con base de níquel, estructura austenítica), o HR6W (aleación con base de níquel, estructura austenítica). De la misma manera, estas zonas planas de la pared de membrana situadas en una de las secciones del evaporador 2 - 7 pueden estar formadas por un tubo de T24 con estructura ferrítico-bainítica, o de 7CrMoVTiB10-10 con estructura ferrítico-bainítica, al que se haya unido en cada caso al menos una aleta también de T24, o de 7CrMoVTiB10-10, o de VM12, o de 13CrMo4-4. Otra posibilidad consiste en soldar a un tubo de T92 con estructura martensítica una aleta de T92, o de VM12, o de A617, o de HR6W. Por último, las zonas planas de la pared de membrana en una de las secciones del evaporador 2 - 7 pueden estar formadas por un tubo de HR6W unido a una aleta también de HR6W, o bien de A617.

En particular, a partir de las combinaciones de materiales descritas anteriormente se forman los subsegmentos de la pared de membrana, en los que, por lo menos en los lados longitudinales de los subsegmentos 8, 8' de la pared de membrana, compuestos por tubos de VM12 o T92, se han formado algunas zonas mediante soldadura previa. De ese modo tiene lugar la soldadura de dos subsegmentos 8, 8' a lo largo de la zona que presenta soldadura previa en subsegmentos de la pared de membrana, en los que el subsegmento 8 de la pared de membrana formado por tubos o separadores / aletas de VM12, que también contiene tubos o separadores / aletas de A617 o HR6W sometidos a soldadura previa, se soldará a un subsegmento de la pared de membrana formado por tubos, o separadores, o aletas de VM12, que también contiene tubos o aletas de A617 o HR6W sometidos a soldadura previa; en particular, en esta disposición lateral de las zonas sometidas a soldadura previa de cada uno de los subsegmentos 8, 8' de la pared de membrana, la zona de las aletas destinada a la soldadura de las mismas se extiende a lo largo de la mitad de la longitud de la anchura total de los separadores. Otra posibilidad también consiste en que las paredes de membrana formadas con material VM12 se sometan a soldadura previa lateral con A617 o HR6W y se unan con zonas de la pared de membrana hechas de T24, que contengan aletas o separadores de A617 o HR6W, sometidos a soldadura previa, si bien también en este caso es preferible que la aleta o

ES 2 587 855 T3

- 5 el separador ocupe la mitad de la anchura del separador. También es posible incluir zonas de soldadura previa de A617 o HR6W en cada una de las zonas de la pared de membrana formadas con material T92, o también que zonas de la pared de membrana formadas con material T92, que constan de zonas con soldadura previa hechas de material A617 o HR6W, se unan mediante soldadura a zonas de la pared de membrana hechas de material T24 y que también presentan material A617 o HR6W soldado previamente en sus laterales (aleta / separador o, en su caso, tubo). También aquí la respectiva aleta o separador puede ocupar la mitad de la anchura del separador.
- 10 Para la conexión de elementos de la pared de membrana dispuestos verticalmente unos encima de otros se ha previsto, en cuanto a la unión tubo-tubo, la soldadura de las combinaciones de materiales siguientes: tubo-VM12 con soldadura previa de piezas de tubo de A617 o HR6W, soldado a tubos de VM12 que también presentan segmentos de tubo de A617 o HR6W sometidos a soldadura previa, o bien la unión de tubos-VM12 con soldadura previa de piezas de tubo de A617 o HR6W, soldándolos a tubos de T24. Otra combinación de materiales para esta aplicación consiste en soldar tubos hechos de material T92, con
- 15 soldadura previa de piezas de tubo de A617 o HR6W, con tubos de construcción idéntica de T92, con soldadura previa de piezas de tubo de A617 o HR6W, o bien con tubos de T24. Asimismo, otras combinaciones de materiales consisten en soldar tubos del material A617 directamente con tubos de A617, VM12, T92, T24 o HR6W, donde la combinación de A617 con VM12 o T12 precisará de un recocido o
- 20 tratamiento térmico en el taller. Por último, para el propósito de la presente aplicación también será posible la combinación de tubos de HR6W soldados con tubos hechos igualmente de HR6W, VM12, T92, T24 o A617, si bien la combinación con tubos de VM12 o T12 también hará necesaria la aplicación de un recocido en el taller.

Reivindicaciones

- 5 1. Pared de membrana (1) de un generador de vapor industrial que comprende una pluralidad de conexiones tubo-separador-tubo y / o conexiones de tubos aletados, en las que los respectivos tubos de la conexión tubo-separador-tubo, o los tubos aletados de la conexión de tubos aletados, están formados por un material de acero con microestructura ferrítico-bainítica, martensítica o austenítica, o bien por una aleación con base de níquel, donde el respectivo separador que une los tubos de la conexión tubo-separador-tubo o de la conexión de tubos aletados está formado, completamente o en combinación, por un material de acero con microestructura ferrítico-bainítica, martensítica o austenítica, o bien, por una aleación con base de níquel, donde la pared de membrana (1) presenta zonas en las que, por lo menos parcialmente, están unidos entre sí de manera contigua diferentes materiales de acero y / o aleaciones con base de níquel, en forma de material de separador o de tubo, o en forma de material de tubo aletado, y donde las zonas contiguas y unidas entre sí están conectadas mediante soldadura de los diferentes materiales de separador, o de tubo, o de tubo aletado,
- 10 **caracterizada porque,**
la pared de membrana (1) presenta zonas contiguas con conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados de diferentes materiales, y zonas contiguas con conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados del mismo material, en particular, con la misma microestructura, y donde los diferentes materiales de separador, o de tubo, o los materiales de tubo aletado, presentan coeficientes de dilatación térmica parecidos, que difieren entre sí como máximo +/- 20 %.
- 15
- 20 2. Pared de membrana de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada porque** los diferentes materiales de separador o de tubo, o los diferentes materiales de tubo aletado, presentan, respectivamente, una microestructura diferente.
- 25
3. Pared de membrana de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizada porque** un segmento de separador de una conexión tubo-separador-tubo, o de una conexión de tubos aletados, abarca solo una parte de la anchura total del separador.
- 30
4. Pared de membrana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la pared de membrana (1), parcialmente, en particular en la sección de descarga (2) del generador de vapor industrial, está formada por conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados en las que el separador y el tubo, o el tubo aletado, están compuestos, respectivamente, por un material de acero con microestructura ferrítico-bainítica, en particular, de 7CrMoVTiB10-10 o T24,
- 35 o bien,
la pared de membrana (1), parcialmente, en particular en una primera sección del evaporador (3) del generador de vapor industrial, situada encima de la sección de descarga (2), está formada por conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados en las que el separador y el tubo, o el tubo aletado, están compuestos, respectivamente, por un material de acero martensítico, en particular, de VM12, o T92 o X10CrWMoVNb9-2.
- 40
5. Pared de membrana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la pared de membrana (1), en particular en la primera sección del evaporador (3), presenta por lo menos parcialmente conexiones tubo-separador-tubo que, respectivamente, contienen por lo menos un tubo (9) de estructura martensítica, en particular de VM12 o T92, soldado a un separador (15, 16) o soldado a una aleta de aleación con base de níquel, preferiblemente con microestructura austenítica, en particular de A617 o HR6W,
- 45 o bien,
la pared de membrana (1), en particular en la primera sección del evaporador (3), presenta por lo menos parcialmente conexiones tubo-separador-tubo que, respectivamente, contienen un separador (10) de estructura martensítica, en particular de VM12 o T92, soldado a un tubo de aleación con base de níquel, preferiblemente con microestructura austenítica, en particular de A617 o HR6W.
- 50
- 55 6. Pared de membrana de acuerdo con la reivindicación 5 **caracterizada porque** contiene zonas en las que están soldados separadores (15, 16), o aletas, o tubos de aleación con base de níquel a los lados longitudinales de un subsegmento de pared de membrana (8, 8'), formado esencialmente por un material de acero con estructura martensítica, en particular de VM12 o T92.
- 60
7. Pared de membrana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la pared de membrana (1), en particular en la primera sección del evaporador (3), está formada por lo menos parcialmente por conexiones tubo-separador-tubo o por conexiones de tubos aletados, donde en segmentos de tubo-separador-tubo o en segmentos de tubos aletados, hechos de un material con estructura martensítica, en particular de VM12 o T92, se han soldado
- 65

- segmentos de tubo (13) o segmentos de tubo de aleta y / o segmentos de separador (14) de una aleación con base de níquel, preferiblemente con microestructura austenítica, en particular de A617 o HR6W, y donde las zonas en las que se han soldado segmentos de tubo (13) o segmentos de tubo de aleta y / o segmentos de separador (14) a lo largo de la parte superior y / o inferior (11, 12) de un subsegmento de pared de membrana (8, 8') se han formado preferiblemente con material de estructura martensítica, en particular con VM12 o T92.
- 5
8. Pared de membrana de acuerdo con las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizada por** un subsegmento de pared de membrana (8, 8'), formado esencialmente por un material de acero con microestructura martensítica, que presenta a lo largo de su parte superior e inferior (11, 12) segmentos de tubo (13) y / o segmentos de separador (14), o segmentos de tubo de aleta soldados a estas, y a lo largo de sus lados longitudinales presenta zonas de separador o de aleta (15, 16) soldadas a los mismos, que se han producido con una aleación con base de níquel, donde preferiblemente, los segmentos o zonas de la pared de membrana (1) o de los subsegmentos de la pared de membrana (8, 8') que presentan un tubo formado por un material de aleación con base de níquel y / o un separador formado por un material de aleación con base de níquel abarcan, respectivamente, una pluralidad de tubos y / o separadores.
- 10
- 15
9. Pared de membrana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la pared de membrana (1), en particular en una segunda sección del evaporador (4) del generador de vapor industrial, está formada parcialmente por conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados en las que el separador y el tubo, o el tubo aletado, están compuestos, respectivamente, por una aleación con base de níquel que presenta una microestructura austenítica, en particular por A617 o HR6W, o bien, porque la pared de membrana (1), en particular en el área de transición de la primera sección del evaporador (3) a la segunda sección del evaporador (4), está formada por lo menos parcialmente por un subsegmento de pared de membrana (8, 8'), hecho de un material de acero con microestructura martensítica, en particular de VM12 o T92, que consta de una zona o segmento soldado a este que presenta una microestructura austenítica, en particular de A617 o HR6W, o bien, porque la pared de membrana (1), en particular en una primera sección de tubos verticales (5) del generador de vapor industrial, está formada parcialmente por conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados en las que el separador y el tubo, o el tubo aletado, están compuestos, respectivamente, por una aleación con base de níquel, preferiblemente con microestructura austenítica, en particular por A617 o HR6W, o bien, porque la pared de membrana (1), en particular en una segunda sección de tubos verticales (6) del generador de vapor industrial, preferiblemente en la zona del sobrecalentador, está formada parcialmente por conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados, que abarcan respectivamente, por lo menos, un tubo de una aleación con base de níquel, en particular A617, que consta de un separador soldado al mismo y formado por una aleación con base de níquel diferente, en particular HR6W, y donde estos dos materiales presentan, preferiblemente, una misma microestructura austenítica, o bien, porque la pared de membrana (1), en particular en una tercera sección (7) del generador de vapor industrial, está formada, por lo menos parcialmente, por conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados, en las que el separador y el tubo contiguo, o los tubos aletados contiguos, están formados, respectivamente, por un material de acero con microestructura ferrítico-bainítica, en particular de 7CrMoVTiB10-10.
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
10. Pared de membrana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** en la sección de descarga (2) y / o en la primera sección del evaporador (3) y / o en la segunda sección del evaporador (4) y / o en la primera sección de tubos verticales (5) y / o en la segunda sección de tubos verticales (6) y / o en la tercera sección (7) del generador de vapor industrial se han formado, respectivamente, conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados, en las que están soldados entre sí un separador y un tubo contiguos o dos zonas de separador contiguas de la conexión tubo-separador-tubo, o dos tubos aletados contiguos de la conexión de tubos aletados, formados por materiales de acero diferentes y / o aleaciones con base de níquel diferentes y / o materiales con microestructura diferente.
- 50
- 55
11. Pared de membrana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** en la sección de descarga (2) y / o en la primera sección del evaporador (3) y / o en la segunda sección del evaporador (4) y / o en la primera sección de tubos verticales (5) y / o en la segunda sección de tubos verticales (6) y / o en la tercera sección (7) del generador de vapor industrial se han formado, respectivamente, conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados, en las que están soldados entre sí un separador y un tubo contiguos o dos zonas de separador contiguas de la conexión tubo-separador-tubo, o dos tubos aletados contiguos de la conexión de tubos aletados, formados por el mismo material de acero y / o la misma aleación con base de níquel y / o materiales con la misma microestructura.
- 60
- 65

- 5
12. Pared de membrana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** por lo menos en una de las secciones del evaporador (3, 4) y de las secciones de tubos verticales (5, 6) se han formado, respectivamente, conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados, en las que están soldados entre sí un separador y un tubo contiguos o dos zonas de separador contiguas de la conexión tubo-separador-tubo, o dos tubos aletados contiguos de la conexión de tubos aletados, que si bien están formados, respectivamente, por diferentes materiales de acero y / o diferentes aleaciones con base de níquel, presentan la misma microestructura o una microestructura similar.
- 10
13. Pared de membrana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** en el área de transición de la sección de descarga (2) a la primera sección del evaporador (3) y / o en el área de transición de la primera sección del evaporador (3) a la segunda sección del evaporador (4) y / o en el área de transición de la segunda sección del evaporador (4) a la primera sección de tubos verticales (5) y / o en el área de transición de la primera sección de tubos verticales (5) a la segunda sección de tubos verticales (6) y / o en el área de transición de la segunda sección de tubos verticales (6) a la tercera sección (7) del generador de vapor industrial se han formado, respectivamente, conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados, en las que están soldados entre sí, respectivamente, un separador y / o un tubo de una sección (2-6) con un separador y / o un tubo contiguo de otra sección (3-7), formados por materiales de acero diferentes y / o aleaciones con base de níquel diferentes y / o materiales con microestructura diferente.
- 15
- 20
14. Pared de membrana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** en el área de transición de la segunda sección del evaporador (4) a la primera sección de tubos verticales (5) y / o en el área de transición de la primera sección de tubos verticales (5) a la segunda sección de tubos verticales (6) se han formado, respectivamente, conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados, en las que están soldados entre sí, respectivamente, un separador y / o un tubo de una sección (4, 5) con un separador y / o un tubo contiguo de otra sección (5, 6), formados por el mismo material de acero y / o la misma aleación con base de níquel y / o materiales con la misma microestructura.
- 25
- 30
15. Pared de membrana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque**, por lo menos, en un área de transición de una sección del evaporador (4) o de una sección de tubos verticales (5) a una sección de tubos verticales (5, 6) se han formado, respectivamente, conexiones tubo-separador-tubo o conexiones de tubos aletados, en las que están soldados entre sí, respectivamente, un separador y / o un tubo de una sección (4-5) con un separador y / o un tubo contiguo de otra sección (5-6), que si bien están formados, respectivamente, por diferentes materiales de acero y / o diferentes aleaciones con base de níquel, presentan la misma microestructura o una microestructura similar.
- 35
- 40

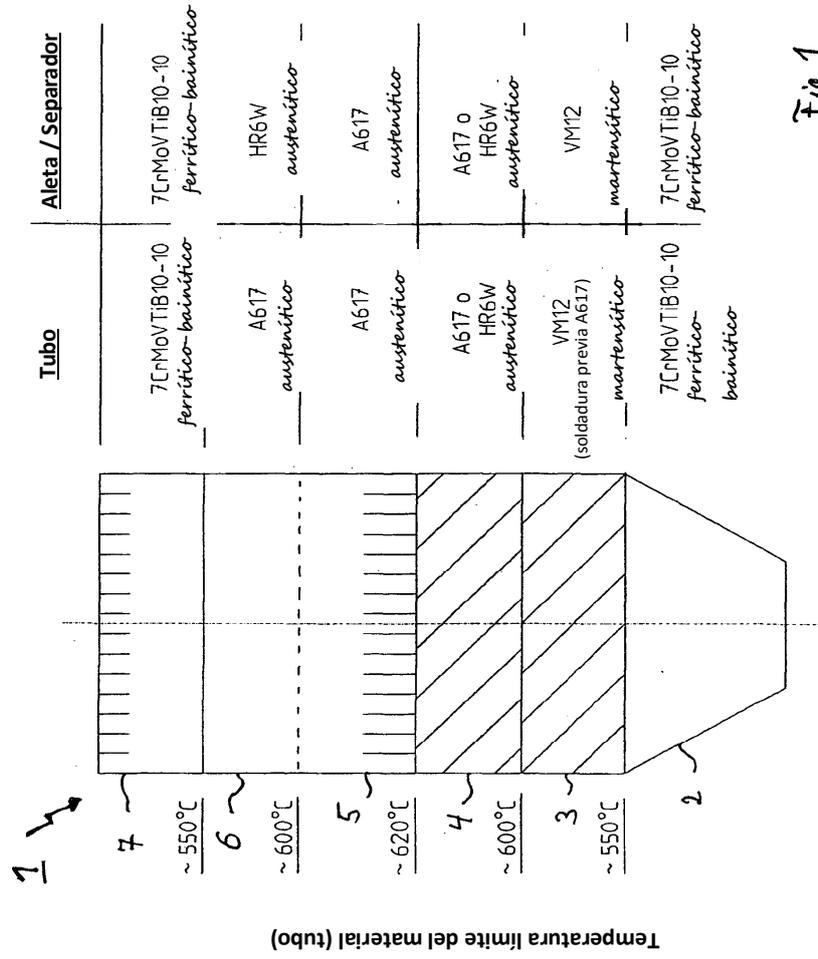


Fig. 1

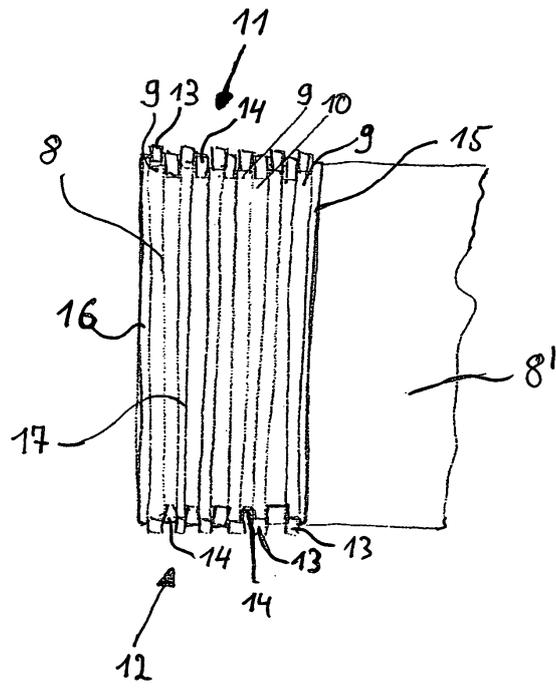


Fig. 2