



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 276 063**

51 Int. Cl.:
C02F 1/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **03727177 .2**

86 Fecha de presentación : **04.04.2003**

87 Número de publicación de la solicitud: **1492731**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **05.01.2005**

54 Título: **Tubo vaporizador para una instalación desalinizadora de agua marina.**

30 Prioridad: **05.04.2002 DE 102 15 124**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.06.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.06.2007

73 Titular/es: **WME Gesellschaft für
windkraftbetriebene Meerwasserentsalzung mbH
Dorfstrasse 38
18556 Dranske/Rügen, DE**

72 Inventor/es: **Plantikow, Ulrich**

74 Agente: **Zuazo Araluze, Alexander**

ES 2 276 063 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

Tubo vaporizador para una instalación desalinizadora de agua marina.

5 La invención se refiere a un tubo vaporizador para una planta desalinizadora de agua marina, por medio de la cual se obtiene del mar agua potable o agua de uso general especialmente en regiones con reservas de agua dulce reducidas.

10 En la práctica se han impuesto diferentes procedimientos para la desalinización de agua marina por medio de destilación. Las plantas conocidas, utilizadas para esto son: plantas de vaporización instantánea de varias etapas o de vaporización súbita de múltiples etapas (MSF, multi-stage-flash), plantas de multiefecto (ME), así como plantas de recompresión de vapor mecánicas y térmicas (mechanical vapour compression (MVC), thermal vapour compression (TMC)). En todas estas plantas se utiliza una gran mayoría de tubos vaporizadores para vaporizar el agua marina así como para la recuperación de la energía de vaporización, que normalmente están unidos en forma de un haz de tubos vaporizadores de por ejemplo aproximadamente 1000 tubos vaporizadores. A este respecto estos tubos vaporizadores están montados en vertical, tal como en el caso de la vaporización por gravedad, o también en horizontal.

15 Durante el funcionamiento se recubre el lado externo del tubo o interno del tubo con una película de agua marina y el vapor generado a este respecto se conduce al otro lado del tubo, donde se condensa a una presión algo mayor y por tanto también a una temperatura mayor. El calor de condensación liberado a este respecto se transmite al otro lado del tubo y conduce allí a la vaporización de una cantidad de agua marina correspondiente de la película de agua marina.

20 Debido a las condiciones de funcionamiento, los tubos vaporizadores deben ser resistentes en todas las plantas, tanto al agua marina como al agua destilada y, no obstante, permitir una buena transmisión de calor. En la práctica se han impuesto hasta el momento los tubos vaporizadores de aleaciones de aluminio así como de aleaciones con cobre, níquel y hierro (tubos de CuNiFe). Ambos materiales destacan por una buena conductividad térmica. A este respecto los tubos de aluminio son más baratos, pudiéndose utilizar sin embargo sólo a temperaturas de hasta como máximo 60 - 70°C de manera rentable y duradera. En el caso de los tubos de CuNiFe puede conseguirse por el contrario, mediante un porcentaje de níquel mayor, una mejor resistencia al agua marina también a temperaturas mayores. Sin embargo con el porcentaje de níquel creciente crece también el precio de estos tubos vaporizadores, por lo que se ve afectada en general la rentabilidad de la planta desalinizadora de agua marina. Los tubos vaporizadores utilizados actualmente tienen además normalmente un grosor de pared de 2 mm, lo que si bien tiene un efecto positivo en la durabilidad de los tubos, sin embargo determina en una medida considerable el peso de toda la planta desalinizadora de agua marina debido al gran número de tubos necesarios. Esto aumenta esencialmente el esfuerzo logístico para la construcción de las plantas desalinizadoras de agua marina de este tipo, especialmente en regiones apartadas.

25 Además los requisitos con respecto a la resistencia a la corrosión son especialmente elevados, cuando las plantas desalinizadoras de agua marina de este tipo se hacen funcionar a diferentes condiciones de funcionamiento no constantes. Tal como han mostrado las experiencias prácticas con plantas según el documento DE 36 13 871 A1, tanto los tubos de aluminio como los de CuNiFe en plantas de compresión de vapor accionadas con energía eólica para la desalinización de agua marina sufren un ataque corrosivo considerablemente más rápido que en las plantas correspondientes accionadas de manera estacionaria, en las que el suministro de energía es constante. De manera interesante el ataque corrosivo en el caso de los tubos de CuNiFe demostró ser considerablemente más intenso en el lado del destilado que en el lado del agua marina.

30 Además en las plantas de compresión de vapor accionadas con energía eólica para la desalinización de agua marina el peligro de la formación de incrustaciones sobre los tubos vaporizadores es esencialmente mayor que en las plantas accionadas de manera estacionaria, tal como se ha obtenido en la práctica. Esto se justifica aparentemente porque los tubos vaporizadores funcionan secos durante valles de viento y fases de vientos débiles. Los agentes antiincrustantes habituales en el comercio, utilizados por regla general como contramedida, han demostrado no ser adecuados para solucionar este problema, dado que sólo pueden retrasar de una manera insuficiente la formación de incrustaciones. Por el momento un impedimento eficaz de las deposiciones calcáreas sólo es posible mediante una expulsión del carbonato como dióxido de carbono por medio de un ácido antes de la vaporización del agua marina. Sin embargo, de esto surge el problema adicional que debido a fallos debe contarse en la dosificación de ácido con una adición de ácido demasiado elevada, por lo cual los tubos vaporizadores deben ser resistentes a la corrosión también a valores de pH bajos.

35 Por tanto la invención se basa en el objetivo de perfeccionar un tubo vaporizador para una planta desalinizadora de agua marina de tal modo que supere las desventajas en el estado de la técnica y que sea adecuado también para su utilización en plantas desalinizadoras de agua marina accionadas de una manera discontinua.

40 Este objetivo se soluciona mediante un tubo vaporizador con las características de la reivindicación 1. De este modo se prevé por primera vez según la invención, que esté configurado de acero resistente al agua marina y simultáneamente resistente a condiciones ácidas, y que presente un grosor de pared de entre 0,1 mm y 0,5 mm.

45 Por consiguiente la invención se distancia por primera vez del prejuicio predominante hasta el momento, de que el acero no es adecuado como material para tubos vaporizadores en plantas desalinizadoras de agua marina. De este modo se consideró hasta el momento únicamente, que sólo aceros altamente aleados especiales presentan la resistencia a la corrosión necesaria en el caso de las condiciones predominantes en las plantas desalinizadoras de agua marina,

teniendo los aceros de este tipo normalmente una conductividad térmica muy reducida. Según la invención se descubrió ahora que, en el caso del uso de un acero de este tipo, sin embargo, es posible reducir claramente los grosores de pared previstos hasta el momento de al menos 2 mm, sin afectar esencialmente a la estabilidad de la disposición. Con esto se subsana la desventaja indicada en sí de la conductividad térmica reducida de este material mediante una reducción del trayecto de conducción térmica. Además se descubrió en el transcurso de la invención que la transmisión de calor en las superficies de los tubos vaporizadores al vapor o al agua marina desempeña un papel esencialmente mayor para la transmisión de calor del vapor del destilado a la película de agua marina que la conductividad térmica a través de la pared del tubo.

Con esto pueden utilizarse ahora por primera vez para un funcionamiento rentable de una planta desalinizadora de agua marina según la invención por primera vez también tubos vaporizadores de acero, a partir de lo cual se produce además una resistencia a la corrosión esencialmente mayor, que en el caso de los tubos vaporizadores convencionales. Dado que los aceros de este tipo son además estables frente a valores de pH bajos, pueden utilizarse también ventajosamente en plantas, en las que se añade ácido al agua marina antes del proceso de vaporización, mediante lo cual puede impedirse de manera fiable una formación de incrustaciones en los tubos vaporizadores. Por consiguiente el tubo vaporizador según la invención es especialmente muy adecuado para plantas desalinizadoras de agua marina accionadas con energía eólica.

Es adicionalmente ventajoso que los tubos de aceros de este tipo pueden obtenerse a un precio competitivo. A este respecto el grosor de pared del tubo vaporizador según la invención está limitado a al menos aproximadamente 0,1 mm debido a la estabilidad mecánica necesaria. Los tubos muy finos de este tipo son especialmente adecuados para plantas, en las que en el espacio interno del tubo predomina una presión mayor que en el lado externo, es decir para plantas, en las que el destilado se condensa en el lado interno del tubo.

Debido a las propiedades de resistencia ventajosas de los aceros inoxidables de este tipo, por ejemplo en comparación con los materiales de CuNiFe convencionales, éstos pueden utilizarse sin embargo según la invención también en plantas, en las que en el espacio interno del tubo predomina una presión menor que en el lado externo. Esto sucede especialmente en el caso de los vaporizadores de gravedad. A pesar del grosor de pared reducido puede evitarse según la invención por consiguiente un pandeo de un tubo vaporizador de manera fiable y duradera.

A este respecto es adicionalmente ventajoso, que el peso del tubo vaporizador y por consiguiente también del haz de tubos vaporizadores en una planta desalinizadora de agua marina puede mantenerse reducido debido al reducido espesor de pared seleccionado.

Por consiguiente el tubo vaporizador según la invención puede prepararse y utilizarse de manera rentable, y destaca especialmente por una resistencia a la corrosión elevada con una buena transmisión de calor debido a la pared fina.

Los perfeccionamientos ventajosos de la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes.

De este modo el tubo vaporizador puede estar configurado de acero con el número de material 1.4565S según la norma DIN EN 10 088-2 (EE.UU.: ASTM/UNS S 34565), que es un acero extremadamente resistente al agua marina. Entonces alcanzan también tubos vaporizadores muy finos una durabilidad suficiente de muchos años. Este material, que muestra una resistencia a la tracción R_m de 800-1000 N/mm² así como un alargamiento de rotura de al menos el 30% y un límite elástico al 0,2% R_p 0,2 de al menos 420 N/mm², tiene la denominación X3CrNiMnMoNbN 23-17-5-3 y ha dado muy buenos resultados en ensayos prácticos.

Además ha demostrado ser lo más adecuado para los casos de aplicación habituales, si el grosor de pared del tubo vaporizador se encuentra entre 0,2 mm y 0,3 mm. Un grosor de pared de este tipo representa un buen término medio entre los requisitos funcionales y la manejabilidad de los tubos vaporizadores de este tipo.

Es adicionalmente ventajoso, si el tubo vaporizador se forma a partir de una chapa y se produce mediante soldadura, dado que entonces pueden prepararse de una manera especialmente barata. Las bandas o chapas de acero de este tipo pueden deformarse de la manera deseada con un esfuerzo tecnológico reducido y soldarse de tal manera que puede producirse la estructura de tubos. A este respecto pueden generarse, especialmente en el caso de la aplicación de un procedimiento de soldadura por láser, juntas de soldadura de alta calidad, que presentan una resistencia a la corrosión comparable a la del tubo, de modo que el punto de unión no representa ningún punto débil en el tubo vaporizador según la invención. Por consiguiente el tubo vaporizador según la invención puede prepararse de una manera aún más barata.

Además un extremo de tubo del tubo vaporizador puede estar unido a un fondo de tubo compuesto del mismo tipo de acero. Esto tiene la ventaja de que el fondo de tubo necesario para la sujeción y el guiado de los tubos vaporizadores presenta entonces el mismo coeficiente de dilatación térmico que el tubo vaporizador, y que no existe ningún potencial de corrosión diferente, tal como sería el caso utilizando dos materiales metálicos diferentes, que presentarían en la serie de tensiones de los metales un potencial normal diferente. En ensayos prácticos ha demostrado ser especialmente ventajoso y rentable, si el extremo de tubo con el fondo de tubo está unido mediante soldadura, especialmente mediante soldadura por láser. A este respecto puede soldarse el extremo de tubo en el caso de un grosor de pared suficiente también directamente con el fondo de tubo. A este respecto debe considerarse además, que el fondo de tubo en los extremos del tubo vaporizador no sirve solo para la sujeción, sino que mediante este fondo de tubo o

ES 2 276 063 T3

varios de estos fondos de tubo se separan entre sí también espacios para el agua marina vaporizada y el destilado condensado. Para esto se requieren juntas de plástico o de caucho entre un tubo vaporizador y la entalladura en el fondo de tubo, que podrían suprimirse debido a la soldadura prevista según la invención de estos componentes. Además se ha demostrado en ensayos prácticos que una soldadura de este tipo produce una separación mejor y más fiable de las zonas para agua marina y destilado, que lo que era el caso con juntas. Así puede reducirse esencialmente de esta manera la propensión a tener averías. Otra ventaja radica en que mediante la supresión del gran número de juntas necesarias correspondiente al número de tubos vaporizadores en la planta desalinizadora de agua marina puede conseguirse también una ventaja considerable en el precio.

Es adicionalmente ventajoso, si la sección transversal del tubo vaporizador difiere de una forma circular. En otras palabras, las líneas de corte en el caso de un corte vertical o diagonal con respecto al eje del tubo pueden diferir al menos en algunos puntos de la forma circular o de una forma elíptica, pudiendo esto tener lugar mediante la deformación de los tubos, por ejemplo mediante la estampación de estrías perimetrales. Mediante esto se generan en la película descendente adicionalmente turbulencias, mediante lo cual puede mejorarse la transmisión de calor. Otra mejora de la transmisión de calor resulta además del aumento unido a la deformación de la superficie la pared del tubo. Mediante las deformaciones de este tipo del tubo vaporizador puede desviarse la película descendente además de la dirección condicionada por la gravedad, lo que dificulta una rotura de la película de líquido y reduce el peligro de una formación de puntos secos no mojados por la película descendente. De esta manera pueden aumentarse el grado de eficacia de una planta desalinizadora de agua marina y además se reduce el peligro de formación de deposiciones sobre la pared de un tubo vaporizador. A este respecto se realiza la deformación de la pared de tubo preferiblemente de tal manera, que el montaje de los tubos vaporizadores y su unión con el fondo de tubo no se dificulta. Esto es entonces el caso por ejemplo, cuando el diámetro del tubo en la zona deformada no es en ningún punto mayor que el diámetro del tubo no deformado, y/o cuando las zonas previstas para la unión con el fondo de tubo no se deforman.

Por consiguiente el tubo vaporizador según la invención puede emplearse de manera excelente en las plantas desalinizadoras de agua marina conocidas y dado el caso equiparse posteriormente. Además contribuye a mejorar esencialmente el grado de eficacia, la fiabilidad y la durabilidad de una planta desalinizadora de agua marina de este tipo.

La invención admite además de la forma de realización explicada otros enfoques de configuración.

De este modo puede emplearse en lugar del acero con el número de material 1.4565S según la norma DIN EN 10 088-2 también otro acero con propiedades similares. Ejemplos de esto son los aceros con los números de material según la norma DIN EN 10 088-2 de 1.4439 (X2CrNiMoN 17-13-5, EE.UU.: UNS S31726) y 1.4539 (X1NiCrMoCu 25-20-5, EE.UU.: UNS N08904). Además pueden emplearse también aceros inoxidables austeníticos tales como los denominados aceros de Mo al 6%, a los que pertenecen entre otros AL-6XN, 1925 hMo SB8, 25-6Mo, 254 SMO, 20Mo-6, YUS 170, 2419 MoN, B66, 3127 hMo, 654 SMO (n^{os} UNS: N08367, N08932, N08926, S31254, N08026, N08925, S31266, N08031, S32654). Además puede utilizarse también titanio o una aleación de titanio como material para el tubo vaporizador.

Además el tubo vaporizador puede producirse también mediante prensado por extrusión o similar.

ES 2 276 063 T3

REIVINDICACIONES

5 1. Tubo vaporizador para una planta desalinizadora de agua marina, **caracterizado** porque está configurado de un acero resistente al agua marina y simultáneamente resistente a las condiciones ácidas, y porque presenta un grosor de pared de entre 0,1 mm y 0,5 mm.

2. Tubo vaporizador según la reivindicación 1, **caracterizado** porque está configurado de un acero con el número de material 1.4565S según la norma DIN EN 10 088-2.

10 3. Tubo vaporizador según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque presenta un grosor de pared de entre 0,2 mm y 0,3 mm.

15 4. Tubo vaporizador según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque se forma a partir de una chapa y se produce mediante soldadura.

5. Tubo vaporizador según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque un extremo de tubo del tubo vaporizador está unido con un fondo de tubo compuesto del mismo tipo de acero, especialmente mediante soldadura.

20 6. Tubo vaporizador según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque la sección transversal del tubo vaporizador difiere de una forma circular.

25

30

35

40

45

50

55

60

65