

327 154

PATENTE DE INVENCION

Br. 22148/65.

327 154



Memoria Descriptiva
sobre

"Procedimiento y aparato para potabilizar
agua salina."

Solicitante: COURTAULDS LIMITED, entidad inglesa, residente
en: 18, Hanover Square, Londres, W.1., INGLATERRA.

Este invento se refiere a la potabiliza-
ción de agua salina, y más especialmente, a la desa-
lificación (potabilización) del agua del mar.

Un procedimiento conocido para destilar
5. un líquido acuoso contaminado, con objeto de obtener



5. agua, consiste en dirigir el líquido a una superficie de un cambiador de calor y proporcionar el calor para vaporizar el agua del líquido, comprimiendo el vapor de agua desprendido del líquido y condensándolo en la superficie opuesta de la pared del cambiador de calor. Para iniciar el procedimiento, se precisa un suministro auxiliar de calor tal como vapor; pero a continuación toda la energía para el procedimiento puede proporcionarse al compresor.

10. El principio fundamental del procedimiento es que la compresión del vapor de agua le permite condensarse a temperatura superior a la que es posible antes de la compresión. En el proyecto del procedimiento, se aplican las observaciones siguientes.

15. Para un ritmo de alimentación dado de un líquido, un ritmo dado de producción de agua y una temperatura y una presión dadas de trabajo, la energía térmica necesaria para aplicar el procedimiento, es susceptible de calcularse. Partiendo de la ecuación aproximada,

20.
$$H = U.A.\Delta T,$$

en la que H es la energía térmica en kilo-calorías/segundo, U es el coeficiente total de transmisión térmica en kilo-calorías/cm², segundo, °C, A es la superficie de transmisión térmica en cm² y ΔT es la diferencia de temperaturas entre el vapor del agua de condensación y el líquido en °C, suponiendo que la temperatura de ambos permanece constante en toda la superficie de transmisión térmica, puede observarse que el producto U.A, es directamente proporcional a la energía térmica. Cuando ésta se conoce, los valores ópt

25.

30.



5. timos de A y ΔT pueden calcularse buscando un equilibrio económico entre el coste de la energía de compresión precisa para elevar la temperatura de condensación del vapor de agua, y el coste de la superficie de transmisión térmica. La energía de compresión, puede expresarse en términos de la relación de compresión que es la relación de la presión de salida a la de entrada para el compresor. Cuanto más elevada sea la diferencia de temperaturas ΔT precisa, tanto mayor será la elevación
10. de la temperatura de condensación del agua y, por tanto, tanto más elevada la relación de compresión precisa.
- Antes de este invento, los procedimientos conocidos de compresión del vapor han sido costosos, especialmente a causa del coste de la superficie de transmisión térmica, y de los costes de la energía de compresión.
15. Se ha conseguido obtener un procedimiento más económico con compresión de vapor.
- De acuerdo con este invento, un procedimiento para la recuperación de agua de líquidos acuosos contaminados, comprenden el hacer pasar el líquido en forma de película sobre la superficie de una película delgada de material plástico, el comprimir el vapor de agua evaporado de la película de líquido, utilizando una baja relación de compresión, el condensar el vapor de agua comprimido sobre la superficie opuesta de la película delgada de material plástico, para proporcionar calor para la
20. evaporación mencionada de vapor de agua de la película de líquido, y el recoger el agua que se haya condensado del vapor.
25. El empleo de una película plástica delgada,
- 30.

327154-

25 MAY. 1968



5. hace posible el emplear extensiones elevadas de superficie de transmisión térmica. Esto se debe a que la película es económica, de poco peso y puede disponerse compactamente. Así, con una gran extensión superficial para la transmisión térmica, una pequeña diferencia de temperaturas a través de la película y por tanto una baja relación de compresión, resultan de uso posible.

10. En especial, se ha ideado un procedimiento para la desalificación del agua del mar, que funciona con una relación de compresión inferior a 1,1.

15. En los procedimientos de compresión de vapor utilizados con anterioridad al procedimiento de este invento, las paredes de transmisión de calor han sido corrientemente de metal, por ejemplo de acero inoxidable, y el elevado coste de instalación, y los problemas asociados con grandes explotaciones, han limitado la extensión de la superficie de transmisión térmica que podría proporcionarse. Así, con objeto de obtener una producción suficientemente elevada, la diferencia de temperaturas a través de la pared de transmisión, y por tanto la relación de compresión, ha de ser elevada, lo cual dá por resultado grandes costes de explotación.

20. El empleo de una película plástica de acuerdo con el procedimiento de este invento, reduce apreciablemente el coste de instalación y, dado que hace posible el empleo de relaciones de compresión reducidas, aminora también en grado elevado, los costes de explotación.

25. Cuando se utilizan relaciones de compresión inferiores a 1,1, se obtiene una nueva e importante ventaja. En lugar del compresor de desplazamiento positi-
30.

327154⁵ - 25 MAR 1955



vo, necesario para relaciones de compresión superiores a 1,1, es posible utilizar un ventilador de construcción relativamente sencilla y de coste de adquisición muy inferiores. El ventilador puede ser de cualquiera de los tipos centrífugo, de corriente axial, ó de corriente combinada.

5.
Un procedimiento preferido para la desalificación del agua del mar, se describe a continuación haciendo referencia al dibujo adjunto, que es un esquema de circulación del procedimiento y representa algunas características de la instalación.

10.
Una torre de hormigón 1, tiene una placa de tubos superior 2 y otra inferior 3, entre las cuales están montados tubos 4 de película de polietileno en las disposiciones corrientes de cambiadores de calor de tubos y envoltura. Las placas de tubos 2 y 3 separan el lado de la envoltura 5 de la torre 1, de los cabezales 6 y 7 respectivamente, mediante un cierre impermeable al fluido.

15.
Una placa distribuidora 8 está dispuesta inmediatamente debajo de la placa de tubos superior, y paralela a ella, y tiene orificios 9 a través de los cuales se prolongan los tubos coaxialmente dejando un espacio anular entre la periferia de cada tubo y la periferia de cada orificio.

20.
Un ventilador 10 con una placa cilíndrica, está situado adyacente a los tubos 4 de la torre 1, y con el eje de su caja paralelo a los mismos. La entrada del ventilador se abre en el lado 5 del cuerpo y su salida en el cabezal 6, y exteriormente está cerrado en la



placa de tubos superior 2, en relación de estanquidad para el fluido. El cabezal 7 está conectado a una bomba de vacío 11.

5. Junto a la torre 1 se dispone un cambiador de calor 12 del tipo de tubos y envoltura preparado de tal modo que un fluido puede pasar a lo largo de algunos tubos 13 y otro fluido a través del resto.

10. En funcionamiento, el agua del mar se introduce a través de un tubo 15 al interior del cuerpo 14 del cambiador de calor 12, donde se caldea previamente pasando, a través de un tubo 16, a la superficie superior de la placa distribuidora 8. Desde la que el agua del mar pasa por los espacios anulares entre cada tubo 4 y la periferia de su orificio 9 asociado, de la placa distribuidora, y circula en dirección descendente sobre la superficie exterior de cada tubo, en forma de una película delgada.

15. Después de iniciarse el procedimiento, por ejemplo por el paso de un fluido caliente a través de los tubos 4, el agua se evapora de las películas descendentes de agua del mar. El vapor de agua se comprime a continuación por el ventilador 10 antes de circular a través del aparato de caldeo 6 y hacia abajo a través de los tubos 4, en los que se condensa. La compresión del vapor de agua eleva su temperatura de condensación por encima del punto de ebullición del agua del mar, de tal modo que puede circular calor desde el vapor de agua de condensación a través de la pared de cada tubo, para calentar la película descendente de agua del mar y evaporar una proporción de la misma.

20.

25.

30.

25 MAY. 1966



Antes de pasar a la recogida de productos y al desperdicio a través de los tubos de salida 17 y 18, respectivamente, el agua condensada del interior de los tubos 4, y la mayor parte de la salmuera concentrada del exterior de dichos tubos, se hacen pasar separadamente por tubos 19 y 20, respectivamente, a través de los tubos 13 del cambiador de calor 12, para calentar previamente el agua del mar entrante. La proporción restante de salmuera concentrada, circula por un tubo 21 y se hace circular de nuevo con el agua del mar previamente calentada que pasa por el tubo 16.

El procedimiento del ejemplo siguiente, se calculó para un tratamiento de 3409,5 litros/hora de agua del mar, con una salinidad de 3,5 % en peso. Un dato de influencia máxima en el proyecto del procedimiento, es la elevación del punto de ebullición de la salmuera en comparación con el del agua. Dado que el punto de ebullición de la salmuera, en condiciones correspondientes de temperatura y presión, es superior al del agua, entonces, para una diferencia de temperaturas deseada entre el vapor de agua de condensación y la salmuera en ebullición, es necesario que la temperatura de condensación del vapor de agua se eleve en la suma de la diferencia de temperatura deseada y la elevación del punto de ebullición de la salmuera. De la ecuación de Clausius-Clapeyron.

$$\Delta T_{B.Pt.} = \frac{mRT_0^2}{1000 l_e}, \text{ en la que}$$

$\Delta T_{B.Pt.}$ es la elevación en $^{\circ}C$ del punto de ebullición.

m es la molalidad de la solución,

25 MAY. 1968



327154

To es el punto de ebullición del disolvente ($^{\circ}\text{K}$), y

le es el calor latente de vaporización de la solución (calorías /g),

5. puede deducirse que el punto de ebullición de la salmuera aumenta con un aumento en la salinidad y un aumento en la temperatura a que el agua hierve.

10. La temperatura de trabajo, se determina en gran parte por la película plástica de que los tubos están contruidos con película de polietileno de 0,127 mm de espesor, es adecuada una temperatura de 20 a 30 $^{\circ}\text{C}$, con preferencia de 30 $^{\circ}\text{C}$; las temperaturas más elevadas son perjudiciales para sus propiedades mecánicas, ya que dan lugar al reblandecimiento y a un exceso de termodeformación plástica de la película. El punto de ebullición de la salmuera al 3,5 %, puede hacerse descender a 30 $^{\circ}\text{C}$, por el funcionamiento de la torre en vacío ó con aspiración, a una presión de $4,28 \times 10^{-2}$ atmósferas. El procedimiento, con preferencia, se aplica a una temperatura lo más elevada posible, compatible con los tubos de plástico,

20. para que la densidad del vapor de agua sea la menor posible. Esto tiene por objeto el reducir la carga de trabajo sobre el ventilador en cuanto se pueda. Otros problemas que se plantean al trabajar a temperaturas inferiores son los que presentan la necesidad consiguiente de una mayor aspiración en la torre; a saber, los costes de bombeo y la dificultad de cerrar la torre.

25.

30. La cantidad de agua evaporada de la película de salmuera, se limita por el hecho de que cuanto mayor sea la cantidad de agua que se evapora, tanto más elevada resulta la salinidad de la salmuera que queda y, por



- tanto, tanto mayor su punto de ebullición. Para este procedimiento una evaporación del 50 % se ha estimado cómo la óptima, y proporciona un ritmo de producción de agua desalificada de 1705 litros/hora, y una concentración del 7 % en la salmuera restante. La diferencia de temperaturas deseada a través de las paredes de los tubos se toma como diferencia de temperaturas en el fondo del tubo, dado que la temperatura de condensación del vapor de agua ha de ser más elevada para conseguir una
5. diferencia dada de temperaturas en la parte inferior del tubo, que para lograr la misma diferencia de temperaturas en la parte superior del tubo. Esto se debe a la mayor elevación del punto de ebullición de 7 % de la salmuera en el fondo comparado con el 6,4 % de la salmuera en la parte superior. La concentración de la salmuera en la parte superior de los tubos es de 6,4 % dado que la salmuera al 7 % que se hace recircular en relación con el vapor de agua comprimido es igual a 9,6. Para salmuera al 7 %, la elevación del punto de ebullición, calculada por la ecuación de Clausius-Clapeyron, es de
10. 0,4°C. Así, para conseguir la diferencia de temperaturas deseada a través de la pared del tubo en la parte inferior, la temperatura de condensación del vapor de agua ha de elevarse en 0,4°C adicionales.
15. Para tuberías de 3,17 cm de diámetro, de polietileno en película de baja densidad, de 0,127 mm de espesor, el coeficiente total de transferencia térmica, se determinó experimentalmente obteniendo ($1,69 \times 10^{-2}$ kilocalorías/cm² segundo °C). De $H = U.A.\Delta T$, se deduce
20. que la extensión superficial de tuberías necesaria cuando
- 25.
- 30.



5. La diferencia de temperaturas a través de la pared del tubo en la parte inferior es de $0,556^{\circ}\text{C}$, es de 2787 metros cuadrados. Esta superficie se obtiene convenientemente mediante 1800 tubos cada uno de ellos de 15,24 m de longitud y 3,17 cm de diámetro. La torre de 3,65 m de diámetro que contenía los tubos, era de hormigón para soportar el vacío ó aspiración interior.

10. La compresión del vapor de agua para elevar su temperatura de condensación para obtener una diferencia de temperaturas de $0,556^{\circ}\text{C}$, a través de la pared de los tubos en la parte inferior, se obtiene por un ventilador que funciona con 4,84 Kw en estado de régimen, y proporcionando un aumento de presión de 2,67 cm, altura de agua. La relación de compresión es pues de 1,06.

15. La relación entre la cantidad de salmuera al 7 % recirculada con respecto a la cantidad de vapor de agua comprimido, depende de la capacidad de mojadura de los tubos y de la longitud de los mismos. Si en la superficie superior de dichos tubos se forman zonas secas debe aumentarse la corriente de salmuera descendente por los tubos hasta que dicha salmuera se distribuya uniformemente en películas. De lo contrario, se reduce la eficacia de la transmisión térmica. Con tubos que se mojen fácilmente, se precisa una menor corriente de salmuera para formar una película uniformemente distribuida. Se ha empleado con éxito una relación de 9,6.

20. Existen dos razones principales para mantener lo más bajo posible el ritmo de recirculación. Ante todo, los costes de bombeo son proporcionales al ritmo de recirculación y, además, cuanto mayor es el ritmo de recircu-

25.

30.



lación tanto más se eleva la salinidad de la salmuera y tanto mayor es la elevación del punto de ebullición.

Las suposiciones realizadas en el producto del Ejemplo anterior, incluyen: ausencia de pérdidas térmicas en el sistema; ausencia de escapes de aire en la torre; vapor de agua ideal; y líquidos ideales.

N O T A

10. Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental; también se hace constar que el invento se refiere a una solicitud de patente presentada en Inglaterra, con fecha 25 de mayo de 1965, nº 22148/65, acogiéndose por tanto, a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España, sobre: "PROCEDIMIENTO Y APARATO PARA POTABILIZAR AGUA SALINA"; caracterizándose por lo siguiente:

25. 1.- Procedimiento para potabilizar agua salina, caracterizado porque se hace circular el líquido salino en forma de película sobre la superficie de una pared de intercambio térmico/^{formada/}por una película delgada de material plástico, seguidamente se comprime el vapor de agua evaporado de la película de líquido a una pequeña relación de compresión, se condensa el vapor de agua comprimido en la superficie opuesta de la pared de intercambio térmico, para proporcionar calor para dicha evapora-

30.

327154

- 12 -

25 MAY 1966



ción de vapor de agua de la película de líquido, y finalmente recoge el agua condensada del vapor.

5. 2.- Procedimiento, según la reivindicación 1, caracterizado porque la relación de compresión es inferior a 1,1.

3.- Procedimiento, según la reivindicación 2, caracterizado porque el líquido acuoso contaminado es agua del mar.

10. 4.- Aparato para realizar el procedimiento, según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende un torre cerrada, un haz de tubos de intercambio térmico construidos de una película delgada de polietileno sostenidos verticalmente en el interior de la torre entre placas de tubos que definen espacios cabeceros superior e inferior, medios de suministro de líquido para proporcionar una película de líquido descendente por la superficie exterior de cada tubo de intercambio térmico,

15. un ventilador de compresión para comprimir el vapor de agua evaporado de las películas de líquidos descendentes, y para suministrar el vapor comprimido a la superficie interna de cada tubo de intercambio térmico, medios de recogida de agua para el agua condensada en los tubos de intercambio térmico separándola del vapor de agua comprimido, y medios de caldeo auxiliares para iniciar la evaporación del vapor de agua de las películas descendentes de líquido.

20. 5.- "Procedimiento y aparato para potabilizar agua salina," tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria e ilustrado en el adjunto dibujo.

30.

327154 - 13 -

25 MAY 1966



Esta Memoria consta de trece hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 25 MAY 1966
COURTAULDS LIMITED,

GÓMEZ ACEBO Y MODET
Firmado: F. Hernández Ruiz

