

223367

JL/TM.235.168 C.E.A
"Epuration Frigorifique I"

223367

- 5 AGO. 1955



- 5

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

e n

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, entidad francesa, establecida en 69, rue de Varenne, Paris, (Sena), Francia, por:

" PROCEDIMIENTO E INSTALACION DE DEPURACION FRIGORIFICA DE UN GAS " .-

-0-

El presente invento tiene por objeto un procedimiento de depuración frigorífica de un gas destinado a ser tratado a baja temperatura, por ejemplo en una instalación de separación de gases por licuación



223367

y rectificación. Este procedimiento es del tipo, llama-
do de inversión periódica de las corrientes gaseosas, en
el cual el gas a tratar (por ejemplo, el aire a separar)
entra a presión en un compartimento de intercambiador
5 de temperatura en el que es enfriado y deposita sus im-
purezas fácilmente condensables (agua y gas carbónico,
por ejemplo), mientras que una parte por lo menos del
gas tratado (nitrógeno, por ejemplo) llamado gas de ba-
rrido, pasa con una presión más débil a otro comparti-
10 mento de intercambiador donde se recalienta y vaporiza
las impurezas depositadas por el gas que entra en un
período precedente. Al final de cada período, se invier-
ten las corrientes gaseosas de forma a hacer pasar el
gas que sale al compartimento en el que, en el período
15 considerado, el gas entrante deposita sus impurezas.

Se conocen intercambiadores de inversión
que funcionan según este principio y comprenden simple-
mente dos compartimentos invertibles, a los cuales pa-
san, en contra-corriente, el gas que entra y una parte
20 del gas que sale, haciéndose así el intercambio de ca-
lor directamente entre el gas en curso de depuración y
el gas de barrido.

Esta disposición presenta un grave incon-
veniente. El gas de barrido está, en efecto, a una pre-
25 sión claramente más débil que el gas entrante; se sabe
que en estas condiciones la separación de temperatura
entre los dos flúidos en intercambio de calor va cre-



AGO. 7

223367

5 ciendo del extremo caliente al extremo frío del inter-
cambiador, en razón del aumento del calor específico
a bajas temperaturas para los gases comprimidos. Las
impurezas se depositan en la proximidad del extremo frío
y están sometidas por lo tanto, durante el barrido, a
una temperatura claramente inferior a aquella a la cual
se ha efectuado el depósito. La tensión de vapor de las
impurezas varía fuertemente con la temperatura, hacién-
dose generalmente imposible la separación de la totali-
dad de las impurezas depositadas con el gasto disponi-
ble de gas de barrido.

 Se han imaginado numerosos artificios pa-
ra remediar este inconveniente, pero sin aportar una so-
lución realmente satisfactoria a este problema.

15 El procedimiento que forma el objeto del
presente invento permite, por el contrario, en todos
los casos, la separación total de las impurezas con una
gran seguridad. Está caracterizado porque se hace pasar
el gas a tratar sucesivamente a los dos compartimentos
de un primer intercambiador, en contracorriente a sí
mismo y enfriándole entre sus dos pasos por una adi-
ción exterior de frío, y porque se hace pasar a con-
tinuación a uno de los compartimentos de un segundo
intercambiador idéntico al primero, en contracorriente
al gas de barrido, siendo tales la adición de frío y
las características de los intercambiadores que la
temperatura del gas a tratar, a la salida del extremo



223367

frío del primer intercambiador, sea inferior a la del gas de barrido a la entrada del extremo frío del segundo intercambiador.

5 El gas a tratar deposita así sus impurezas en el primer compartimento del primer intercambiador, mientras que el gas de barrido vaporiza las impurezas depositadas en el segundo intercambiador en el período precedente. El primer intercambiador funciona así pues únicamente como depurador, saliendo de éste el gas a
10 tratar sensiblemente a la misma temperatura con la que había entrado, y el segundo intercambiador funciona únicamente como intercambiador de temperatura.

Siempre es posible calcular un intercambiador de forma que con un pequeño suplemento de frío, la
15 temperatura del gas a la salida del primer compartimento del primer intercambiador sea inferior a la del gas de barrido a la entrada del segundo intercambiador. En efecto, siendo las presiones iguales en los dos compartimentos del primer intercambiador, el intercambio térmico se
20 efectúa a separación constante de temperatura, mientras que en el segundo intercambiador, la separación de temperatura varía grandemente desde el extremo caliente al extremo frío. Esta circunstancia aumenta todavía, para los puntos situados entre el extremo frío y el extremo
25 caliente, la diferencia entre la temperatura del gas de barrido y la del gas en curso de depuración. En cada punto de los intercambiadores, la temperatura, a la cual



223367

las impurezas se depositan, es por tanto siempre netamente inferior a aquélla a la cual éstas se vaporizan. La separación total de las impurezas se obtiene pues con toda seguridad.

5 **Para** obtener este resultado incluso en el extremo frío, es necesario generalmente, y especialmente si las presiones del gas a tratar y del gas de barrido no son muy diferentes, recalentar el gas de barrido antes de su entrada en el segundo intercambiador, de forma que cree en este extremo una diferencia suficiente entre la temperatura de barrido de las impurezas y la de su depósito. Este recalentamiento puede ser obtenido sin pérdida de frigorías, por medio de un refrigerador de líquido, en el caso en que el gas depurado sea tratado a
10 continuación e una instalación de separación por licuación y rectificación a doble columna. En la generalidad de los casos, es igualmente ventajoso recalentar el gas a tratar, a su salida del primer intercambiador y antes de su entrada en el segundo, de manera que se anule la separación en el extremo caliente del primer intercambiador y obtener así, incluso en el extremo caliente del
15 segundo intercambiador, una temperatura de barrido superior a la temperatura de depósito de las impurezas.

20 Si el suplemento de frío, en el extremo frío del primer intercambiador, el recalentamiento del gas a tratar, y eventualmente el recalentamiento del gas de barrido, están asegurados por baños de líquido en
25



5 AGO 1955

223367

La figura 2 es un gráfico representando las temperaturas del gas a tratar y del gas de barrido, en función de la distancia a partir del extremo frío, durante su paso a los dos intercambiadores, y en particular las temperaturas de depósito de las impurezas y las temperaturas de vaporización de éstas en los diferentes puntos de cada intercambiador.

El aparato de depuración representado en la figura 1 forma parte de una instalación de producción de deuterio por licuación y rectificación del hidrógeno.

El hidrógeno a tratar contiene aproximadamente 2% de nitrógeno y debe ser desembarazado totalmente de este nitrógeno antes de su introducción en la columna de separación.

El aparato de depuración comprende dos intercambiadores 1 y 2, del "Hampson" cuya envoltura es capaz de resistir la presión del hidrógeno a tratar. El hidrógeno impuro llega a presión por el tubo 3. En un período dado, la llave 4 está abierta y la llave 5 cerrada; el hidrógeno impuro entra pues en el espacio comprendido entre la envoltura y los tubos del intercambiador 1 y sale por el tubo 6. Estando abierta la llave 7 y cerrada la llave 8, el hidrógeno atraviesa un serpentín 9 sumergido en un baño de hidrógeno líquido en ebullición a 1 atm. A continuación, estando cerrada la llave 10, entra de nuevo en el intercambiador 1, pero



223367

esta vez al interior de los tubos. Sale por el tubo 11 y atraviesa un serpentín 12 sumergido en un baño de nitrógeno líquido en ebullición a 1 atm. Penetra a continuación en los tubos del intercambiador 2 y sale por el tubo 13. Estando abierta la llave 14 y cerrada la llave 15, el hidrógeno a presión vuelve por el tubo 16 a la columna de rectificación.

Por otra parte, el hidrógeno a baja presión (1 atm.), separado de su deuterio en la columna de rectificación, llega por el tubo 17 y, antes de abandonar la instalación de separación, atraviesa el refrigerador de líquido 18 a contracorriente de hidrógeno líquido a tres atmósferas. Sale de allí por el tubo 19 y, estando cerrada la llave 15 y abierta la llave 20, entra en el espacio del intercambiador 2 comprendido entre la envolvente y los tubos. Sale del intercambiador 2 por el tubo 21, estando abierta la llave 22, y sale fuera de la instalación, por el tubo 23, estando cerrada la llave 24.

En el período siguiente las llaves indicadas anteriormente como cerradas, están abiertas y las llaves abiertas están cerradas. El serpentín 9 está entonces fuera de servicio y su función está reemplazada por un serpentín idéntico 25. Bien entendido, con un juego apropiado de llaves se pueden reemplazar los dos serpentines 9 y 25 por uno sólo.



1956

223367

Una derivación 26 y una llave 27, normalmente cerrada, permiten asegurar la salida del gas a baja presión durante el período del cambio de régimen en cada inversión.

5 Para reducir este período de duración, es ventajoso, desde el punto de vista termodinámico, hacer comunicar, a niveles de temperatura correspondientes, los espacios de los dos intercambiadores comprendidos entre las envolventes y los tubos, por medio de varias tuberías 28, por ejemplo, cuatro, provistas de llaves 29, que se abren en el momento de la inversión; esta disposición permite igualar casi instantáneamente las presiones en los dos compartimentos exteriores a los tubos, evitando en lo posible, toda modificación de la distribución de las temperaturas a lo largo de los dos intercambiadores.

10

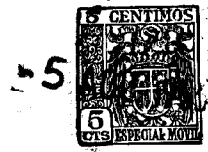
15

La gráfica de la figura 2 representa las temperaturas del gas a tratar y del gas de barrido, en función de la distancia a partir del extremo frío, durante su paso a los dos intercambiadores. Se ha tomado en abscisas la distancia a partir del extremo frío y en ordenadas las temperaturas en grados Kelvin. La longitud total de cada intercambiador está indicada por l.

20

El gas a tratar entra en el intercambiador 1 (ó 2) a la temperatura de 63°K ; allí se enfría hasta 22°K según la curva 30 que es sensiblemente una

25



223367

5 recta. A continuación es enfriado hasta 20°K en el ser-
pentín 9 (ó 25); después es recalentado en el interior
de los tubos del mismo intercambiador hasta 61°K, según
la curva 31, paralela a la curva 30. Luego es todavía
recalentado en el serpentín 12 hasta 63 °K, temperatura
que es precisamente la que tenía a la entrada del inter-
cambiador.

10 A continuación, el gas a tratar entra en
los tubos del intercambiador 2 (ó 1) y es enfriado allí
hasta 32°K aproximadamente, según la curva 32, cuya con-
cavidad está dirigida hacia abajo. Por último, pasa a la
columna de separación.

15 Por otra parte, el gas de barrido, que
sale del refrigerador de líquido 18, entra en el inter-
cambiador 2 (ó 1) a la temperatura de 24°K. La separa-
ción de temperatura en el extremo caliente de este inter-
cambiador es en general despreciable; el gas de barrido
es pues recalentado prácticamente hasta 63°K, según la
curva 33, cuya concavidad, como la de la curva 32, está
necesariamente vuelta hacia abajo; después sale fuera
20 del aparato.

25 El depósito de las impurezas, especial-
mente el nitrógeno, se efectúa durante el enfriamiento
del gas a tratar según la curva 30, mientras que la vapo-
rización de las impurezas depositadas se efectúa duran-
te el recalentamiento del gas de barrido según la curva
33. En razón de la posición respectiva de los puntos ex-



223367

5 tremos de estas dos curvas y de la concavidad de la curva 33, ésta última está constantemente por encima de la curva 30. Por consiguiente, las temperaturas de vaporización están constantemente por encima de las temperaturas de depósito.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en Francia el 6 de Agosto de 1954 bajo el número 674.263, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente estatuto sobre Propiedad Industrial.

10

-0-

N O T A

-0-

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

15

1º.- Procedimiento de depuración frigorífica de un gas, destinado a ser tratado a baja temperatura, especialmente en una instalación de separación de gas por licuación y rectificación, con inversión periódica de las corrientes gaseosas, en el cual el gas a tratar entra a presión en un compartimento sw intercam-

20



223367

biador de temperatura en el que es enfriado y deposita sus impurezas licuadas, mientras que una parte por lo menos del gas tratado, llamado "gas de barrido", pasa a una presión más pequeña a otro compartimento de
5 intercambiador en el que se recalienta y vaporiza y arrastra las impurezas depositadas en el período precedente, caracterizado por el hecho de que se hace pasar el gas a tratar sucesivamente a los dos compartimentos de un primer intercambiador principal, en contracorriente a sí mismo y enfriándolo entre sus dos
10 pasos por una aportación exterior de frío, y porque se hace pasar a continuación a uno de los compartimentos de un segundo intercambiador principal, idéntico al primero, en contracorriente al gas de barrido, siendo dicha aportación de frío y las características de los intercambiadores tales que la temperatura del gas a tratar, a la salida del extremo frío del primer intercambiador, sea inferior a la del gas de barrido a la entrada del extremo frío del segundo intercambiador, siendo
15 periódicamente invertidos los papeles del primer intercambiador principal y del segundo intercambiador principal.

2º.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que se recalienta
25 el gas de barrido antes de su entrada en el segundo intercambiador principal.

3º.- Procedimiento de depuración frigo-



223367

5 rífica de un gas destinado a ser tratado en una instalación de separación de gas por licuación y rectificación, según la reivindicación 2, caracterizado por el hecho de que se recalienta el gas de barrido por paso por un refrigerador de líquido de dicha instalación.

10 4º.- Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por el hecho de que se recalienta el gas a tratar a su salida del primer intercambiador y antes de su entrada en el segundo, de manera que se anule la separación de temperatura en el extremo caliente del primer intercambiador.

15 5º.- Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por el hecho de que la aportación exterior del frío, el recalentamiento del gas a tratar y eventualmente el del gas de barrido, son asegurados por baños de líquido en ebullición a presiones constantes.

20 6º.- Instalación para la puesta en práctica del procedimiento de depuración frigorífica de un gas, según la reivindicación 1, caracterizada por el hecho de que tiene una fuente a presión del gas a tratar, dos intercambiadores principales de temperatura con dos compartimentos, por lo menos un dispositivo de refrigeración, una instalación de tratamiento de gas a baja
25 temperatura y apropiada para hacer salir una parte por lo menos del gas tratado llamada "gas de barrido", a una presión más pequeña que a la entrada, medios para reco-



1955

223367

ger el gas de barrido y un juego de tuberías y de llaves que unan de tal forma los elementos de la instalación que, en un primer período, la fuente a presión del gas a tratar sea puesta en comunicación sucesivamente con el primer compartimento del primer intercambiador principal, el dispositivo de refrigeración, el segundo compartimento del primer intercambiador principal, el segundo compartimento del segundo intercambiador principal, la instalación de tratamiento de gas a baja temperatura, el primer compartimento del segundo intercambiador principal y los medios para recoger el gas de barrido, y que en un segundo período los intercambiadores principales estén permutados, y así sucesivamente.

7º.- Instalación según la reivindicación 6, caracterizada porque tiene un dispositivo de recalentamiento para el gas de barrido, intercalado entre la instalación de tratamiento de gas a baja temperatura y el compartimento de intercambiador principal que se encuentra aguas abajo en el período considerado.

8º.- Instalación según la reivindicación 6, en la que la instalación de tratamiento de gas a baja temperatura es una instalación de separación de gas por licuación y rectificación, caracterizada por el hecho de que el dispositivo de recalentamiento para el gas de barrido es un intercambiador de temperatura, que sirve de refrigerador de líquido en dicha instalación.



- 5 AGO. 1955

223367

5 9ª.- Instalación según una de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizada por el hecho de que lleva un dispositivo de calentamiento intercalado entre los dos segundos compartimentos de los intercambiadores principales.

10 10ª.- Instalación según una de las reivindicaciones 6 a 9, caracterizada por el hecho de que lleva, entre la instalación de tratamiento y los medios para recoger el gas de barrido, una derivación provista de una llave susceptible de ser abierta durante el período de cambio de régimen en cada inversión.

15 11ª.- Instalación según la reivindicación 10, caracterizada por el hecho de que lleva medios que permiten hacer comunicar los primeros compartimentos de los intercambiadores principales de temperatura durante el cambio de régimen a cada inversión.

12ª.- Procedimiento e instalación de depuración frigorífica de un gas.

20 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y con los fines que se han especificado.

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

Madrid, 25 AGO. 1955

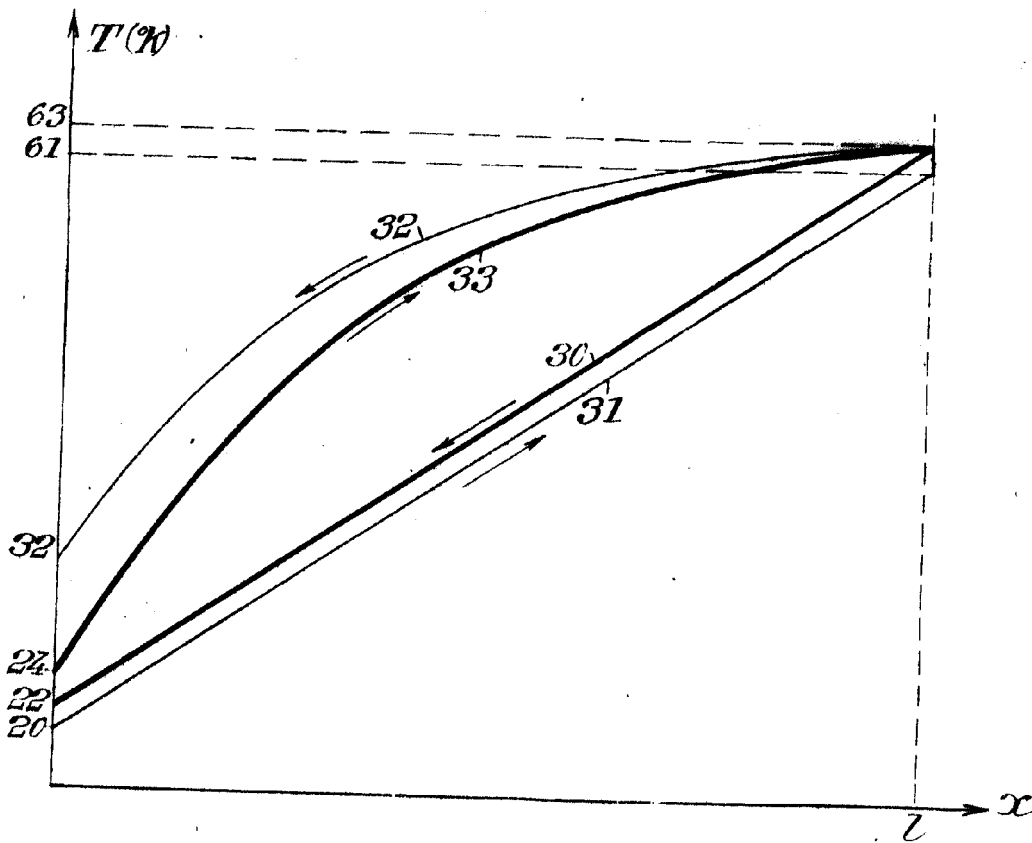
P. A.
Alberto de Eizaburo
Por Poder

546



Fig. 2.

223367



Alfredo de Echeverri

por