

202897

P.- 9800.-
PH. 11105.-



10 JUL 1952 202897

MALA REPRODUCCION
POR DEFECTO DEL ORIGINAL

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar

PATENTE DE INVENCION

en

ESPAÑA

por VEINTE años

a nombre de H.V. PHILIPS'GLOEILAMPENFABRIEKEN, entidad holandesa, establecida en Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda,
por:

"UN APARATO REFRIGERADOR".

Este invento se refiere a refrigeradores que comprenden dos espacios que varían continuamente en volumen con una diferencia de fase relativa sustancialmente constante, teniendo uno de ellos una menor temperatura y el otro una mayor temperatura, estando dichos espacios en comunicación entre sí por medio de un congelador, un regenerador y un enfriador y conteniendo un gas de composición química invariable que realiza un ciclo termodinámico cerrado en el



5 cual está invariablemente en el mismo estado físico. Dichas máquinas refrigeradoras de gas frío son ya conocidas y puede denominárselas alternativamente refrigeradores que operan sobre el principio inverso del motor alternativo de gas caliente.

10 Aunque estos refrigeradores y el motor alternativo de gas caliente se desarrollaron hace ya tiempo, no ha sido posible hasta ahora construir refrigeradores de este tipo que tengan un funcionamiento económico. Esto se debe en particular al hecho de que era insuficiente el conocimiento del comportamiento termodinámico de los citados refrigeradores, aunque se sabía que análogamente a lo que ocurre en un motor
15 regenerador cumple una función muy importante pero los requisitos que ha de satisfacer un regenerador para un refrigerador no se comprendían totalmente.

20 Si un refrigerador comprende un regenerador que no satisface dichos requisitos es posible, en contraposición a los refrigeradores de otros tipos alcanzar temperaturas muy bajas desde la ambiente en una fase, pero en este caso el rendimiento es bajo como resultado de la imperfección del regenerador.

25 El objeto del invento es crear un refrigerador capaz de enfriar desde la temperatura ambiente a una baja temperatura deseada en una fase, mientras que al propio tiempo es capaz, a esta temperatura, de un funcionamiento económicamente justificado.

202897

10 JU



De acuerdo con el invento, un refrigerador que comprende dos espacios que varían continuamente en volumen con una diferencia de fase relativa sustancialmente constante, teniendo uno de ellos una temperatura menor y el otro una temperatura mayor estando dichos espacios en comunicación entre sí por medio de un congelador, un regenerador y un enfriador, y conteniendo un gas de composición química invariable que es sometido a un proceso cíclico termodinámico cerrado en el cual está invariablemente en el mismo estado físico, se caracteriza porque cuando el refrigerador está en uso normal, el regenerador tiene una

$$C_r = f \cdot \frac{k}{k-1} \cdot \frac{P_{media}}{T_w} \cdot \frac{B_1}{B_2}$$

donde

f = es una constante y excede de 0,08 y, con preferencia, de 0,20.

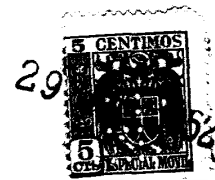
P_{media} = al menos de 3 atmósferas, con preferencia, por lo menos de 7 atmósferas, y

C_r = la capacidad térmica por c.c. en cal. gr/c.c. °C, del regenerador a una temperatura que es la media aritmética de las temperaturas del espacio a menor temperatura y del espacio a mayor temperatura, ambas en grados absolutos,

P_{media} = la presión media en Kgs/cm² del gas con respecto al tiempo.

B_1 = el volumen total medio en c.c. con respecto al

202.897



202897

tiempo del volumen en el cual tiene lugar el proceso cíclico termodinámico

B_2 = el volumen total medio en c.c. con respecto al tiempo del volumen en el cual tiene lugar el proceso cíclico termodinámico, siendo el volumen total medio reducido a la temperatura del espacio que está a la mayor temperatura,

T_w = la temperatura absoluta en grados absolutos del gas en el punto en el cual el gas entra en el espacio que está a la menor temperatura

k = la relación entre el calor específico a una presión constante y el calor específico a un volumen constante del gas a la temperatura que es la media aritmética de las temperaturas del espacio que está a menor temperatura y del espacio que está a mayor temperatura.

La capacidad térmica C_r de l c.c. del regenerador es el peso de la masa de carga del regenerador por c.c. de volumen del regenerador multiplicado por el calor específico del material de la masa de carga del regenerador a la temperatura antes mencionada.

El refrigerador de acuerdo con el invento puede adaptarse particularmente para la refrigeración en una fase desde la temperatura ambiente a temperaturas menores de -100°C y se caracteriza porque, respecto al regenerador en el empleo normal del refrigerador:

$$C_r = f_1 \frac{k}{k-1} \frac{P_{media}}{T_w} \frac{B_1}{B_2}$$

20 JUL



202897

donde f_1 excede de 0,20 y, con preferencia, excede de 0,50, y P_{media} es por lo menos de 3 atmósferas y, con preferencia, de por lo menos 7 atmósferas.

5 Se ha comprobado que con un refrigerador de acuerdo con el invento, estando el espacio que tiene una mayor temperatura a la temperatura ambiente, se puede incluso conseguir una producción de frío económicamente justificada, si la temperatura del espacio que está a menor temperatura es de -200°C , obteniéndose esta temperatura en una fase.

10 La masa de carga del regenerador está preferiblemente constituida por material de alambre. Se ha comprobado que tales regeneradores son preferibles desde el punto de vista estructural y termotécnico.

15 Es preferible que con refrigeradores para enfriamiento en una fase desde la temperatura ambiente a temperaturas menores de -100°C , el calor específico del material de alambre a la temperatura ambiente exceda de 0,6 grs.cel/c.c. $^{\circ}\text{C}$.

20 Es sabido que la eficacia de un regenerador depende del valor de la capacidad térmica total. Los regeneradores se calculan frecuentemente en la práctica sobre la base de la teoría del regenerador de Hausen. Esta teoría se publicó en: "Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik" 9, 173, 1929. La figura 1 del dibujo anejo muestra un diagrama que puede derivarse en forma sencilla de la figura 13 del artículo de Hausen. Para discutir el empleo de un regenerador en un refrigerador, este diagrama deriva-

202897



do puede emplearse mejor que el dado por Hausen.

La eficacia E del regenerador está trazada en el eje de ordenadas y la longitud reducida L del regenerador a lo largo del eje de abscisas, entendiéndose la eficacia E como significativa del calor que en un ciclo es transmitido por el gas que circula por el regenerador a la masa de carga del regenerador dividido por el calor máximo teórico transmisible en este período. La longitud reducida L ha de entenderse que significa $L = \alpha \frac{F}{W}$, donde α es el coeficiente de transmisión del calor del medio gaseoso activo a la masa de carga del regenerador en cal. gr/cm². seg. °C, F es la superficie total en cm² de la masa de carga del regenerador que se pone en contacto con el gas, y W = la capacidad térmica del gas que fluye en una dirección por segundo, en cal gr./seg. °C. Los valores de la eficacia del regenerador están trazados en el diagrama para diversos valores del parámetro G , donde G = la capacidad térmica reducida del regenerador. Esta capacidad térmica reducida es el cociente de la capacidad térmica del regenerador dividida por la capacidad térmica del gas que fluye en una dirección a través del regenerador, ambas expresadas en cal. gr/°C.

Este diagrama muestra que, aunque a una longitud reducida L dada la eficacia del regenerador aumenta primero al aumentar la capacidad térmica reducida G del regenerador, hay un límite al cual el aumento en la capacidad térmica reducida no supone en esencia un aumento en la eficacia del regenerador. También muestra que, para valores de la capaci-



202897

dad térmica reducida G iguales a o mayores que 2, puede obtenerse casi la máxima eficiencia al valor particular de la longitud reducida L . Así, por ejemplo, para $L = 40$ el aumento en la capacidad térmica del regenerador desde $G = 4$ a $G =$
5 infinito, es solo de aproximadamente 0,5%.

Esta teoría del regenerador se basa en la suposición de que, aparte del comienzo y el final del período en el cual el gas fluye en una dirección, el gas no está expuesto a variaciones de presión mientras fluye por el regenerador. Se ha descubierto ahora que si en un refrigerador se emplea un regenerador, resultan considerables diferencias en el comportamiento de la máquina en conjunto debidas a efectos particulares que, en las investigaciones, se ha encontrado que son debidos a la acción mutua entre el proceso cíclico que tiene lugar en la máquina y el regenerador. En parte son debidas a fluctuaciones de temperatura que ocurren localmente en el regenerador y en parte a las fluctuaciones de presión a que el gas está sometido mientras fluye en el regenerador. Es sorprendente encontrar que si un refrigerador comprende un regenerador que, sobre la base de teoría del regenerador, satisface todos los requisitos, puede obtenerse una mejora muy considerable en la producción de frío si la capacidad térmica por c.c. se aumenta considerablemente. En este caso, la capacidad térmica total del regenerador puede aumentarse también, pero se ha comprobado que si esta capacidad térmica total se aumenta debido a un incremento del volumen total del regenerador sin aumentar la capacidad térmi-
10
15
20
25



ca por c.c., no se obtiene resultado.

Incluso con refrigeradores contruidos para una temperatura muy baja el aumento en la capacidad térmica por c.c. permite obtener un considerable aumento en la producción de frío.

También se llega a la conclusión de que el valor de la capacidad térmica requerida C_r del regenerador aumenta proporcionalmente al aumentar la presión media del ciclo. Así, un regenerador que tenga una C_r relativamente baja a baja presión media del ciclo, (lo cual implica también, que la producción de frío del refrigerador es baja) puede satisfacer los requisitos de dimensionado del refrigerador, de manera que puede obtenerse una razonable producción de frío a un nivel de temperatura deseado dado. Sin embargo, si con la misma máquina la presión media se aumenta a fin de incrementar la producción de frío (puesto que la última es proporcional a la presión media) la producción de frío original puede disminuir en lugar de aumentar y, en casos extremos, incluso el bajo nivel de temperatura obtenido hasta ahora no puede ya ser alcanzado.

Con referencia a la relación, encontrada de acuerdo con el invento, entre la capacidad térmica requerida, por una parte, y la presión media y el proporcionamiento del refrigerador, por la otra, es posible calcular el regenerador correcto a una presión media dada para una máquina dada.

La figura 2 del dibujo diagramático anejo, dado

202897

29



a modo de ejemplo, muestra un refrigerador de acuerdo con el invento.

Un cilindro 1 contiene un desplazador 2 y un pistón 3. Tanto el desplazador 2 como el pistón 3 están conectados a un cigüeñal 6 mediante un mecanismo de biela 4 y 5, respectivamente, de tal modo que el desplazador se avanza en una diferencia de fase constante con respecto al pistón. El espacio 7 de encima del desplazador es el espacio que tiene una temperatura menor, denominado "espacio de congelación". Este espacio 7 está en comunicación con el espacio 11 entre el desplazador y el pistón a través de un congelador 8, un regenerador 9 y un enfriador 10. El espacio 11 es el espacio que tiene una mayor temperatura. El refrigerador es impulsado, por ejemplo, con el uso de un motor eléctrico (no representado). Un serpentín enfriador 12 está dispuesto para rodear el congelador 8 y está en comunicación con un permutador térmico 13 en una cámara de enfriamiento 14 que debe mantenerse a una temperatura baja, por ejemplo, a -80°C . Este sistema de conducto está relleno de un medio transmisor del calor intermedio, por ejemplo, pentano, que mediante una bomba 15 es obligado a circular a través del sistema. El regenerador está construido en forma de regenerador de alambre, cuya capacidad térmica por c.c. satisface los requisitos antes indicados.

A fin de que el invento pueda comprenderse claramente se da a continuación un cálculo como ejemplo de un refrigerador que ha de enfriar en una fase desde la temperatu-



ra ambiente a -198°C y a de producir frío a esta temperatura. En este refrigerador, el volúmen de carrera del espacio de temperatura menor es, por ejemplo, de 80 c.c., el volúmen de carrera al espacio de temperatura mayor es también de 80 c.c., el volúmen del congelador para acomodar gas es de 40 c.c., el del regenerador de 64 c.c. y el del enfriador de 48 c.c., prescindiéndose de los canales de comunicación que pueda haber presentes. La temperatura del espacio de congelación es de -198°C y la del espacio de temperatura mayor es de 27°C . La presión media es, por ejemplo, de 10 atmósferas.

Para esta máquina, los requisitos mínimos a satisfacer por la capacidad térmica C_r del regenerador pueden calcularse.

La capacidad térmica por c.c. debe exceder de

$$0.20 \frac{k}{k-1} \frac{P_{\text{media}}}{T_w} \frac{B_1}{B_2}$$

$\frac{k}{k-1}$ es igual a 3,06, si la cámara de trabajo de la máquina está rellena de gas hidrógeno a una temperatura de -86°C , que es la media aritmética de la temperatura absoluta del espacio a temperatura inferior y del espacio a temperatura mayor. Suponiendo la T_w del gas en un punto en el cual este gas entra en el espacio de menor temperatura igual a la temperatura media de este espacio, $T_w = -198^{\circ}\text{C}$ o 75° absolutos.

Como se ha indicado antes, B_1 es el volúmen total medio con respecto al tiempo del espacio en el cual tiene lugar el proceso cíclico termodinámico. Este volúmen consiste en la suma de los semivolúmenes del espacio a mayor tem-

202897

29 JUL



peratura y del espacio a menor temperatura más los volúmenes del congelador, el enfriador y el enfriador y de cualesquiera canales de comunicación que puedan estar presentes. Por consiguiente, B_1 es igual a $\frac{80 + 80}{2} + 40 + 64 + 48 =$
 5 232 c.c.

B_2 es el volúmen total medio con respecto al tiempo del volúmen en el cual tiene lugar el proceso cíclico termodinámico, reducido a la temperatura del espacio de mayor temperatura, entendiéndose que la expresión "reducir un volúmen a una temperatura dada" quiere decir calcular el
 10 volúmen que el gas contenido en este volúmen ocuparía a la temperatura a la cual ha de reducirse el volúmen. Como quiera que el espacio que está a mayor temperatura y el enfriador están ya a la temperatura del espacio de mayor temperatura, no hay necesidad de reducir estos volúmenes. Sin embargo, el regenerador, el congelador y el espacio de congelación están a temperatura menor, de manera que estos espacios requieren reducción a temperatura. Para este fin, el volúmen del regenerador se multiplica por el factor $\frac{\tau \log \tau}{\tau - 1}$ y
 15 los volúmenes del congelador y del espacio que está a menor temperatura se multiplican por τ , siendo el factor τ el cociente de la temperatura del espacio que está a mayor temperatura dividida por la temperatura del espacio que está a menor temperatura, ambas medidas en grados absolutos. Así,
 20 en el presente caso, τ es igual a $\frac{27 + 273}{273 - 198} = 4$

El factor $\frac{\tau \log \tau}{\tau - 1}$ es 1,84

Por consiguiente, en una forma similar a B_1 ,

202897

29 JUL 1952



B_2 es la suma de los semivolúmenes del espacio que está a mayor temperatura y del espacio que está a menor temperatura, más los volúmenes del congelador, el regenerador y el enfriador, todos ellos sin embargo, reducidos a la temperatura del espacio que está a mayor temperatura.

$$B_2 = \frac{80 + 4 \times 80}{2} + 4 \times 40 + 1.84 \times 64 + 48 = 526 \text{ c.c.}$$

Sustituyendo estos valores para C_r se comprueba que C_r debe ser igual a o mayor que $0,20 \times 3,06 \times \frac{10}{75} \times$

$$\frac{232}{526} = 0,036 \text{ gram cal/ c.c. } ^\circ\text{C.}$$

Sin embargo, de acuerdo con la fórmula antes dada C_r debe ser mayor, con preferencia o igual a

$$\frac{0,50}{0,20} \times 0,036 = 0,090 \text{ gram cal/c.c. } ^\circ\text{C.}$$

El cálculo que antecede muestra que, por ejemplo, un regenerador de relleno que tenga una capacidad térmica de 0,014 gram.cal/c.c.°C que, sobre la base de la teoría del regenerador hasta ahora conocida, era adecuado para su uso en un refrigerador de acuerdo con el invento, no satisface los requisitos particulares. El empleo en esta máquina de dicho regenerador de relleno no daría una refrigeración económicamente justificada.

Puede observarse que en casos especiales, la presión media en un refrigerador puede ser considerablemente más alta de 10 atmósferas y, por ejemplo, puede ser de 25 atmósferas. De esto se desprende, por tanto, que en este caso la capacidad térmica C_r del regenerador debe ser inclu-

202897



so considerablemente mayor que en el caso anterior calculado para una presión media de 10 atmósferas. Así, si la presión media en la máquina antes descrita es de 25 atmósferas, C_r , debe ser mayor que

5

$2,5 \times 0,036 (=0,090)$ gram cal/c.c. $^{\circ}C$,

y con preferencia mayor que $2,5 \times 0,090 (=0,225)$ gram cal/c.c. $^{\circ}C$.

10

Los regeneradores de alambre mencionados en lo que antecede se arrollan a partir de alambre que tenga un diámetro que, en general, es menor de 0,5 mm. pero, con preferencia, menor de 0,1 mm. El alambre puede arrollarse, por ejemplo, en la forma en que se enrolla una bobina de radio, por ejemplo, en forma de bobina de nido de abejas. Sin embargo, también es posible que el alambre, después de haber sido deformado primero, por ejemplo, en zig-zag, se arrolle simplemente. Aunque en lo que antecede se hace referencia a regeneradores de alambre, será evidente que el invento puede usarse también con otros tipos de regeneradores.

15

20

Esta solicitud, que corresponde a la presentada en HOLANDA, el 11 de Abril de 1951, bajo el Número 160.452, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto Ley sobre Propiedad Industrial.

202897

29



---- N O T A ----

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

- 5 1º. Un aparato refrigerador que comprende dos
espacios que varían continuamente en volumen con una diferencia de fase relativa esencialmente constante, teniendo uno de ellos una temperatura menor y teniendo el otro una temperatura mayor, estando dichos espacios en comunicación
10 entre sí por medio de un congelador, un regenerador y un enfriador, y conteniendo un gas de composición química invariable que es sometido a un proceso cíclico termodinámico cerrado en el cual está invariablemente en el mismo estado físico, caracterizado por que cuando el registrador está en uso
15 normal, el regenerador tiene una

$$C_r = f \frac{k}{k-1} \frac{P_{media}}{T_w} \frac{B_1}{B_2}$$



donde f es una constante y excede de 0,08 y con preferencia, excede de 0,20 y P_{media} es al menos de 3 atmósferas y con preferencia de al menos 7 atmósferas y donde:

5 C_r es la capacidad térmica por c.c. en calorías-gramos/c.c.°C del regenerador a una temperatura que es la media aritmética de las temperaturas del espacio a menor temperatura y del espacio a mayor temperatura, ambas en grados absolutos,

10 P_{media} es la presión media en kgrs./cm² del gas con respecto al tiempo.

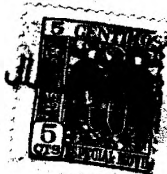
B_1 es el volumen total medio en c.c. con respecto al tiempo del volumen en el cual tiene lugar el proceso cíclico termodinámico,

15 B_2 es el volumen total medio en c.c., con respecto al tiempo del volumen en el cual tiene lugar el proceso cíclico termodinámico, siendo dicho volumen total medio reducido a la temperatura del espacio que tiene mayor temperatura,

20 T_w es la temperatura absoluta en grados absolutos del gas en el punto en el cual este gas entra en el espacio de menor temperatura, y

25 k es la relación entre el calor específico a una presión constante y el calor específico a un volumen constante del gas a la temperatura = que es la media aritmética de las temperaturas del espacio de menor temperatura y del espacio a mayor temperatura.

2°. Un aparato refrigerador según se reivindica en el punto 1°. , destinado a enfriar en una fase desde la



temperatura ambiente a temperaturas menores de menos 100°C., caracterizado por que con respecto al regenerador en el uso normal del refrigerador

$$C_r = f_1 \frac{k}{k-1} \frac{P_{media}}{T_w} \frac{B_1}{B_2}$$

5 donde f_1 excede de 0,20 y, con preferencia de 0,50 y P_{media} es al menos de 3 atmósferas y con preferencia de al menos 7 atmósferas.

3°. Un aparato refrigerador según se reivindica en cualquiera de los métodos anteriores, caracterizado por que el regenerador contiene material en forma de alambre.

4°. Un aparato refrigerador según se reivindica en el punto 3°, destinado a enfriar en una fase desde la temperatura ambiente a temperaturas menores de -100°C, caracterizado por que a la temperatura ambiente el calor específico del material de alambre excede 0,6 gramos calorías/c.c.°C.

5°. Un aparato refrigerador.

20 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, ilustrado en el dibujo que se acompaña y para los fines que se han especificado.

MALA REPRODUCCION
POR DEFECTO DEL ORIGINAL

Esta Memoria

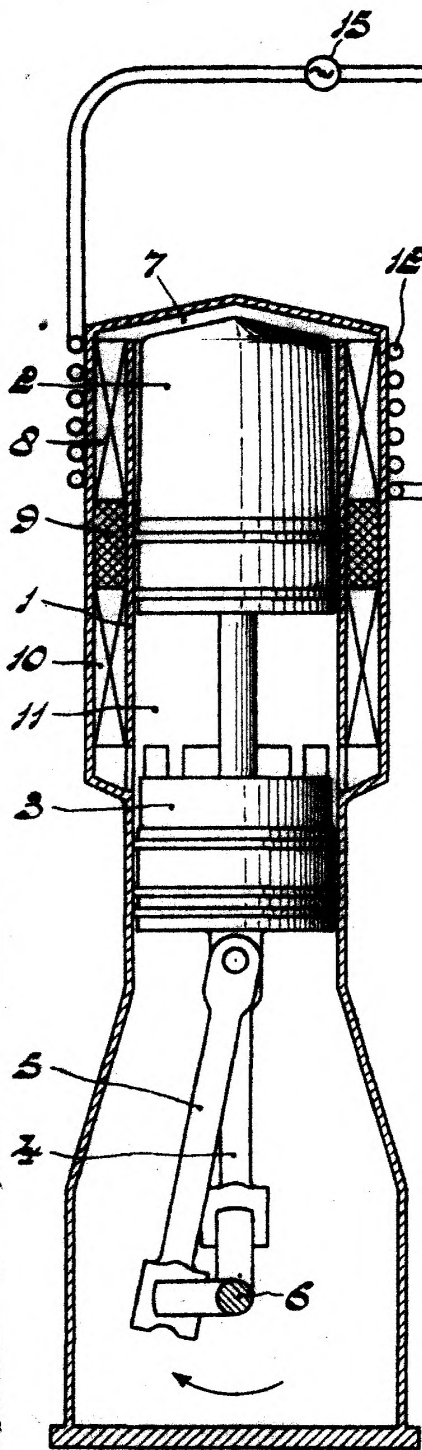


Fig. 2

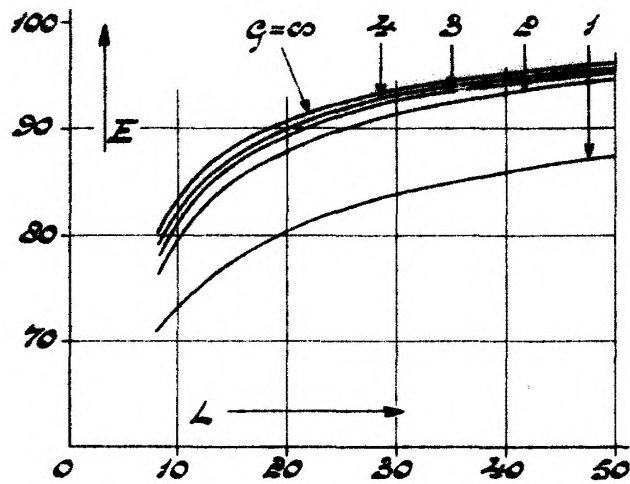
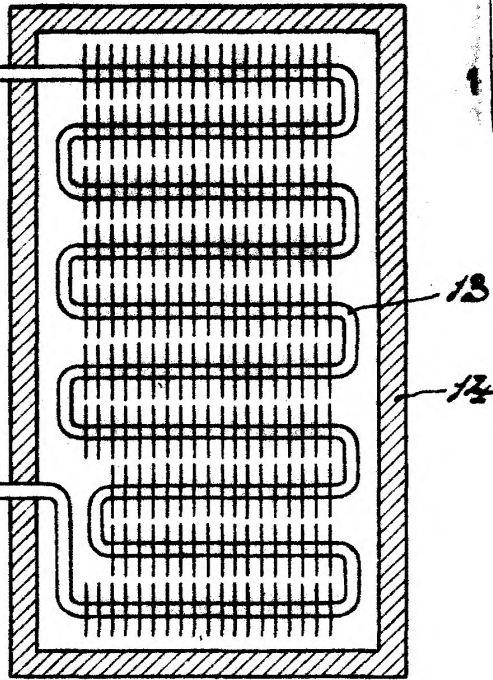


Fig. 1

Evche