

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 449 091**

51 Int. Cl.:

F28F 1/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.03.2003 E 03743918 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2013 EP 1851498**

54 Título: **Tubos ranurados para utilización reversible en intercambiadores térmicos**

30 Prioridad:

12.03.2002 FR 0203067

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

18.03.2014

73 Titular/es:

**KME FRANCE SAS (100.0%)
11 RUE DE L'HOTEL-DE-VILLE
92400 COURBEVOIE, FR**

72 Inventor/es:

**LETERRIBLE, PASCAL y
AVANAN, NICOLAS**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 449 091 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).

DESCRIPCION

Tubos ranurados para utilización reversible en intercambiadores térmicos

Campo del invento

- 5 El invento se refiere al campo de los tubos para intercambiadores de calor, y más especialmente al campo de los intercambiadores de calor que funcionan en evaporación /condensación y en modo reversible. El invento se refiere a la utilización de intercambiadores de calor definida en la reivindicación 1.

Estado de la técnica

- 10 El documento EP 0148609, considerado como representante del estado de la técnica más próximo al objeto de la reivindicación 1, divulga la utilización de un intercambiador de calor en modo condensación o evaporación (sin ser reversible), comprendiendo el citado intercambiador unos tubos ranurados metálicos, de espesor T_p en el fondo de la ranura, de diámetro exterior D_e , estando ranurados interiormente dichos tubos por N ranuras helicoidales de ángulo de ápex (α), de altura H, de anchura de la base L_N y de ángulo de hélice β , estando separadas dos nervaduras consecutivas por una ranura típicamente de fondo plano de anchura L_R , con un paso igual a $L_R + L_N$, en donde:
- 15 a) $D_e = 9,52\text{mm}$;
- b) $N = 60$;
- c) $H = 0,2\text{mm}$;
- d) $30^\circ < \alpha < 60^\circ$;
- 20 e) $\beta = 18^\circ$;
- f) el factor de Cavallini es igual a 3,15.

Además, se conocen un gran número de documentos que describen la geometría de los tubos ranurados utilizados en los intercambiadores de calor.

- 25 A título de ejemplo, se puede citar la solicitud de patente EP-A2-0 148 609 que describe tubos con ranuras triangulares o trapezoidales que presentan las siguientes características:

- una relación H/D_i comprendida entre 0,02 y 0,03, designando H la profundidad de las ranuras (o la altura de las nervaduras), y D_i el diámetro interior del tubo ranurado,
- un ángulo de hélice β con respecto al eje del tubo comprendido entre 7 y 30° ,
- una relación S/H comprendida entre 0,15 y 0,40, designando S la sección transversal de la ranura,

30 - un ángulo de ápex α de las nervaduras comprendido entre 30 y 60° .

Estas características del tubo están adaptadas a fluidos de transición de fase, siendo analizadas las prestaciones de los tubos de manera distinta durante la evaporación del fluido y durante la condensación del fluido.

La solicitud japonesa nº 57-58088 describe tubos con ranuras en V, con H comprendida entre 0,02 y 0,2 mm, y con un ángulo β comprendido entre 4 y 15° .

- 35 Tubos parecidos están descritos en la solicitud japonesa nº 57-58094.

La solicitud japonesa nº 52-38663 describe tubos con ranuras en V o en U, con H comprendida entre 0,02 y 0,2 mm, un paso P comprendido entre 0,1 y 0,5 mm y un ángulo β comprendido entre 4 y 15° . La patente US nº 4,044,797 describe tubos con ranuras en V o en U parecidos a los tubos precedentes.

- 40 El modelo de utilidad japonés nº 55-180186 describe tubos con ranuras trapezoidales y nervaduras triangulares, con una altura H de 0,15 a 0,25 mm, un paso P de 0,56 mm, un ángulo de ápex α (ángulo llamado θ en este documento) típicamente igual a 73° , un ángulo β de 30° y un grosor medio de 0,44 mm.

Las patentes US nº 4,545,428 y nº 4,480,684 describen tubos con ranuras en V y nervaduras triangulares, con la altura H comprendida entre 0,1 y 0,6 mm, un paso P comprendido entre 0,2 y 0,6 mm, un ángulo de ápex α comprendido entre 50 y 100° y un ángulo de hélice β comprendido entre 16 y 35° .

- 45 La patente japonesa nº 62-25959 describe tubos con ranuras y nervaduras trapezoidales, con una profundidad de ranura H comprendida entre 0,2 y 0,5 mm y un paso P comprendido entre 0,3 y 1,5 mm, siendo la anchura media de

las ranuras al menos igual a la anchura media de las nervaduras. En un ejemplo, el paso P es de 0,70 mm y el ángulo de hélice β es de 10° .

5 Finalmente, la patente europea EP-B1-701 680, en nombre de la solicitante, describe tubos ranurados, con ranuras típicamente de fondo plano y con nervaduras de altura H diferente, de ángulo de hélice β comprendido entre 5 y 50° y de ángulo de ápex α comprendido entre 30 y 60° , con el fin de obtener las mejores prestaciones después del engarce de los tubos y el montaje en los intercambiadores.

De una manera general, las prestaciones técnicas y económicas de los tubos, que resultan de la elección de la combinación de los medios que definen los tubos (H, P, α , β , forma de las ranuras y de las nervaduras, etc...), deben satisfacer cuatro exigencias concernientes a

- 10 - por una parte, las características relativas a las transferencia de calor (coeficiente de intercambio térmico), campo en el cual los tubos ranurados son muy superiores a los tubos no ranurados, de tal manera que, para un intercambio térmico equivalente, la longitud necesaria del tubo ranurado será menor que la del tubo no ranurado,
- por otra parte, las características relativas a la pérdida de carga, permiten bajas pérdidas de carga utilizar bombas o compresores de menor potencia, tamaño y coste,
- 15 - además, las características relativas a las propiedades mecánicas de los tubos, típicamente en relación con la naturaleza de las aleaciones utilizadas o con el espesor medio de los tubos, espesor que condiciona el peso del tubo por unidad de longitud, y que influye por lo tanto sobre su precio de fábrica, - finalmente, la factibilidad industrial de los tubos y la velocidad de producción que condiciona el precio de fábrica del tubo entre los fabricantes de tubos.

Problemas planteados

20 Por una parte, tal y como resulta del estado de la técnica, hay un gran número y una gran diversidad de enseñanzas en lo que se refiere a los tubos ranurados, sabiendo que afrontan generalmente la optimización del intercambio térmico y la disminución de la pérdida de carga.

Por otra parte, cada una de estas enseñanzas ofrece por sí misma con mucha frecuencia una larga extensión de posibilidades, estando generalmente definidos los parámetros por intervalos de valores relativamente amplios.

25 Finalmente, estas enseñanzas se refieren, en la medida en la que está especificado, a intercambios con fluidos frigorígenos, fluidos que, típicamente, se evaporan o se condensan en el circuito frigorífico, teniendo el fluido un comportamiento diferente en evaporación y en condensación. Hasta ahora, estas enseñanzas se refieren a tubos ranurados para intercambiadores que funcionan o bien en condensación o bien en evaporación.

30 En definitiva, el especialista tiene ya muchas dificultades para obtener la quintaesencia del estado de la técnica entre un número tan grande de datos, a veces contradictorios.

El especialista sabe por el contrario que un tubo típico del comercio, con nervaduras triangulares tal como el representado en la figura 1, presenta típicamente las siguientes características: diámetro exterior $De = 12$ mm, altura de nervadura $H = 0,25$ mm, grosor de pared del tubo $Tf = 0,35$ mm, número de nervaduras $N = 65$, ángulo de hélice $\beta = 15^\circ$, ángulo de ápex $\alpha = 55^\circ$.

35 Con el fin de responder a una demanda del mercado, el objeto del presente invento se refiere a la utilización de tubos para intercambiadores de aplicaciones reversibles, es decir una utilización en la que los tubos o los intercambiadores son utilizados con fluidos frigorígenos de cambio de fase, tanto en evaporación, como en condensación, es decir ya sea para enfriar, por ejemplo como en los climatizadores, o ya sea para calentar, por ejemplo como medios de calefacción, típicamente aire o un fluido secundario.

40 Más particularmente, el presente invento tiene por objeto la utilización de tubos que no solamente presenten un excelente compromiso entre las prestaciones térmicas en modo evaporación y en modo condensación del fluido frigorígeno, sino que, además, presenten intrínsecamente prestaciones altas tanto en evaporación como en condensación.

45 La solicitante ha investigado por lo tanto en tubos e intercambiadores a la vez económicos, con un peso por metro relativamente poco alto, y con prestaciones de intercambio térmico altas, a la vez en evaporación y en condensación.

Descripción del invento

50 Según el invento, los tubos metálicos ranurados, de grosor T_f , en el fondo de la ranura, de diámetro exterior De , destinados típicamente a la fabricación de intercambiadores de calor que funcionan en evaporación o en condensación o en modo reversible y que utilizan un fluido frigorígeno de cambio de fase, ranurados interiormente por N nervaduras helicoidales de ángulo de ápex α , de altura H, de anchura de la base L_N y de ángulo de hélice β ,

estando separadas dos nervaduras consecutivas por una ranura típicamente con fondo plano de anchura L_R , con un paso P igual a $L_R + L_N$, son tales que

- a) el diámetro exterior D_e está comprendido entre 4 y 20 mm,
- b) el número N de nervaduras va de 46 a 98, en función sobre todo del diámetro D_e ,
- 5 c) la altura H de las nervaduras va desde los 0,18 mm hasta los 40 mm, en función sobre todo del diámetro D_e ,
- d) el ángulo de ápex α es tal que $20^\circ \leq \alpha < 28^\circ$,
- e) el ángulo de hélice β va desde los 18° hasta los 35° , presentando dicho tubo un factor de Cavallini al menos igual a 3.5, con el fin de obtener simultáneamente un coeficiente de intercambio térmico alto a la vez en evaporación y en condensación, una baja pérdida de carga y un tubo lo más ligero posible y esto sin un sobrecosto de fabricación con respecto a los tubos específicos para la evaporación o la condensación.

10

Como continuación de sus trabajos de investigación, la solicitante ha conseguido resolver los problemas planteados para la combinación de medios y el conjunto de características que preceden.

La característica definida bajo el apartado a) define el intervalo de diámetro exterior D_e de los tubos en el campo de aplicación contemplado para los tubos según el invento.

- 15 La característica bajo el apartado b), relativa al número N de ranuras, y por lo tanto al paso correspondiente P , especifica que este número debe ser relativamente alto. Las pruebas de la solicitante con baterías de aletas han mostrado que este número de ranuras tiene una gran influencia en las prestaciones térmicas de los intercambiadores.

Así, por ejemplo, para un diámetro de tubo D_e de 9,52 mm:

- 20 - cuando el número N es inferior a 46, se ha observado que la prestación del intercambiador caía considerablemente,
- en lo que se refiere al límite superior del número N , es esencialmente de orden tecnológico y práctico, y depende de las posibilidades técnicas de fabricación de tubos ranurados; por tanto este límite superior varía, y aumenta con el diámetro D_e del tubo.

- 25 Se ha observado en un tubo de 12 mm de diámetro D_e , que un número N de nervaduras de 98 asegura una prestación térmica alta del intercambiador en evaporación y en condensación.

En lo que se refiere a la característica bajo el apartado c), relativa a la altura H de las nervaduras o profundidad de las ranuras, los límites de H resultan de las siguientes observaciones:

- 30 - para valores de H superiores a 0,40 mm, se ha observado una factibilidad técnica menor, pues no es fácil fabricar nervaduras de mucha altura, y se ha observado además un aumento de la pérdida de carga,
- para valores de H inferiores a 0,20 mm, se ha observado que la prestación de intercambio térmico disminuye demasiado y se hace insuficiente.

Esta altura H puede variar con el diámetro del tubo, teniendo preferentemente los tubos de mayor diámetro las nervaduras de mayor altura.

- 35 La característica bajo el apartado d), relativa al ángulo de ápex α , prevé que este ángulo debe ser elegido en un intervalo relativamente estrecho ($20^\circ - 28^\circ$) y con valores del ángulo de ápex α relativamente pequeños.

Por una parte, un valor pequeño del ángulo de ápex α es preferible para mejorar la prestación de transferencia de calor para disminuir la pérdida de carga y para disminuir el peso del tubo / m. Es con nervaduras trapezoidales cómo el ángulo de ápex α puede ser más pequeño. Sin embargo, el límite inferior está ligado esencialmente a la fabricación de tubos ranurados según el invento para conservar una cadencia alta de producción.

- 40

La característica bajo el apartado e), relativa al ángulo de hélice β , muestra que este ángulo debe ser igual al menos a 18° para resolver los problemas del invento, y como mucho igual a 35° a causa del aumento significativo de las pérdidas de carga, sobre todo con algunos fluidos frigorígenos, como por ejemplo el fluido frigorígeno R134a.

- 45 En lo que se refiere al grosor T_f del tubo en el fondo de la ranura, puede variar en función del diámetro D_e , de manera tal que se tengan a la vez las propiedades mecánicas suficientes, sobre todo una resistencia a la presión interna, una economía de material máxima, y así un coste de material optimizado, y un peso por metro lo más pequeño posible. Este grosor T_f es de 0,28 mm para un tubo de 9,55 mm de diámetro D_e , y de 0,35 mm para un tubo de 12,7 mm de diámetro D_e .

El conjunto de estos medios permite definir una selección de tubos, tubos específicos particularmente adaptados a los intercambiadores con fluidos frigorígenos de cambio de fase, de manera tal que se tengan simultáneamente un coeficiente de intercambio térmico alto en evaporación y en condensación, una pérdida de carga pequeña y un tubo lo más ligero posible.

5 Descripción de las figuras

Las figuras 1a y 1b están destinadas a ilustrar el significado de los diferentes parámetros utilizados para definir los tubos utilizados en el método según el invento.

La figura 1a representa una vista parcial de un tubo ranurado (1), en corte parcial según el eje del tubo, para ilustrar el ángulo de hélice β .

10 La figura 1b representa una vista parcial de un tubo ranurado (1), en corte parcial perpendicularmente al eje del tubo, para ilustrar el caso de un tubo que comprende una sucesión de nervaduras (2) de altura H, nervaduras de forma sensiblemente triangular, de anchura L_N en la base y de ángulo de ápex α , separadas por unas ranuras (3) de forma sensiblemente trapezoidal y de anchura L_R , siendo L_R la distancia entre dos ranuras nervaduras. Este tubo tiene un grosor T_f , un diámetro exterior D_e , un diámetro interior D_i y un paso P igual a $L_R + L_N$.

15 Las figuras 2a a 2c son cortes parciales de un tubo de 8 mm de diámetro D_e y de 0,26 mm de grosor T_f , según un ejemplo de realización del invento, en el cual las nervaduras forman una alternancia de nervaduras trapezoidales de altura H_1 y de altura $H_2 < H_1$, a diferentes escalas.

La figura 2a representa 3 nervaduras (2) completas y 2 nervaduras parciales, espaciadas por unas ranuras (3), y con una escala de "200 μm ".

20 La figura 2b representa 2 nervaduras completas y tiene una escala de "100 μm ".

La figura 2c representa una sola nervadura (2) y tiene una escala de "50 μm ".

La figura 3 representa un corte parcial de un tubo de 9,52 mm de diámetro D_e y de 0,30 mm de grosor T_f según el invento.

25 Las diferentes curvas de la figura 4 dan, en condensación a 30°C con el fluido R22, el coeficiente de intercambio H_i (en $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$), en ordenadas, en función del caudal del fluido G, en abscisas (en $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$).

Las diferentes curvas de la figura 5 dan, en evaporación a 0°C del fluido R22, el coeficiente de intercambio H_i (en $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$), en ordenadas, en función del caudal del fluido G, en abscisas (en $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$).

30 Estas curvas corresponden a un tubo según el invento - denominado E según la figura 3, y a tubos del estado de la técnica denominados "A", "C", "D" y "S", teniendo todos estos tubos el mismo diámetro exterior $D_e = 9,52$ mm. Ver los ejemplos de realización.

35 Las figuras 6 y 7 indican, en ordenadas, la potencia frigorífica de intercambio medida en vatios de una batería de tubos y de aletas en función, en abscisas, de la velocidad frontal del aire que circula entre las aletas expresada en m/s. Estas curvas corresponden a un tubo según el invento - denominado E, según las figuras 2a a 2c, y a tubos del estado de la técnica denominados "A", "B" y "S", teniendo todos estos tubos el mismo diámetro exterior $D_e = 8,00$ mm. Ver los ejemplos de realización.

La batería (4), esquematizada en la figura 8, está formada por tubos (1) de diámetro $D_e = 9,52$ mm y forma un bloque de dimensiones: 400 mm x 400 mm x 65 mm, con una densidad de 12 aletas (5) por cada 25,4 mm, comprendiendo la batería (4) 3 filas de 16 tubos ranurados (1), y siendo el fluido frigorígeno el R22.

40 La figura 6 es relativa a las medidas en condensación sobre la misma batería citada anteriormente, con una temperatura de entrada del aire de 23,5°C y una temperatura de condensación de 36°C del fluido frigorígeno R22.

La figura 7 es relativa a las medidas en evaporación sobre la misma batería, con una temperatura de entrada de 26,5°C, y una temperatura de evaporación de 6°C del fluido frigorígeno R22.

La figura 8 es una vista esquemática en perspectiva de la batería (4) de tubos (1) con aletas (5) que ha servido para las pruebas.

45 La figura 9 representa gráficamente, en ordenadas, la ganancia de potencia frigorífica en evaporación de las baterías, según la figura 7, con una velocidad del aire de referencia de 1,25 m/s, en función del factor de Cavallini, en abscisas, para los diferentes tubos testados: tubo liso S, tubo E según el invento, y tubos A y B según el estado de la técnica.

50 La figura 10 es un gráfico que indica, en ordenadas, el coeficiente de intercambio térmico H_i ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$) en tubos en evaporación con el fluido frigorígeno R407C, en función del porcentaje ponderal de vapor en el fluido frigorígeno, en

abscisas, siendo la temperatura de evaporación de 5°C. Las medidas han sido hechas con un flujo de calor de 12 kW/m² y un caudal másico de 100 ó 200 kg/m².s de fluido frigorígeno R407C, tal y como indica la figura, sobre tubos de diámetro De igual a 9,52 mm.

- 5 La figura 11 es una vista de una porción de la superficie interna de un tubo ranurado según el invento dotado de una contra-ranura axial (30), con, debajo, su representación esquemática.

Descripción detallada del invento

Según una modalidad del invento ilustrada en las figuras 2a a 2c, las citadas nervaduras pueden formar una sucesión de nervaduras de altura H1=H y de altura H2 = a.H1, con a comprendida entre 0,6 y 0,9, y preferentemente comprendida entre 0,70 y 0,85, siendo el valor de a próximo a 0,75 en las figuras 2a a 2c.

- 10 Típicamente, y tal y como está ilustrado en estas figuras, la citada sucesión puede ser una alternancia de nervaduras de altura H1 y de nervaduras de altura H2, separadas por un fondo de ranura típicamente plano.

Sin embargo, tal y como ilustra la figura 3, los tubos ranurados según el invento no comprenden necesariamente tal alternancia de nervaduras de altura diferenciada como en las figuras 2a a 2c, pudiendo tener las nervaduras sensiblemente la misma altura.

- 15 Típicamente, en el caso de tubos de 9,52 mm de diámetro De, se puede tener:

- H yendo de 0,18 a 0,3 mm

- y/o N inferior a 75, y yendo preferentemente de 64 a 70.

Incluso, cuando De es igual al menos a 9,55 mm, se puede tener:

- H yendo de 0,25 a 0,40 mm,

- 20 - N yendo de 70 a 98.

En lo que se refiere al ángulo de ápex α , un intervalo según el invento del ángulo de ápex α va de 20° a 28°, yendo un intervalo todavía más restringido de 22° a 25°, lo que asegura el mejor compromiso entre las exigencias en materia de prestaciones técnicas y las ligadas a la expansión de los tubos con miras a su solidarización con las aletas de las baterías.

- 25 En lo que se refiere al ángulo de hélice β , un intervalo preferido del ángulo de hélice β puede ir desde 22° a 30°, yendo un intervalo todavía más restringido de 25° a 28°, lo que asegura el mejor compromiso entre las exigencias en materia de prestaciones técnicas y las ligadas a la pérdida de carga. Este ángulo puede variar con el diámetro interior Di: se ha encontrado ventajoso tener una relación β/Di superior a 2,40 °/mm, y preferentemente superior a 3 °/mm.

- 30 Preferentemente, las citadas nervaduras tienen un perfil de tipo "trapecio" con una base de anchura L_N y un vértice, conectados por bordes laterales que forman entre ellos el citado ángulo de ápex α , tal y como ilustra la figura 2c, comprendiendo el citado vértice una parte central sensiblemente plana, típicamente paralela a la citada base, pero eventualmente en pendiente con respecto a la citada base.

- 35 Cualquiera que sea el caso, el citado vértice de la citada nervadura que forma un lado pequeño del trapecio puede presentar unos bordes redondeados o no, es decir con muy pequeño radio de curvatura, formando estos bordes una unión del citado vértice con los citados bordes laterales.

Los citados bordes laterales redondeados pueden presentar un radio de curvatura que va típicamente desde 40µm hasta 100µm, yendo preferentemente desde 50µm hasta 80µm, tal y como está ilustrado en la figuras 2a a 2c. Estos intervalos de radios de curvatura corresponden a un compromiso entre las prestaciones térmicas de los tubos y la factibilidad de los tubos, teniendo la mayor tendencia a desgastarse los útiles destinados a fabricar los tubos con los más pequeños radios de curvatura.

- 40

Cuando los bordes no están redondeados, tal y como está ilustrado en la figura 3, el radio de curvatura puede ser típicamente inferior a 50µm, e incluso inferior a 20µm.

- 45 Según el invento, la anchura L_R del fondo plano de la citada ranura y la anchura L_N de la base de la citada nervadura pueden ser tales que $L_R = b.L_N$, yendo b desde 1 hasta 2, y preferentemente desde 1,1 hasta 1,8, para tener un tubo que presente un peso por metro relativamente pequeño.

Típicamente, y tal y como está ilustrado en las figuras en las figuras de 2a a 2c y 3, las citadas nervaduras y el citado fondo plano de las citadas ranuras pueden unirse con un radio de curvatura inferior a 50µm, y preferentemente inferior a 20µm. En este caso, parece que hay un mejor despegue de la película líquida del fluido frigorígeno de la pared interna del tubo, lo que favorece el intercambio térmico.

- 50

ES 2 449 091 T3

Los tubos utilizados según el invento presentan incluso una ausencia de ranurado axial, un factor de Cavallini al menos igual a 3,5. Pueden presentar ventajosamente un factor de Cavallini al menos igual a 4,0.

El factor de Cavallini $Rx2$ ($Rx.Rx$) que interviene en los modelos de evaluación del coeficiente de intercambio, es un factor puramente geométrico igual a:

$$5 \quad \{ \{ 2.N.H(1 - \sin(\alpha/2)/3, 14.Di.\cos(\alpha/2)) + 1 \} / \cos \beta \}^2$$

Con el fin de aumentar incluso el factor de Cavallini, y tal y como está ilustrado en la figura 11, los tubos según el invento pueden comprender además un ranurado axial (30) que cree en las citadas nervaduras unas muescas de perfil típicamente triangular con el vértice redondeado, presentando el citado vértice un ángulo γ que va de 25° a 65°; la citada parte inferior o vértice está a una distancia h del fondo de las citadas ranuras que va desde 0 hasta 0,2 mm.

10 Tal ranurado axial puede obtenerse una vez formadas las citadas nervaduras mediante el paso de una moleta de ranurado en el sentido axial.

Los tubos ranurados según el invento pueden ser de cobre y de aleaciones de cobre, o de aluminio y de aleaciones de aluminio. Estos tubos pueden obtenerse típicamente por ranurado de tubos, o eventualmente, por ranurado plano de una banda metálica seguido de la formación de un tubo soldado.

15 Ejemplos de realización

I – Fabricación de los tubos:

Las pruebas se han realizado con tubos de cobre de 8,0 mm o de 9,52 mm de diámetro exterior.

20 Se ha fabricado el tubo "E" del invento según las figuras 2a a 2c con un diámetro De de 8,0 mm, y según la figura 3 con un diámetro De de 9,52 mm, así como los tubos comparativos "S" o liso "C", "D", que presentan un ángulo de hélice β alto (al menos igual a 20°), destinados a la condensación según el estado de la técnica, y los tubos comparativos "A" y "B", que presentan un ángulo de ápex α alto (al menos igual a 40°) y un ángulo de hélice β pequeño (como mucho igual a 18°), destinados a la evaporación según el estado de la técnica.

Los tubos E, A, B y C han sido fabricados mediante ranurado de un tubo de cobre liso – tubo S, mientras que el tubo D ha sido fabricado por ranurado plano de una banda metálica seguido de la formación de un tubo soldado.

25 Un cierto número de pruebas se han realizado con los tubos de cobre de 9,52 mm de diámetro exterior De . Estos tubos presentan las siguientes características:

Tipo de tubo	H en mm	ángulo α	ángulo β	N	Tipo de nervadura	Tf en mm	LR/LN
E Fig. 3	0,20	25	25	66	Trapezoidales	0,30	2,3
B	0,20-0,17	40	16	74	Triangulares alternadas	0,30	1,88
A	0,20	50	18	60	Triangulares	0,30	2,00
C	0,20	40	30	60	Triangulares	0,30	1,94
D	0,20	15	20	72	Dobles nervaduras cruzadas	0,30	3,66
S	-----	-----	-----	----	Tubo liso	0,30	-----

* 72 nervaduras principales de ángulo de hélice β igual a +20° entrecortadas por ranuras secundarias inclinadas en un ángulo de -20° con respecto al eje del tubo, siendo la profundidad de las ranuras sensiblemente igual a la altura de las nervaduras principales

30 Un cierto número de otras pruebas se han realizado con tubos de cobre de 8,0 mm de diámetro exterior. Estos tubos presentan las siguientes características:

Tipo de tubo	H en mm	ángulo α	ángulo β	N	Tipo de nervadura	Tf en mm	LR/LN
E Fig. 2a	0,20-0,16	21	18	46	Trapezoidales alternadas	0,26	2,5
B	0,18-0,16	40	18	64	Triangulares alternadas	0,26	2,38
A	0,18	40	18	50	Triangulares	0,26	2,33
S	-----	-----	-----	-----	Tubo liso	0,30	-----

II – Fabricación de baterías o intercambiadores:

5 Se han fabricado baterías de aletas según la figura 8 a partir de estos tubos, colocando los tubos en los cuellos de las aletas y a continuación ajustando el tubo contra el reborde de los cuellos por expansión del tubo con la ayuda de un mandril cónico. Estas baterías forman un bloque de dimensiones: 400 mm x 400 mm x 65 mm, con una densidad de 12 aletas por 25,4 mm, comprendiendo la batería 3 filas de 16 tubos, y siendo el fluido frigorígeno el R22.

III – Resultados obtenidos:

Las figuras 4 a 7 y 9 a 10 ilustran los diferentes resultados del invento.

10 III-1 Resultados obtenidos en tubos:

A) Resultados obtenidos en condensación con el fluido frigorígeno R22 en tubos de De igual a 9,52 mm:

TUBOS => Propiedades	E Fig. 3	A	C	D	S
Peso g/m	89	93,5	95	95	78
Pérdida de carga dP**	2500+/-100	-----	2400+/-100	3000+/-100	-----
Factor de Cavallini	3,94	2,72	3,53	-----	1
Coeficiente* de intercambio Hi medio	6850+/-50	4950+/-50	6300+/-50	6000+/-50	2850+/-50

*Coeficiente de intervalo Hi en W/m².K para un caudal de fluido G igual a 350 kg/m².s. Condiciones de medida: temperatura de 30°C, longitud del tubo 6 m. y caudal del fluido G igual a 350 kg/m².s
 **en Pa/m medida para un caudal de fluido G igual a 350 kg/m².s

B) Resultados obtenidos en evaporación con el fluido frigorígeno R22 en tubos de De igual 8,0 mm:

15

TUBOS=> Propiedades	E fig. 2a	B	A	S
Peso g/m	66	68	66
Pérdida de carga dP**	6700+/-100	8000+/-100	7000+/-100	5800+/-100
Factor Cavallini	3,13	3,02	2,68	1
Coeficiente* de intercambio Hi medio	10500+/-100	9500+/-100	8500+/-100	4500+/-100

* Coeficiente de intercambio Hi en W/m².K para caudal de fluido G igual a 200 kg/m².s Condiciones de medida: temperatura de 0°C, longitud del tubo 3 m, flujo de 10 a 12 kW/m².K, título de vapor que va desde 0,2 hasta 0,9 y caudal de fluido igual a 200 kg/m².s
 ** en Pa/m medida para caudal de fluido G igual a 200 kg/m².s

ES 2 449 091 T3

C) Resultados obtenidos en evaporación con el fluido frigorígeno R407C en tubos de De igual a 9,52 mm:

TUBOS=> Propiedades	E fig. 3	B
Peso g/m	89	92,3
Factor de Cavallini	3,94	3,3
Pérdida de carga dP*	600+/-40	700+/-40
Coefficiente* de intercambio Hi local	600+/-100	2500+/-100
Pérdida de carga dP**	1200+/-40	1200+/-40
Coefficiente** de intercambio Hi medio	11000+/-100	3000+/-100

Condiciones de las medidas: temperatura de 5°C y flujo de 12 kW/m².k. Ver figura 10. *Coeficiente de intercambio Hi en W/m².K y pérdida de carga dP en Pa/m tomados para un caudal de fluido G igual a 100 kg/m².s y con un título medio de vapor de 0,6. **Coeficiente de intercambio Hi W/m².K y pérdida de carga dP en Pa/m tomados para un caudal de fluido G igual a 200 kg/m².s y con un título medio de vapor 0,3.

III – 2 Resultados obtenidos en baterías:

BATERIAS Propiedades	E	B	A	S
Potencia* Condensación (vatios) Fig. 6	5025+/-150	4230+/-127	4100+/-164	4050+/-121
Potencia** Evaporación (vatios) Fig. 7	4650+/-140	4350+/-175	4200+/-90	4050+/-121
*para una velocidad frontal de aire tomada igual a 2,8 m/s				
**para una velocidad frontal del aire tomada igual a 1,5 m/s				

5

IV - Conclusiones:

10 Todos estos resultados muestran que los tubos y los intercambiadores o baterías de tubos según el invento presentan propiedades superiores a los productos análogos del estado de la técnica, tanto en evaporación como en condensación. En consecuencia, y de manera sorprendente, los tubos según el invento no constituyen solamente un buen compromiso de prestaciones en evaporación y en condensación, sino que presentan también, en lo absoluto, excelentes prestaciones con respecto a los tubos del estado de la técnica utilizados en evaporación y los utilizados en condensación, lo que es de un gran interés en la práctica.

15 Además, en lo que se refiere al peso por metro, los valores obtenidos con los tubos según el invento corresponden a una ganancia que va desde el 3,7% hasta el 8,7% con respecto a los tubos según el estado de la técnica, considerados con el mismo diámetro y el mismo grosor Tf, lo que se considera como muy importante.

Finalmente, los tubos según el invento de tipo E pueden ser fabricados ventajosamente por ranurado de alta cadencia del tubo de cobre no ranurado y liso, típicamente a una velocidad de ranurado cercana a la utilizada para los tubos de tipo B, a saber al menos 80 m/min.

Ventajas del invento

20 El invento presenta grandes ventajas.

En efecto, por una parte, los tubos y baterías utilizados según el invento presentan prestaciones intrínsecas altas. Por otra parte, estas prestaciones son altas a la vez en evaporación y en condensación, lo que permite la utilización de un mismo tubo para estas dos aplicaciones

Además, los tubos tienen un peso por metro relativamente pequeño, lo que es muy ventajoso a la vez desde un punto de vista práctico, y desde un punto de vista económico con un coste de material relativamente bajo.

Finalmente, los tubos utilizados según el invento no necesitan medios de fabricación específicos. Pueden ser fabricados con los equipamientos estándar y sobre todo con las cadencias de fabricación habituales.

5 Lista de referencias

Tubo ranurado 1

Nervadura 2

Ranura 3

Ranura axial 30

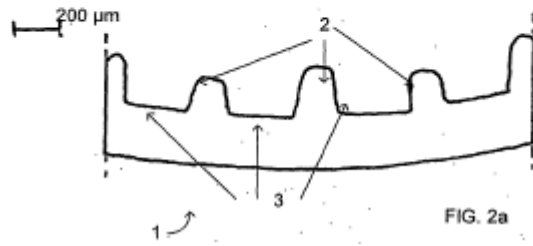
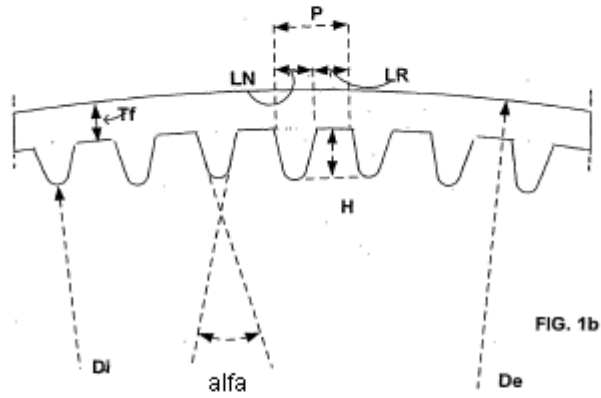
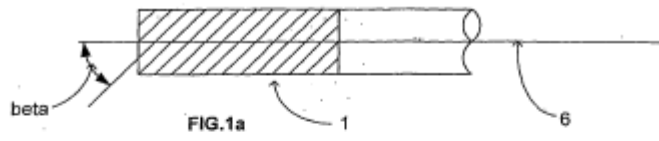
10 Batería 4

Aleta 5

REIVINDICACIONES

1. Utilización de un intercambiador de calor en funcionamiento de modo reversible, en evaporación o en condensación utilizando un fluido frigorígeno de cambio de fase, comprendiendo el citado intercambiador unos tubos metálicos (1) ranurados, de grosor T_f en el fondo de la ranura, de diámetro exterior D_e , estando los citados tubos ranurados interiormente por N nervaduras helicoidales (2) de ángulo de ápex α , de altura H, de anchura de la base L_N y de ángulo de hélice β , estando separadas dos nervaduras consecutivas por una ranura (3) típicamente con fondo plano de anchura L_R , con un paso P igual a $L_R + L_N$,
- 5 a) estando comprendido el diámetro exterior D_e entre 4 y 20 mm,
- b) yendo el número de nervaduras N desde 46 a 98, en función sobre todo del diámetro D_e ,
- 10 c) yendo la altura H de las nervaduras desde 0,18 mm hasta 0,40 mm, en función sobre todo del diámetro D_e ,
- d) siendo el ángulo de ápex α tal que $20^\circ \leq \alpha < 28^\circ$,
- e) yendo el ángulo de hélice β desde 18° hasta 35° ,
- con el fin de obtener simultáneamente un coeficiente de intercambio térmico alto en evaporación y en condensación, una pequeña pérdida de carga y un tubo lo más ligero posible.
- 15 f) presentando el citado tubo un factor de Cavallini igual al menos a 3,5.
2. Utilización según la reivindicación 1 en la cual las citadas nervaduras forman una sucesión de nervaduras de altura $H_1=H$ y de altura $H_2=a.H_1$, con a comprendida entre 0,6 y 0,9.
3. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2 en la cual la citada sucesión es una alternancia de nervaduras de altura H_1 y de nervaduras de altura H_2 separadas por un fondo de ranura típicamente plano.
- 20 4. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 en la cual, cuando D_e es inferior o igual a 9,55 mm, se tiene que:
- H va de 0,18 a 0,3 mm y preferentemente de 0,20 a 0,25 mm,
 - y/o N es inferior a 75 y va preferentemente desde 64 hasta 70.
- 25 5. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 en la cual, cuando D_e es igual al menos a 9,55 mm, se tiene que:
- H va desde 0,25 hasta 0,40 mm,
 - N va desde 70 hasta 98.
6. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 en la cual el ángulo de ápex α va desde 22° hasta 25° .
- 30 7. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 en la cual el ángulo de hélice β va desde 22° hasta 30° .
8. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 en la cual el ángulo de hélice β va desde 25° a 28° .
9. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 en la cual las citadas nervaduras tienen un perfil de tipo "trapezio" con una base y un vértice, comprendiendo el citado vértice una parte central sensiblemente plana, y eventualmente en pendiente con respecto a la citada base.
- 35 10. Utilización según la reivindicación 9 en la cual el vértice de la citada nervadura que forma un lado pequeño del trapecio, presenta bordes redondeados.
11. Utilización según la reivindicación 10 en la cual el citado vértice redondeado o los citados bordes redondeados presentan un radio de curvatura que va típicamente desde 40 μm hasta 100 μm y preferentemente desde 50 μm hasta 80 μm .
- 40 12. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 en la cual la anchura L_R del fondo plano de la citada ranura y la anchura L_N de la base de la citada nervadura son tales que $L_R = b.L_N$, yendo b desde 1 hasta 2 y preferentemente desde 1,10 hasta 1,8.
- 45 13. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 en la cual las citadas nervaduras y el citado fondo plano de las citadas ranuras se unen con un radio de curvatura típicamente inferior a 50 μm y preferentemente inferior a 20 μm .

14. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13 en la cual el factor de Cavallini es igual al menos a 4,0.
- 5 15. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14 en la cual los tubos comprenden además un ranurado axial que crea en las citadas nervaduras unas muescas de perfil típicamente triangular con el vértice redondeado, presentando el citado vértice un ángulo γ que va desde 25° hasta 65° , y la citada parte inferior o vértice está a una distancia h del fondo de las citadas ranuras que va desde 0 hasta 0,2 mm.
16. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15 en la cual los tubos son de cobre y aleaciones de cobre, aluminio y aleaciones de aluminio.
- 10 17. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16 en la cual los tubos se obtienen por ranurado de los tubos, o eventualmente por ranurado plano de una banda metálica y a continuación formación de un tubo soldado.
18. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17 para climatizadores reversibles e intercambiadores multitubulares como refrigeradores.



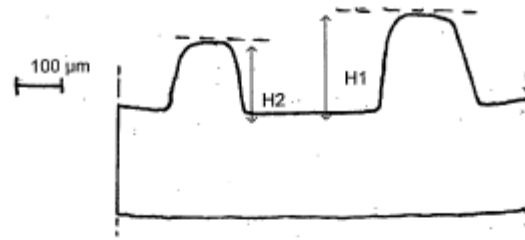


FIG. 2b

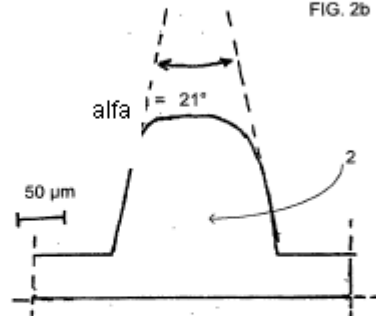


FIG. 2c

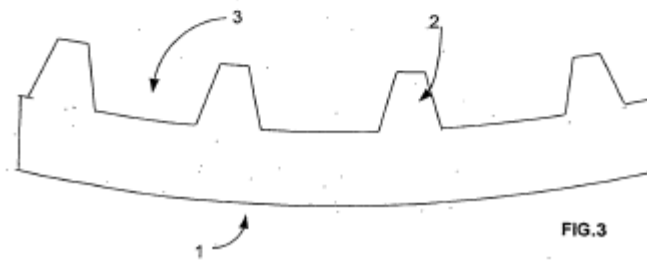


FIG. 3

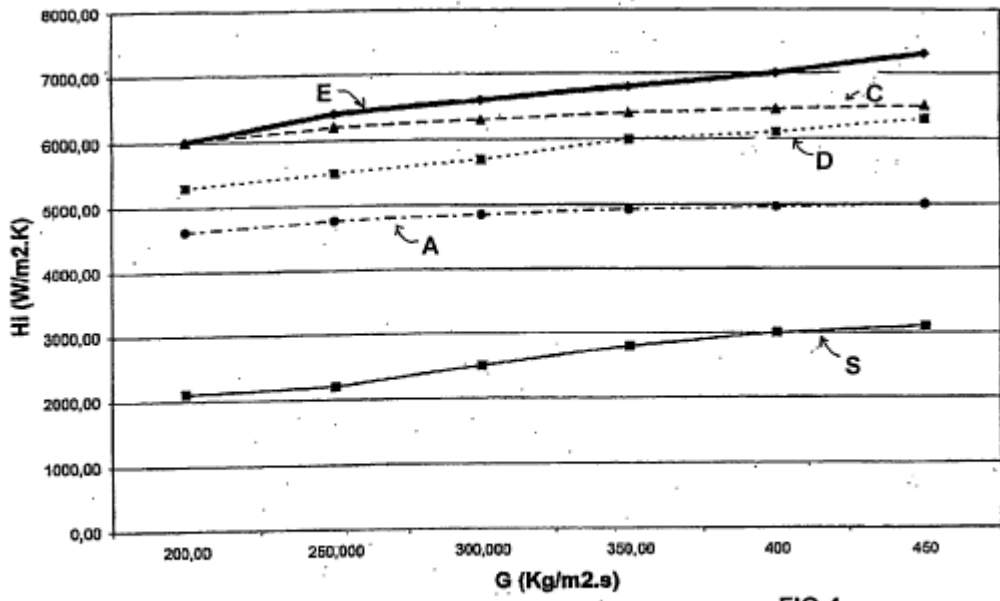


FIG.4

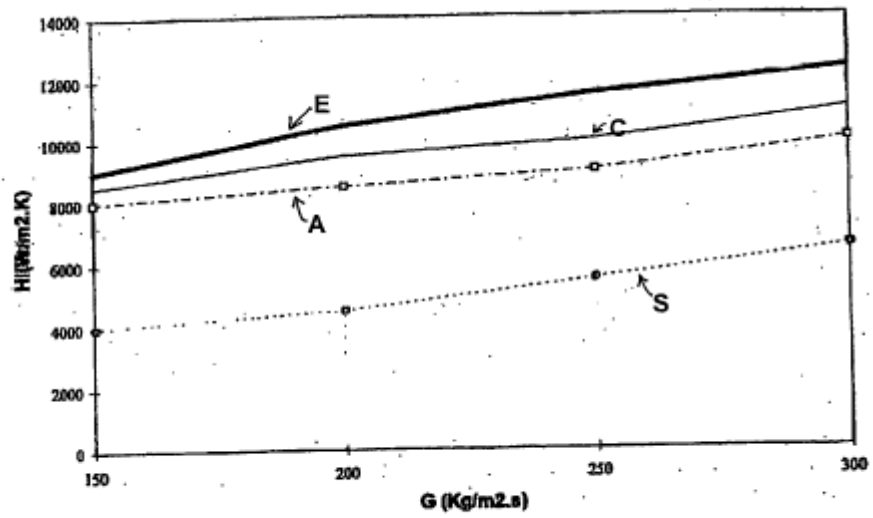


FIG.5

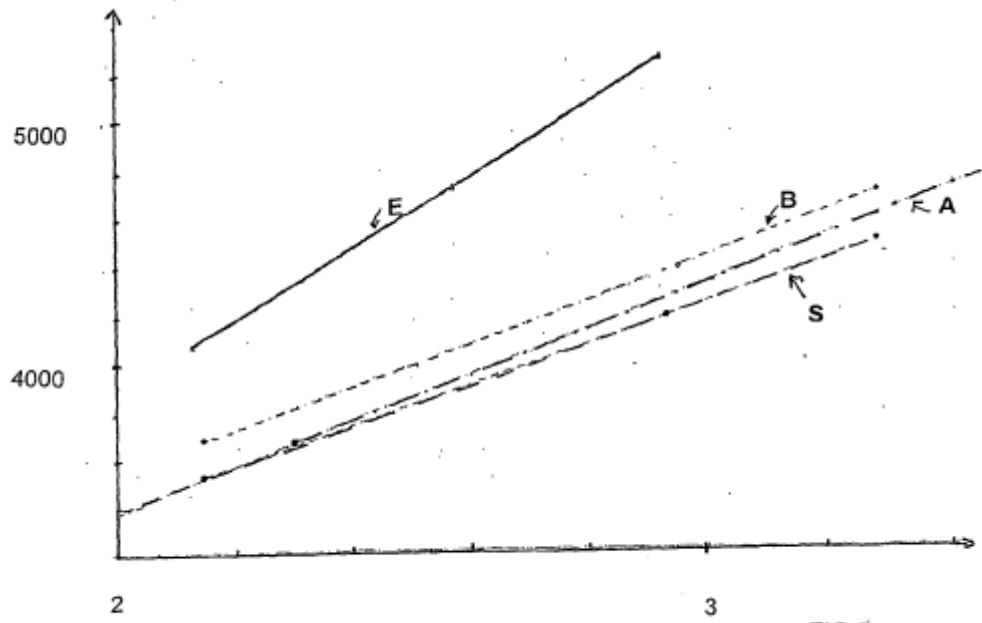


FIG. 6

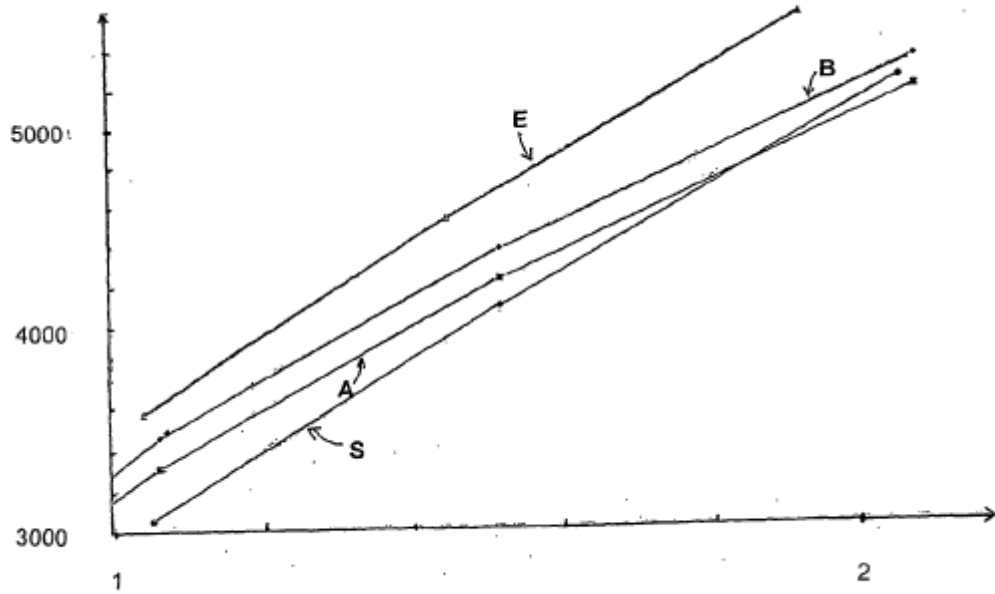
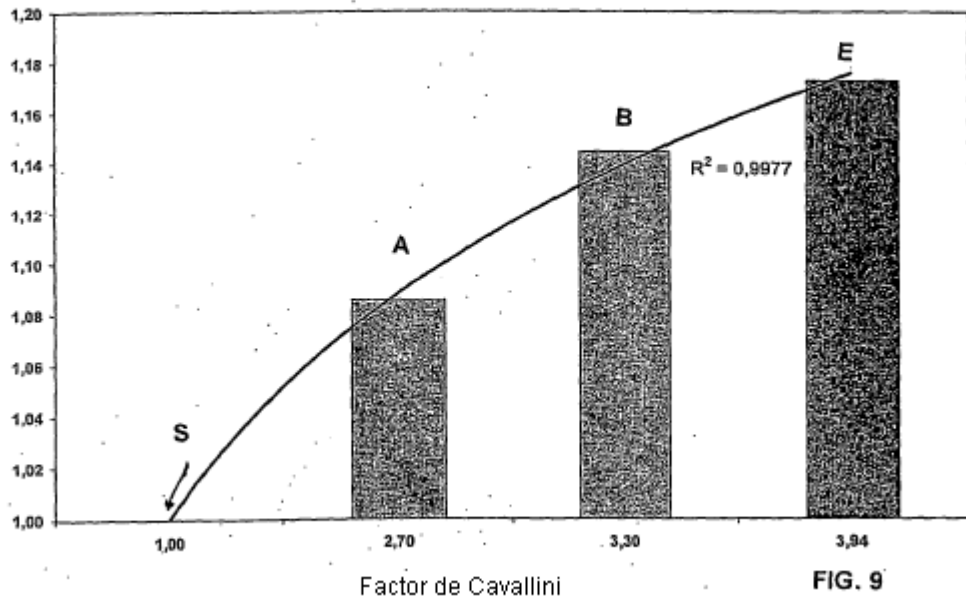
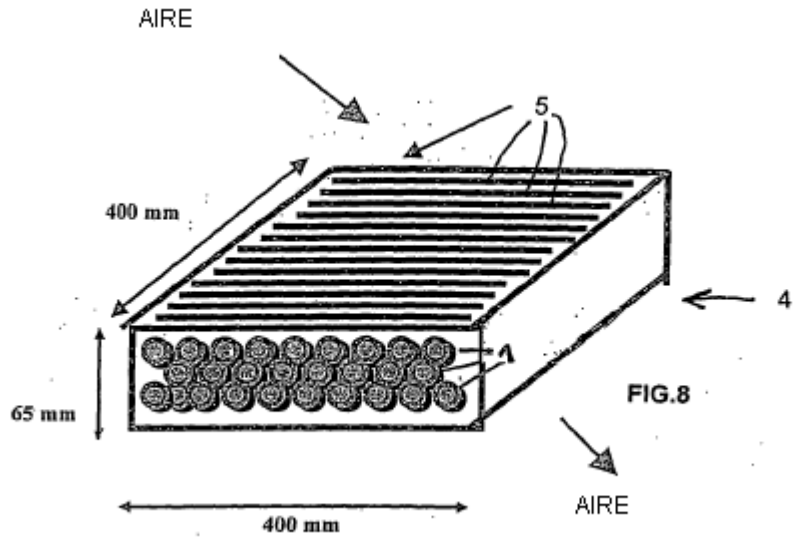


FIG. 7



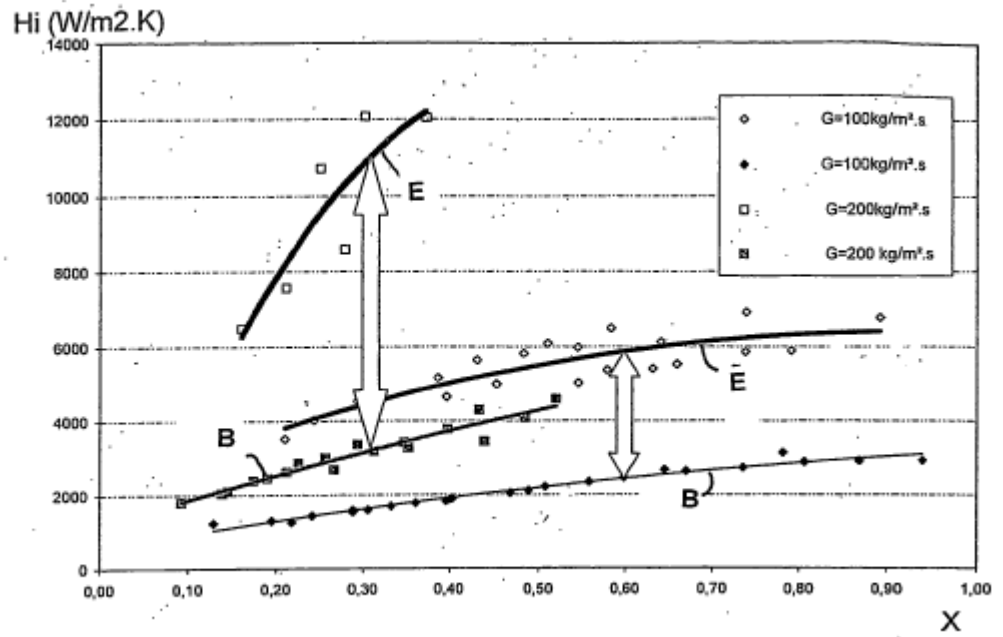


FIG. 10

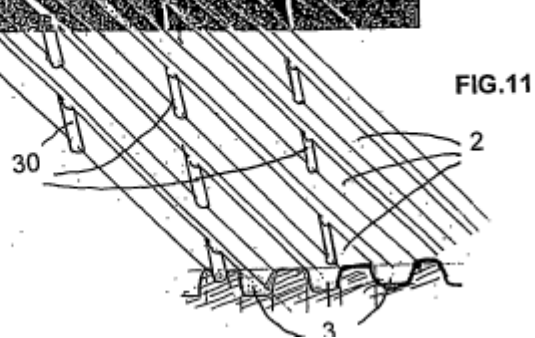
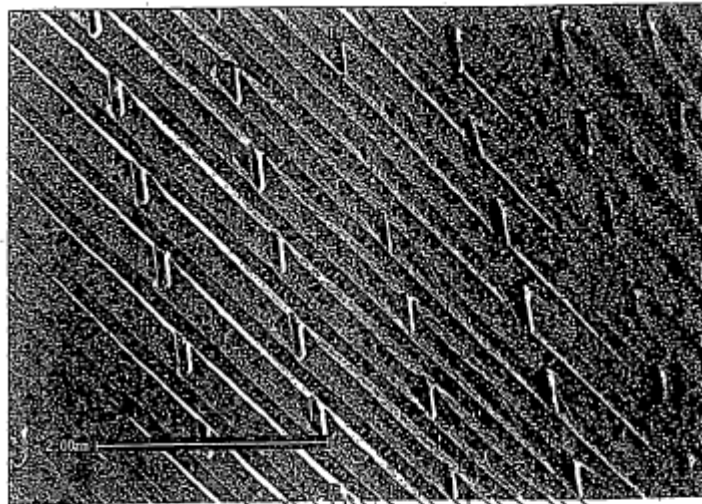


FIG. 11