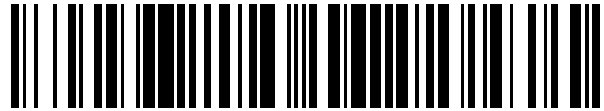


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 662 435**

51 Int. Cl.:

**F25J 3/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.05.2005 PCT/IB2005/001509**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.12.2005 WO05119147**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.05.2005 E 05750225 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2018 EP 1756497**

54 Título: **Columna de destilación**

30 Prioridad:

**04.06.2004 FR 0451108**

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

**06.04.2018**

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR  
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES  
GEORGES CLAUDE (100.0%)  
75, QUAI D'ORSAY  
75007 PARIS, FR**

72 Inventor/es:

**WERLEN, ETIENNE;  
LECLERCQ, FRANÇOIS y  
LEBAIN, GILLES**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 662 435 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

## Columna de destilación

La presente invención está relacionada con una columna de destilación que comprende al menos un módulo de empaquetamiento corrugado en cruzado que comprende una pluralidad de tiras con sus orientaciones de canal invertidas de una tira a la siguiente, la tira se hace de chapa de material y es del tipo que comprende corrugaciones que forman alternadamente primeros picos principales dirigidos a lo largo de una primera dirección y segundos picos principales dirigidos a lo largo de la dirección opuesta, las corrugaciones definen canales, cada canal se encuentra entre dos primeros o segundos picos principales adyacentes que forman picos de canto del canal, y cada canal tiene dos patas de canal que se unen juntas mediante un pico principal superior, los canales tienen una orientación general que se inclina en una dirección de flujo general de dicho líquido, la tira comprende además al menos una parte invertida que se encuentra enteramente dentro de la sección transversal de uno de los canales y que une juntas las dos patas de canal, la parte invertida comprende un primer pico intermedio orientado en sentido opuesto al pico principal superior del canal.

Se entiende que la expresión "empaquetamiento" significa un dispositivo pensado para mezclar una fase y/o para llevar varias fases que fluyen en el mismo sentido o a contracorriente hasta el contacto entre sí. En el empaquetamiento puede tener lugar en particular un intercambio de calor y/o masa y/o una reacción química. Una aplicación particular de la invención se encuentra en las columnas que separan mezclas de gases, especialmente columnas de destilación de aire.

En la técnica anterior se mencionan instalaciones de destilación de aire que comprenden módulos de empaquetamiento corrugado en cruzado, que también se llaman "paquetes". Los módulos comprenden chapas de metal corrugadas colocadas verticalmente, las corrugaciones de dichas chapas son oblicuas con respecto a una dirección general de flujo de fluido en la instalación y están inclinadas alternadamente, cruzadas generalmente a 90°, de una chapa a otra.

Los módulos de empaquetamiento se deslizan adentro de la columna de destilación de modo que las chapas de un módulo están desplazadas angularmente con respecto a las chapas de un módulo adyacente alrededor del eje de la columna, generalmente 90° de un módulo a otro.

Para mejorar el intercambio, entre un líquido y un gas, que están fluyendo a través del módulo de empaquetamiento, en la técnica anterior se ha propuesto tener aberturas que se hacen en las chapas de metal corrugadas. Estas aberturas llevan a un cambio en el flujo del gas de un lado de la chapa de metal del empaquetamiento al otro y mejoran el intercambio con el líquido.

Una columna de destilación según el preámbulo de la reivindicación 1 se conoce a partir de la patente europea EP-A-1 029 588, cuyas corrugaciones forman picos y valles unidos juntos por patas de corrugación que definen canales. Esta tira incluye partes invertidas, también llamadas "dentados", que se encuentran dentro de cada canal, cada parte invertida forma un único pico intermedio. La parte invertida define un ángulo de 90° con cada pata de corrugación a la que se une.

Cuando esta tira se fabrica doblando una chapa de metal plana delgada, el material forma lágrimas o pliegues. La tira de empaquetamiento acabada por lo tanto se desvía de su forma geométrica deseada, reduciendo de ese modo las prestaciones de intercambio de calor o de masa de la tira acabada.

El documento US-A-4 670 196 también describe una tira de empaquetamiento corrugada provista de partes invertidas, que tienen los mismos inconvenientes.

El objeto de la presente invención es mitigar los inconvenientes anteriores y proponer una tira de empaquetamiento que sea fácil de fabricar a partir de una chapa de metal plana delgada y dé como resultado intercambio sustancial de calor y/o masa.

Para este propósito, el objeto de la invención es una columna según la reivindicación 1.

Según realizaciones particulares, la tira de la columna según la invención incluye uno o más de los siguientes rasgos:

- la parte invertida comprende un tercer pico intermedio orientado en la dirección del pico principal superior, los picos intermedios segundo y tercero se encuentran en cada lado del primer pico intermedio;
- vista en sección transversal tomada perpendicular a la orientación del canal, la parte invertida se une en un punto a cada una de las patas de canal y la longitud desarrollada del canal y la longitud desarrollada de la parte invertida, que se miden entre los dos puntos, son aproximadamente idénticas;
- la sección transversal de la parte invertida comprende un primer arco circular, que forma el primer pico intermedio, y arcos circulares segundo y tercero, que forman los picos intermedios segundo y tercero, y entre el primer arco circular y cada uno de los arcos circulares segundo y tercero se encuentra una sección recta intermedia

de la parte invertida, dicha sección recta se une tangencialmente a los arcos circulares asociados;

- la sección transversal del canal comprende un arco circular principal que forma el pico principal superior y dos secciones rectas principales que se unen tangencialmente al arco circular principal;
- 5 - el radio de curvatura del arco circular principal es igual a la suma de los radios de curvatura de los arcos circulares primero, segundo y tercero, y el ángulo entre cada una de las secciones rectas intermedias y la sección recta principal asociada es igual al ángulo entre las secciones rectas principales;
- el canal tiene una altura que se mide entre el pico principal superior del canal y un plano que se encuentra entre los dos picos principales adyacentes del canal y la distancia entre el pico principal superior y el primer pico intermedio es aproximadamente igual a 2/3 veces la altura; y
- 10 - la tira se hace de una chapa de metal doblada.

Un mejor entendimiento de la invención se obtendrá leyendo la siguiente descripción, dada solamente a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 es una vista esquemática, en sección longitudinal, de una columna intercambio de calor y/o masa según la invención, que comprende módulos de empaquetamiento corrugados en cruzado;
- 15 - la figura 2 es una vista en planta de parte de una tira de empaquetamiento de una columna según la invención;
- la figura 3 es una vista en perspectiva de parte de la tira de la figura 2; y
- la figura 4 es una vista en sección de la tira a lo largo de la línea IV-IV de la figura 2, en una escala más grande.

20 La figura 1 muestra una columna de intercambio de masa y/o calor EC según la invención, que tiene un eje general vertical X-X. La columna EC es por ejemplo una columna de destilación criogénica, especialmente una columna de destilación de aire.

25 La columna EC comprende, en su extremo superior UE, una entrada de líquido LI que emerge en un colector de líquido LH que distribuye el líquido sobre la sección transversal de la columna EC, y una salida de vapor VO. En su extremo inferior LE, comprende una entrada de vapor VI y una salida de líquido LO. La columna EC incluye además una carcasa cilíndrica S.

La columna EC define una dirección de flujo de fluido general  $D_f$ , que discurre verticalmente.

30 Un módulo de empaquetamiento PM1, que favorece la dispersión del líquido transversalmente al eje X-X, se coloca en la carcasa S directamente por debajo del colector LH. Un módulo PM1 de este tipo es conocido per se y por ejemplo es un módulo de empaquetamiento que comprende un empaquetamiento corrugado en cruzado con perforaciones o estriaciones.

Una pluralidad de módulos de empaquetamiento PM2 según la invención se coloca en la carcasa S debajo del módulo PM1. Un soporte inferior BS sostiene los módulos de empaquetamiento PM1, PM2 en el sitio.

35 Cada módulo de empaquetamiento PM2 comprende una multitud de tiras de empaquetamiento corrugadas 2. Las tiras 2 tienen un plano medio P (véase la figura 4) que se encuentra paralelo a la dirección general  $D_f$ . Las tiras 2 de un módulo PM2 se colocan unas contra otras y de tal manera que los planos P se encuentran paralelos entre sí. Los planos P de las tiras de empaquetamiento de dos módulos PM2 adyacentes están desplazados angularmente alrededor del eje X-X, preferiblemente aproximadamente  $90^\circ$ .

La figura 2 muestra, parte de una tira de empaquetamiento 2.

40 La tira 2 tiene dos cantos paralelos, un canto superior 4 y un canto inferior 6, que se encuentran perpendiculares a la dirección  $D_f$ .

La tira 2 también tiene corrugaciones 8 que forman alternadamente primeros picos principales 10, dirigidos en una dirección (véase la figura 4) respecto al plano medio general P de la tira 2, y segundos picos principales 12, dirigidos en sentido opuesto respecto al plano P. En este caso, los segundos picos 12 forman valles.

45 Las corrugaciones 8 forman canales idénticos pero invertidos alternadamente 14, cada canal se encuentra entre dos picos principales primeros 10 o dos segundos 12. Los canales 14 se abren alternadamente en una de las dos direcciones mencionadas anteriormente y luego en la otra. El pico principal intermedio 12 o 10 forma el pico principal superior del canal 14 en cuestión, mientras que los dos picos 10 o 12 adyacentes forman los picos de canto de canal. Dos picos principales adyacentes 10, 12 se unen juntos mediante una pata de canal 16 de sección recta. Los canales 14, y en consecuencia los picos 10, 12, se encuentran a lo largo de una dirección de canal  $D_c$  que se inclina

50

con un ángulo  $\delta$  con los cantos 4, 6 (véase la figura 2). Las direcciones  $D_c$  de dos tiras 2 adyacentes de un módulo PM2 están invertidas una con respecto a la otra.

5 En sección transversal, tomada perpendicular a la dirección  $D_c$ , como se muestra en la figura 4, cada canal 14 tiene un primer arco circular 18 de radio de curvatura  $r_1$ , que forma el pico principal superior 10. Una sección recta principal 20 de la pata de canal 16 se une tangencialmente a este arco circular 18 en cada lado del último. Esta sección recta 20 tiene una longitud  $d_1$  medida entre la unión 24 (véase más adelante) y el arco circular 18. Las dos secciones rectas 20 forman un ángulo  $\gamma$  entre ellas.

La tira 2 incluye además, en cada canal 14, una multitud de partes invertidas 22 idénticas.

10 La figura 4 muestra una de estas partes invertidas 22. La parte invertida 22 se encuentra enteramente dentro de la sección transversal del canal 14, es decir la parte de la tira 2, que se encuentra dentro del grosor  $e$  de las patas de corrugación 16, no forma parte de la parte invertida 22. La parte invertida 22 une juntas las dos patas 16 del canal 14 y se une a ellas en dos uniones 24. Forma un primer pico intermedio 26 dirigido en sentido opuesto al pico superior 10 del canal, y dos picos intermedios, un segundo pico intermedio 28 y un tercer pico intermedio 30, que se orientan en la dirección del pico principal superior 10 y se encuentra en cada lado del pico intermedio 26.

15 La sección transversal de la parte invertida 22 comprende tres arcos circulares 32, 34, 36. Los arcos circulares 34, 36 tienen el mismo radio de curvatura  $r_2$  y forman los picos intermedios segundo 28 y tercero 30, mientras que el arco circular 32 tiene un radio de curvatura  $r_3$  ( $> r_2$ ) y forma el primer pico intermedio 26. Extendiéndose entre el arco circular 32 y cada uno de los arcos circulares 34, 36 está una sección recta 38 de la parte invertida 22, dicha parte recta se une tangencialmente a cada uno de los arcos circulares 32, 34, 36.

20 Las secciones rectas 38 tienen la misma longitud  $d_2$ .

Ventajosamente, los arcos circulares 34, 36 se unen tangencialmente a las patas de canal 16. Como consecuencia, hay poco esfuerzo en la chapa de metal durante la deformación.

Cada una de las dos secciones rectas 38 forma un ángulo  $\alpha$  con la pata de corrugación 16 adyacente.

25 La longitud desarrollada de la parte invertida 22 es idéntica a la longitud desarrollada de las dos secciones rectas principales 20 y del arco circular 18. Así, el material no se estira, o únicamente lo hace ligeramente, durante el doblamiento.

Además, el canal 14 tiene una altura  $h$  que se mide entre el pico principal superior 10 del canal y un plano Q definido por los dos picos principales adyacentes 12. La distancia  $d_4$  entre el pico principal superior 10 y el primer pico intermedio 26 es aproximadamente  $2/3$  de la altura  $h$ . En otras palabras:

30 
$$d_4 = \frac{2}{3} h .$$

Así, el primer pico intermedio 26 se encuentra aproximadamente en la ubicación del baricentro B de la sección transversal del canal. Es en este punto donde hay la mayor concentración de masa o la mayor temperatura de un gas que fluye en el canal 14. En consecuencia, la tira 2 da como resultado intercambio sustancial de calor y/o masa.

35 Adicionalmente, el canal 14 y la parte invertida 22 son simétricos con respecto a un plano de simetría A, perpendicular a los planos P y Q, el plano de simetría es definido por el pico principal superior 10 y el primer pico intermedio 26.

A fin de respetar el criterio de idénticas longitudes desarrolladas, se tiene que satisfacer la siguiente condición geométrica.

En el caso (no se muestra) en el que  $\alpha = \gamma$ :

40 
$$r_1 = 2r_2 + r_3 .$$

En el caso mostrado en la figura 3, los ángulos  $\alpha$  y  $\gamma$  no son el mismo. En este caso, se tienen que satisfacer las siguientes condiciones:

$$d_1 = \frac{K' - K \sin(\alpha - \frac{\gamma}{2})}{\sin(\frac{\gamma}{2}) - \sin(\alpha - \frac{\gamma}{2})} \quad \text{y } d_2 = d_1 - K,$$

$$\text{Donde } K = r_2 (\pi - \alpha) + r_3 \left( \frac{\pi}{2} - \alpha + \frac{Y}{2} \right) - r_1 \left( \frac{\pi}{2} - \frac{Y}{2} \right)$$

$$K' = r_2 \left[ \cos \left( \frac{Y}{2} \right) + \cos \left( \alpha - \frac{Y}{2} \right) \right] + r_3 \cos \left( \alpha - \frac{Y}{2} \right) - r_1 \cos \left( \frac{Y}{2} \right)$$

5 Los radios de curvatura  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  de la corrugación 8 y de la parte invertida 22 son preferiblemente al menos 1 mm y en particular al menos 2 mm, haciendo de ese modo que sea más fácil formar la parte invertida 22 sin rotura de material.

La tira 2 según la invención se fabrica según un proceso que comprende las siguientes etapas:

- (a) en primer lugar se dobla una chapa de metal plana, formando así una chapa corrugada que incluye los canales 14;
- 10 (b) entonces se cortan dos rendijas en la chapa en la ubicación de cada parte invertida 22;
- (c) finalmente, las partes que se encuentran entre dos rendijas se doblan de manera opuesta a la corrugación, formando así las partes invertidas 22.

15 Debido a la presencia de al menos un segundo pico intermedio, la tira 2 únicamente se deforma ligeramente en las uniones 24. Por lo tanto hay poca probabilidad de que la tira 2 se desgarre en estas uniones. Debido a que la longitud desarrollada de la corrugación 8 es la misma que la de la parte invertida 22 entre las uniones 24, la tira acabada 2 es lisa y tiene un grosor  $e$  que es aproximadamente el mismo en su superficie entera. Adicionalmente, el riesgo de que la tira 2 se fracture durante el doblamiento es bajo.

Como variante, las rendijas se cortan antes de que la chapa plana sea doblada, de modo que la etapa (b) se realiza antes que la etapa (a).

20 También como variante, las etapas (b) y (c) se realizan al mismo tiempo. Así, es innecesario sincronizar las herramientas de corte y doblado para la parte invertida.

Según una variante (no se muestra), el pico intermedio 26 se coloca cerca del baricentro B de la sección transversal del canal 14, por ejemplo a una distancia de este punto B de menos de 0,20 veces la altura  $h$  del canal 14. Así, el pico intermedio 26 permanece dentro de una región de alta concentración o alta temperatura.

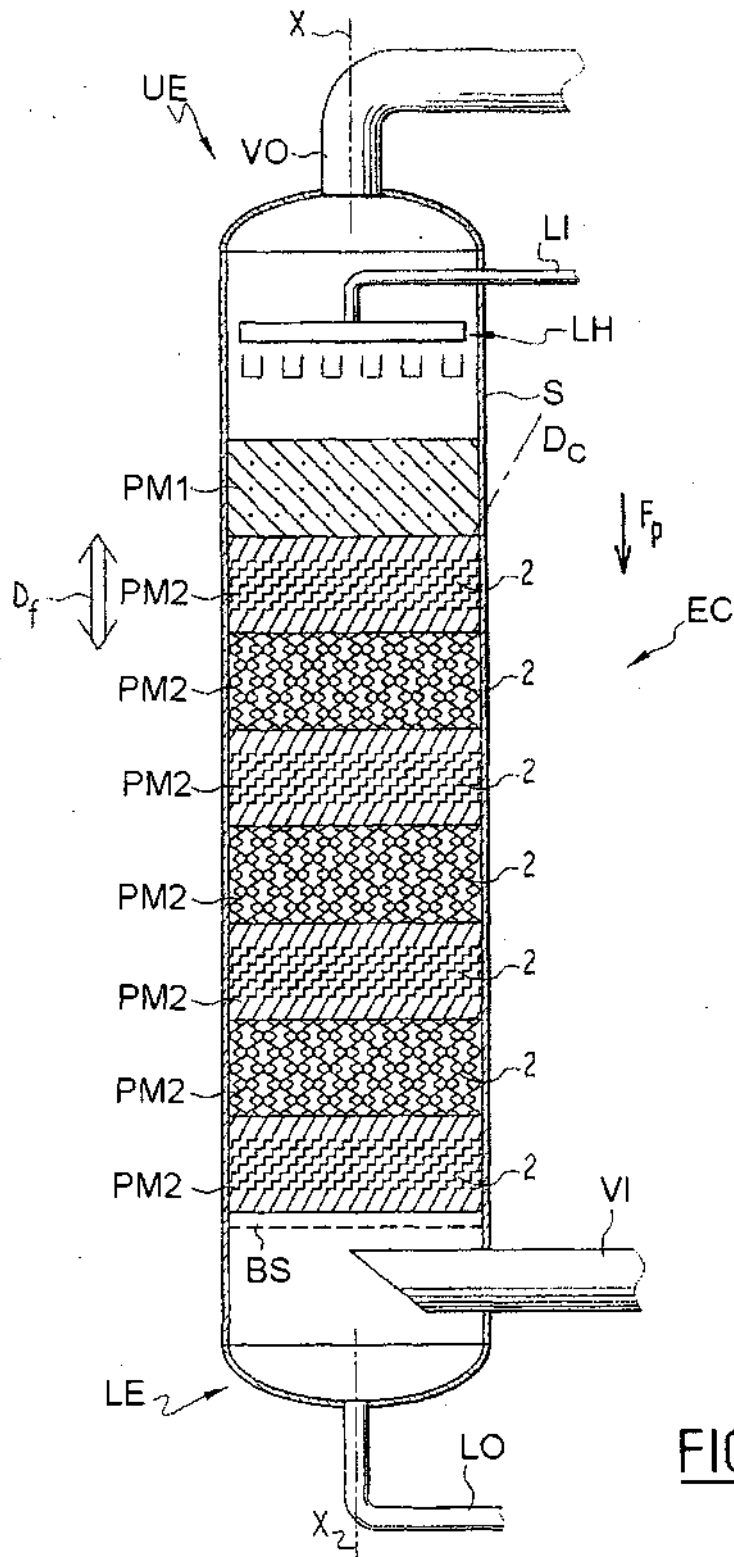
25 Dependiendo de las realizaciones, la tira de empaquetamiento 2 según la invención también incluye los siguientes rasgos:

- en sección transversal tomada perpendicular a la orientación del canal 14, la parte invertida 22 es continua en su longitud desarrollada entera;
- la parte invertida 22 une las patas de canal 16 sin un canto afilado;
- 30 - los arcos circulares segundo 34 y tercero 36 se unen tangencialmente a las patas de canal 16;
- el canal 14 tiene una altura  $h$  que se mide entre el pico principal superior 10, 12 del canal y un plano Q que se encuentra entre los dos picos principales de canto 12, 10 del canal, el área de la sección transversal del canal 14 tiene un baricentro B, y el primer pico intermedio 26 de la parte invertida 22 se ubica a una distancia del baricentro que es menos de 0,20 veces la altura  $h$ ;
- 35 - el canal 14 y la parte invertida 22 son simétricos con respecto a un plano de simetría A definido por el pico principal superior 10 y por el primer pico intermedio 26;
- el grosor  $e$  de la tira 2 es aproximadamente el mismo en su superficie entera.

40 La invención también está relacionada con una instalación de destilación criogénica y en particular con una instalación de destilación de aire que comprende al menos un módulo de empaquetamiento como se ha definido anteriormente.

## REIVINDICACIONES

1. Columna de destilación que comprende al menos un módulo de empaquetamiento corrugado en cruzado que comprende una pluralidad de tiras (2) con sus orientaciones de canal ( $D_c$ ) invertidas desde una tira a la siguiente, la tira se hace de chapa de material y es del tipo que comprende corrugaciones (8) que forman alternadamente primeros picos principales (10; 12) dirigidos a lo largo de una primera dirección y segundos picos principales (12; 10) dirigidos a lo largo de la dirección opuesta, las corrugaciones (8) definen canales (14), cada canal se encuentra entre dos picos principales primeros (10; 12) o segundos (12; 10) adyacentes que forman picos de canto del canal, y cada canal tiene dos patas de canal (16) que se unen juntas mediante un pico principal superior (10; 12), los canales (14) tienen una orientación general ( $D_c$ ) que se inclina en una dirección de flujo general ( $D_f$ ) de dicho líquido cuando la columna está en uso, la tira (2) comprende además al menos una parte invertida (22) que se encuentra enteramente dentro de la sección transversal de uno de los canales (14) y que une juntas las dos patas de canal (16), la parte invertida (22) comprende un primer pico intermedio (26) orientado en sentido opuesto al pico principal superior (10; 12) del canal, caracterizado por que la parte invertida (22) incluye además un segundo pico intermedio (28; 30) orientado en la dirección del pico principal superior (10; 12).
2. Columna según la reivindicación 1, caracterizada por que la parte invertida (22) de la tira comprende un tercer pico intermedio (30, 28) orientado en la dirección del pico principal superior (10; 12), los picos intermedios segundo (28, 30) y tercero (30, 28) se encuentra en un lado del primer pico intermedio (26).
3. Columna según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que, vista en sección transversal tomada perpendicular a la orientación del canal (14), la parte invertida (22) de la tira se une en un punto (24) a cada una de las patas de canal (16) y en que la longitud desarrollada del canal (14) y la longitud desarrollada de la parte invertida (22), que se miden entre la dos puntos (24), son aproximadamente idénticas.
4. Columna según la reivindicación 2, caracterizada por que la sección transversal de la parte invertida (22) de la tira comprende un primer arco circular (32), que forma el primer pico intermedio (26), y arcos circulares segundo (34, 36) y tercero (36, 34), que forman los picos intermedios segundo (28, 30) y tercero (30, 28), y en que entre el primer arco circular (32) y cada uno de los arcos circulares segundo (34, 36) y tercero (36, 34) se encuentra una sección recta intermedia (38) de la parte invertida (22), dicha sección recta (38) se une tangencialmente a los arcos circulares (32, 34, 36) asociados.
5. Columna según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada por que la sección transversal del canal (14) de la tira comprende un arco circular principal (18) que forma el pico principal superior (10; 12) y dos secciones rectas principales (20) que se unen tangencialmente al arco circular principal (18).
6. Columna según las reivindicaciones 4 y 5 tomadas juntas, caracterizada por que el radio de curvatura ( $r_1$ ) del arco circular principal (18) es igual a la suma de los radios de curvatura ( $r_2$ ,  $r_3$ ) de los arcos circulares primero (32), segundo (34, 36) y tercero (36, 34) y en que el ángulo ( $\alpha$ ) entre cada una de las secciones rectas intermedias (38) y la sección recta principal (20) asociada es igual al ángulo ( $\gamma$ ) entre las secciones rectas principales (20).
7. Columna según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que el canal (14) tiene una altura ( $h$ ) que se mide entre el pico principal superior (10; 12) del canal y un plano (P) que se encuentra entre los dos picos principales adyacentes (12; 10) del canal y en que la distancia ( $d_4$ ) entre el pico principal superior (10; 12) y el primer pico intermedio (26) es aproximadamente igual a  $2/3$  de la altura ( $h$ ).
8. Columna según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizada por que la tira se hace de una chapa de metal plegada.



**FIG.1**

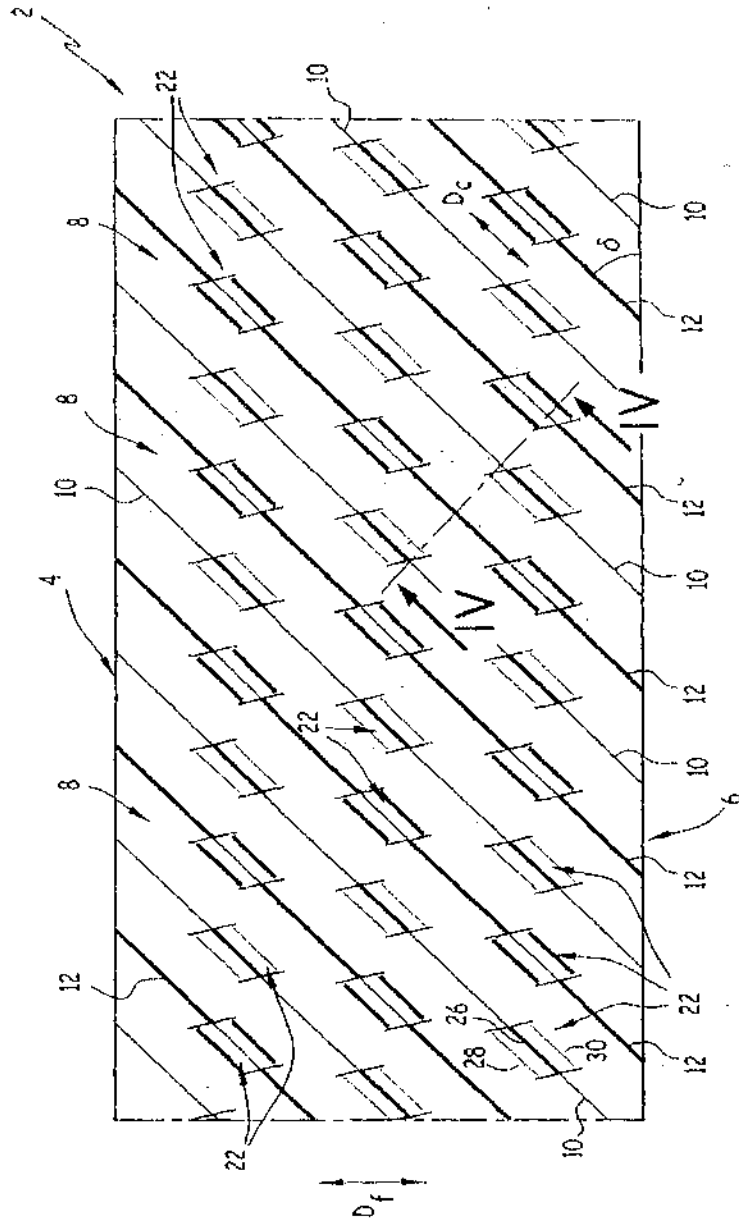
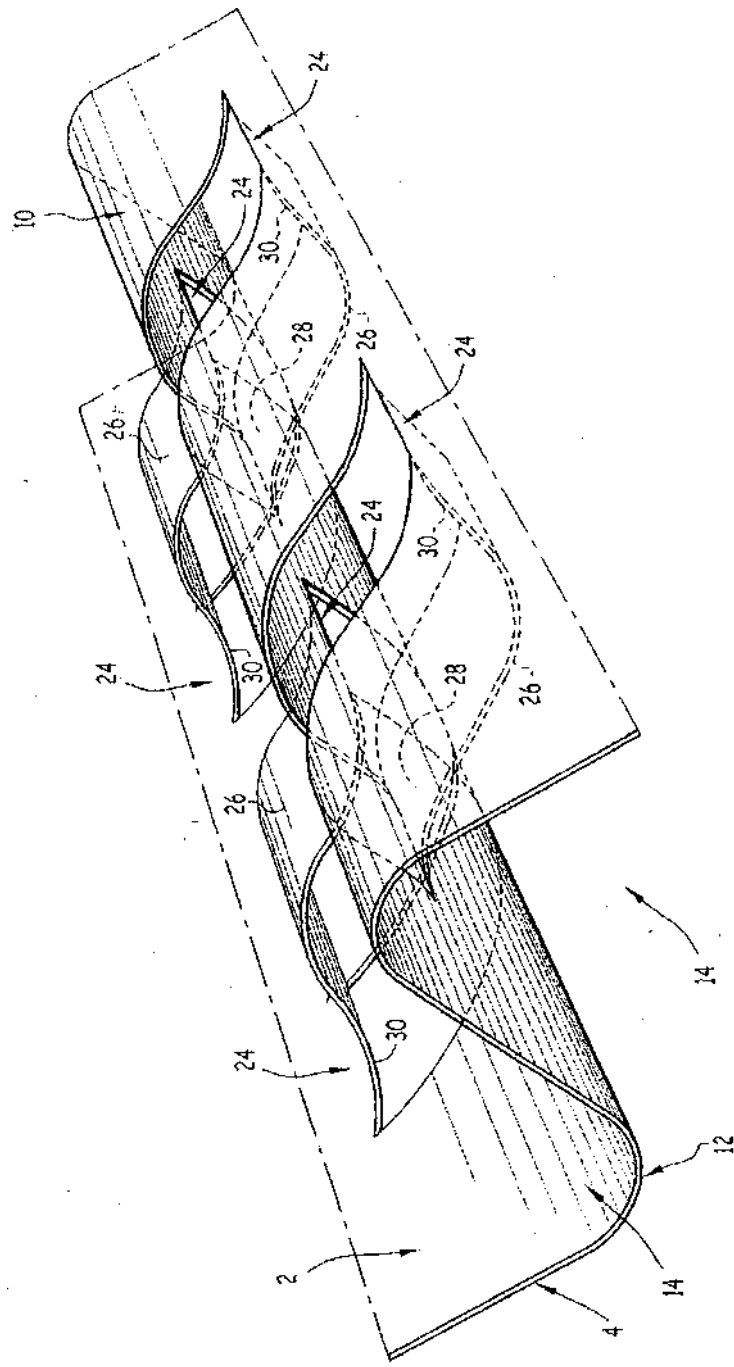


FIG. 2





**FIG.3**

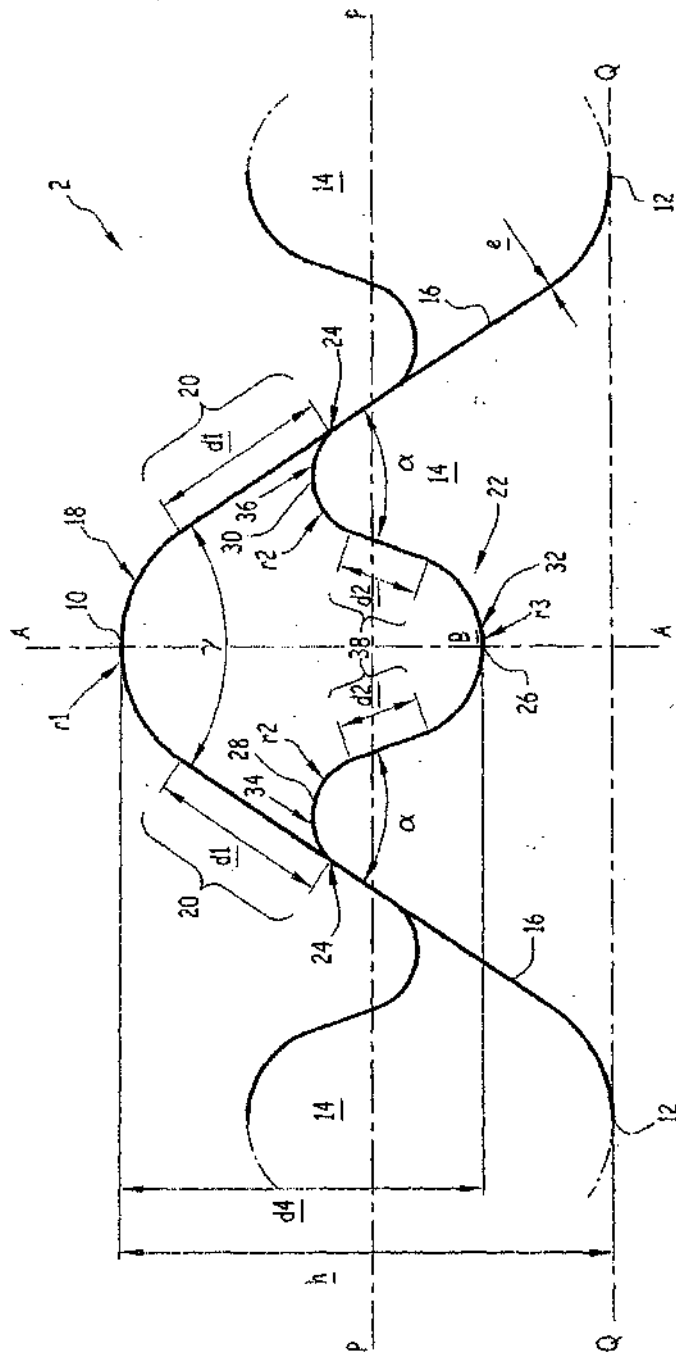


FIG. 4