

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 715 643**

51 Int. Cl.:

**F28D 19/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.05.2012 PCT/US2012/039902**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.12.2012 WO12166750**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.05.2012 E 12726684 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.12.2018 EP 2715266**

54 Título: **Láminas de transferencia de calor**

30 Prioridad:

**01.06.2011 US 201113150428**

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

**05.06.2019**

73 Titular/es:

**ARVOS LJUNGSTROM LLC (100.0%)  
3020 Truax Road  
Wellsville, NY 14895, US**

72 Inventor/es:

**COWBURN, LAWRENCE G.;  
DUFFNEY, SCOTT R.;  
GRANTIER, DENNIS R. y  
YOWELL, JEFFERY E.**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 715 643 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

Láminas de transferencia de calor

**Campo de la técnica**

5 Los dispositivos descritos en este documento se refieren a elementos de calentamiento o elementos de transferencia de calor del tipo encontrado en intercambiadores de calor regenerativos rotativos.

**Antecedentes**

10 Los precalentadores de aire se utilizan en grandes calderas de combustibles fósiles para precalentar el aire de combustión entrante que sale de los gases de escape calientes. Estos reciclan energía y ahorran combustible. La recuperación de la energía térmica útil que de otro modo se perdería en la atmósfera es una forma efectiva de obtener ahorros significativos en los costos, conservar los combustibles fósiles y reducir las emisiones.

15 Un tipo de intercambiador de calor regenerativo, un intercambiador de calor regenerativo rotativo, se utiliza comúnmente en calderas de combustibles fósiles y generadores de vapor. Los intercambiadores de vapor regenerativos rotativos tienen un rotor montado en una carcasa que define un conducto de entrada de gases de combustión y un conducto de salida de gases de combustión para el flujo de gases de combustión calentados a través del intercambiador de calor. La carcasa define además otro conjunto de conductos de entrada y conductos de salida para el flujo de corrientes de gas que reciben la energía térmica recuperada. El rotor tiene particiones radiales o diafragmas que definen compartimentos entre las particiones para soportar cestas o bastidores para sostener elementos de calentamiento que son típicamente láminas de transferencia de calor. Con referencia a la figura 1, un intercambiador de calor regenerativo rotativo, generalmente designado con el número 10 de referencia, tiene un rotor 12 montado en una carcasa 14.

20 Las láminas de transferencia de calor se apilan en las cestas o bastidores. Normalmente, una pluralidad de láminas se apilan en cada cesta o bastidor. La láminas se apilan estrechamente en una relación espaciada dentro de la cesta o bastidor para definir los pasajes entre las láminas para el flujo de gases. Ejemplos de láminas de elementos de transferencia de calor se proporcionan en las patentes de EE. UU. números 2.596.642; 2.940.736; 4.363.222; 4.396.058; 4.744.410; 4.553.458; 6.019.160; 5.836.379 y US 2010/0282437 A1. La patente US 3 759 323 describe placas de intercambio de calor con zonas triangulares en lados opuestos de un área rectangular central apiladas alternativamente para proporcionar pasos de flujo en forma de C para dos fluidos. La patente WO 2012/000767 A2 describe una placa de intercambio de calor hecha de material cerámico. En su parte superior se excavan conductos laterales en la placa que limitan los canales de flujo.

30 Los gases calientes se dirigen a través del intercambiador de calor rotativo para transferir calor a las láminas. A medida que el rotor gira, la corriente de gas de recuperación (flujo del lado aire) se dirige sobre las láminas calentadas, lo que provoca que el aire de admisión se caliente. En muchos casos, el aire de admisión se proporciona a la caldera para la combustión de los combustibles fósiles. En lo sucesivo, la corriente de gas de recuperación se denominará aire de combustión o aire de entrada. En otras formas de intercambiadores de calor regenerativos rotativos, las láminas son estacionarias y el gas de combustión y los conductos de los gases de recuperación giran.

35 Los diseños actuales de láminas de transferencia de calor solo recuperan una parte del calor en los gases de combustión de escape con el calor no recuperado que sale de la pila como energía residual. Cuanto más eficientemente operen estas láminas de transferencia de calor, menor será la pérdida de calor.

Actualmente, existe una necesidad de diseños de láminas de intercambio de calor más eficientes.

**40 Compendio de la invención**

La presente invención se realiza como una lámina de transferencia de calor que comprende:

45 Una pluralidad de crestas y valles que tiene la forma de al menos un patrón sinusoidal parcial, que se extiende desde un primer extremo a un segundo extremo, orientado de tal manera que un fluido que pasa del primer extremo al segundo extremo se redirige al menos parcialmente de una manera alternativa entre una primera dirección y una segunda dirección a través de la pluralidad de crestas y valles; y una pluralidad de características de separación de láminas que se extienden a lo largo de las láminas de transferencia de calor paralelas a la dirección del fluido que fluye desde el primer extremo al segundo extremo y posicionadas generalmente a intervalos de separación equivalentes, de manera que la pluralidad de crestas y valles se configuran entre pares de láminas que separan figuras y una pluralidad de crestas y valles que son paralelas entre sí y orientadas en un ángulo que varía de forma  
50 continua con respecto a las características de separación de láminas.

**Breve descripción de los dibujos**

La materia objeto descrita en la descripción de las realizaciones preferidas se señala particularmente y se reivindica claramente en las reivindicaciones en la conclusión de la especificación. Lo anterior y otras características y ventajas son evidentes a partir de la siguiente descripción detallada tomada en conjunto con los dibujos adjuntos en los

cuales:

La Figura 1 es una vista en perspectiva parcialmente seccionada de un intercambiador de calor regenerativo rotativo de la técnica anterior.

5 La Figura 2 es una vista en planta desde arriba de una cesta que incluye tres láminas de transferencia de calor de la técnica anterior.

La Figura 3 es una vista en perspectiva de una parte tres láminas de transferencia de calor de la técnica anterior mostradas en una configuración apilada.

La Figura 4 es una vista en planta de una lámina de transferencia de calor de la técnica anterior.

10 La Figura 5 es una vista en perspectiva de la parte de una lámina de transferencia de calor según una alternativa no de acuerdo con la presente invención.

La Figura 6 es una vista en sección transversal de la parte de la lámina de transferencia de calor mostrada en la Figura 5.

La Figura 7 es una vista en planta de una lámina de transferencia de calor completa que tiene el patrón de la Figura 5.

15 La Figura 8 es una vista en planta de una realización de una lámina de transferencia de calor que muestra un patrón de cresta sinusoidal según la presente invención.

La Figura 9 es un diagrama en sección transversal de la lámina de transferencia de calor de la Figura 8.

#### **Descripción de las realizaciones preferidas**

20 La superficie de transferencia de calor, también conocida como "lámina de transferencia de calentamiento" es un componente clave en el precalentador de aire. La superficie de transferencia de calor de un intercambiador de calor regenerativo rotativo, tal como un precalentador de aire Ljungstrom® consta de láminas de acero perfiladas delgadas, empaquetadas en cestas de bastidor o ensambladas en paquetes, e instaladas en el rotor del precalentador de aire. Durante cada revolución del rotor, la lámina de transferencia de calor pasa alternativamente a través de la corriente de gas caliente donde absorbe energía, y luego a través del aire de combustión donde transfieren la energía absorbida al aire de combustión, precalentándolo.

25 La carcasa 14 define un conducto 20 de entrada de gas de combustión y un conducto 22 de salida de gas de combustión para pasar el flujo de una corriente 36 de gas de combustión calentada a través del intercambiador 10 de calor. La carcasa 14 define además un conducto 24 de entrada de aire y un conducto 26 de salida de aire para pasar el flujo de aire 38 de combustión a través del intercambiador 10 de calor. El rotor 12 tiene particiones 16 radiales o compartimentos 17 que definen diafragmas entre ellos para soportar cestas (bastidores) 40 de láminas 42 de transferencia de calor. El intercambiador 10 de calor se divide en un sector de aire y en un sector de gas de combustión mediante las placas 28 de sector, que se extienden a través de la carcasa 14 adyacente a las caras superior e inferior del rotor 12. Mientras que la Figura 1 representa una corriente 38 de aire única, se pueden alojar múltiples corrientes de aire, tales como configuraciones sectoriales triples y sectoriales cuádruples. Estas proporcionan múltiples corrientes de aire precalentado que pueden dirigirse para diferentes usos.

30 Como se muestra en la Figura 2, un ejemplo de una cesta 40 de láminas incluye un bastidor 41 en el que se apilan las láminas 50 de calor. Aunque solamente se muestran un número limitado de láminas 50 térmicas, se comprende que la cesta 40 típicamente se llenará con láminas 50 de calor. Como también se ve en la Figura 2, las láminas 50 térmicas se apilan estrechamente en una relación espaciada dentro de la cesta 40 para formar los pasillos 44 entre las láminas 50 de calor adyacentes. Durante la operación, el aire o los gases de combustión fluyen a través de estos pasillos 44.

35 Con referencia a ambas Figuras 1 y 2, la corriente 36 de gas de combustión calentada se dirige a través del sector de gas del intercambiador 10 de calor y transfiere calor a las láminas 50 de transferencia de calor. Las láminas 50 térmicas giran luego alrededor del eje 18 hacia el sector de aire del intercambiador 10 de calor, donde el aire 38 de combustión se dirige sobre las láminas 50 de calentamiento y por lo tanto se calienta.

40 Con referencia a las Figuras 3 y 4, se muestran las láminas 50 de calentamiento convencional en una relación apilada. Típicamente, las láminas 50 térmicas son elementos planos metálicos que se han conformado para incluir una o más nervaduras 59 de separación y ondulaciones 51 definidas en parte por las crestas 55 y los valles 57.

45 Los perfiles de las láminas 50 de transferencia de calor son críticos para el rendimiento del precalentador de aire y del sistema de caldera. El diseño geométrico del perfil de la lámina 50 de transferencia de calor se centra en tres componentes críticos; primero, transferencia de calor que se relaciona directamente con la recuperación de energía térmica; segundo, la pérdida de carga, que afecta a la eficiencia mecánica de los sistemas de caldera y tercero, la capacidad de limpieza, lo que permite que el precalentador funcione con su rendimiento térmico y mecánico óptimo.

Las láminas de transferencia de calor de mejor rendimiento proporcionan altas tasas de transferencia de calor, baja pérdida de carga y se limpian fácilmente.

5 Los nervios 59 de separación se colocan a intervalos generalmente equidistantes y operan para mantener el espacio entre las láminas 50 térmicas adyacentes cuando se apilan adyacentes entre sí y cooperan para formar los pasillos 44 de las Figuras 2 y 3. Estos acomodan el flujo de aire o gas de combustión entre las láminas 50 térmicas.

Como se muestra en la Figura 4 las nervaduras 59 de separación se extienden paralelas a la dirección del flujo de aire (por ejemplo 0 grados) desde un primer extremo 52 de la lámina 50 de transferencia de calor hasta un segundo extremo 53 cuando pasan a través del rotor (12 de la Figura 1).

10 Las crestas 55 de ondulación en la técnica anterior están dispuestas en el mismo ángulo A0 con respecto a las nervaduras 59 y, por lo tanto, el mismo ángulo con respecto al flujo de aire indicado por las flechas marcadas "flujo de aire". (Dado que los gases de combustión fluyen en la dirección opuesta a la del aire, los ángulos para el flujo de gases de combustión diferirán de 180 grados). Las crestas 55 onduladas actúan para dirigir el aire cerca de la superficie en una dirección paralela a las crestas 55 y valles 57, causando inicialmente una turbulencia. Después de una distancia, el flujo de aire comienza a regularse y se asemeja al flujo laminar.

15 El flujo laminar significa que las capas de aire se estratifican y corren paralelas entre sí. Esto indica que el aire cerca de la superficie continuará estando cerca de la superficie a medida que se desplaza a lo largo de una lámina de transferencia de calor. Una vez que el aire cerca de la superficie alcanza la temperatura de la superficie, hay poca transferencia de calor entre los mismos. Cualquier transferencia de calor para otras capas debe pasar ahora a través de la capa cerca de la superficie, ya que no entran en contacto directo con la lámina 50 de transferencia de calor. La transferencia de calor desde la capa laminar de aire a una capa adyacente de aire no es tan eficiente como la transferencia de calor del aire a la superficie metálica.

20 Como se muestra en las Figuras 5 a 7, la superficie 71 ondulada tiene ondulaciones paralelas crestas 75 y valles 77 que forman un primer ángulo A1 agudo con respecto a las nervaduras 59 de separación. La superficie 81 de ondulación también tiene crestas 85 y valles 87 que forman un segundo ángulo A2 obtuso con respecto a las nervaduras 59 de separación. El patrón repetido se identifica como "R". En esta placa, a medida que el aire pasa a lo largo de la superficie, se dirige alternativamente en direcciones opuestas a lo largo de la lámina 70 de transferencia de calor.

30 Se cree que los pasillos 79 entre las crestas 75, 85 de placas adyacentes redirigen constantemente el flujo del aire primero hacia la derecha, luego a la izquierda, luego vuelta a la derecha, etc. Se cree que esta constante redirección interrumpe el flujo laminar y provoca más turbulencia que la realización mostrada en la Figura 4. Por lo tanto, diferentes capas de aire entrarán ahora en contacto directo con la superficie metálica de la lámina 70. Se cree que esto aumenta la transferencia de calor.

Los ángulos mostrados en las figura son únicamente para propósitos ilustrativos. Debe entenderse que la invención abarca una amplia variedad de ángulos.

35 Aunque en la presente memoria solamente se muestran dos superficies de ondulación, se entiende que también se pueden añadir varias superficies de ondulación con diferentes ángulos.

Hay secciones en las Figuras 6 y 7 en las que el paso es recto. Uno puede aumentar aún más la transferencia de calor al proporcionar un diseño que no tiene secciones rectas y exhibe una redirección constante para aumentar la eficiencia.

40 Las Figuras 8 y 9 muestran una realización de una lámina 90 de transferencia de calor que tiene un primer extremo 52 y un segundo extremo 53 y un eje 60 longitudinal que se extiende desde el primer extremo 52 hasta el segundo extremo 53, según la presente invención. La lámina 90 de transferencia de calor tiene al menos una superficie 91 de ondulación. La superficie 91 de ondulación tiene una pluralidad de crestas 95 y valles 97. Como se ve desde arriba, las crestas 95 y los valles 97 tienen una forma o patrón 94 sinusoidal que se extiende desde un primer lado 51 hasta un segundo lado. En algunos patrones 94 sinusoidales compiten uno o más períodos T. Los patrones 94 sinusoidales en lados opuestos de las nervaduras 59 de separación están 180 grados fuera de fase. También se pueden usar otras fases y períodos que están dentro del alcance de la presente invención.

45 Las crestas 95 y valles 97 crean pasillos 99 sinusoidales cuando las láminas 90 de transferencia de calor están ubicadas una contra la otra en la cesta. La constante redirección del aire a medida que pasa a través de los pasillos 99 sinusoidales reduce el flujo laminar, aumentando así la turbulencia y aumentando la eficiencia de transferencia de calor.

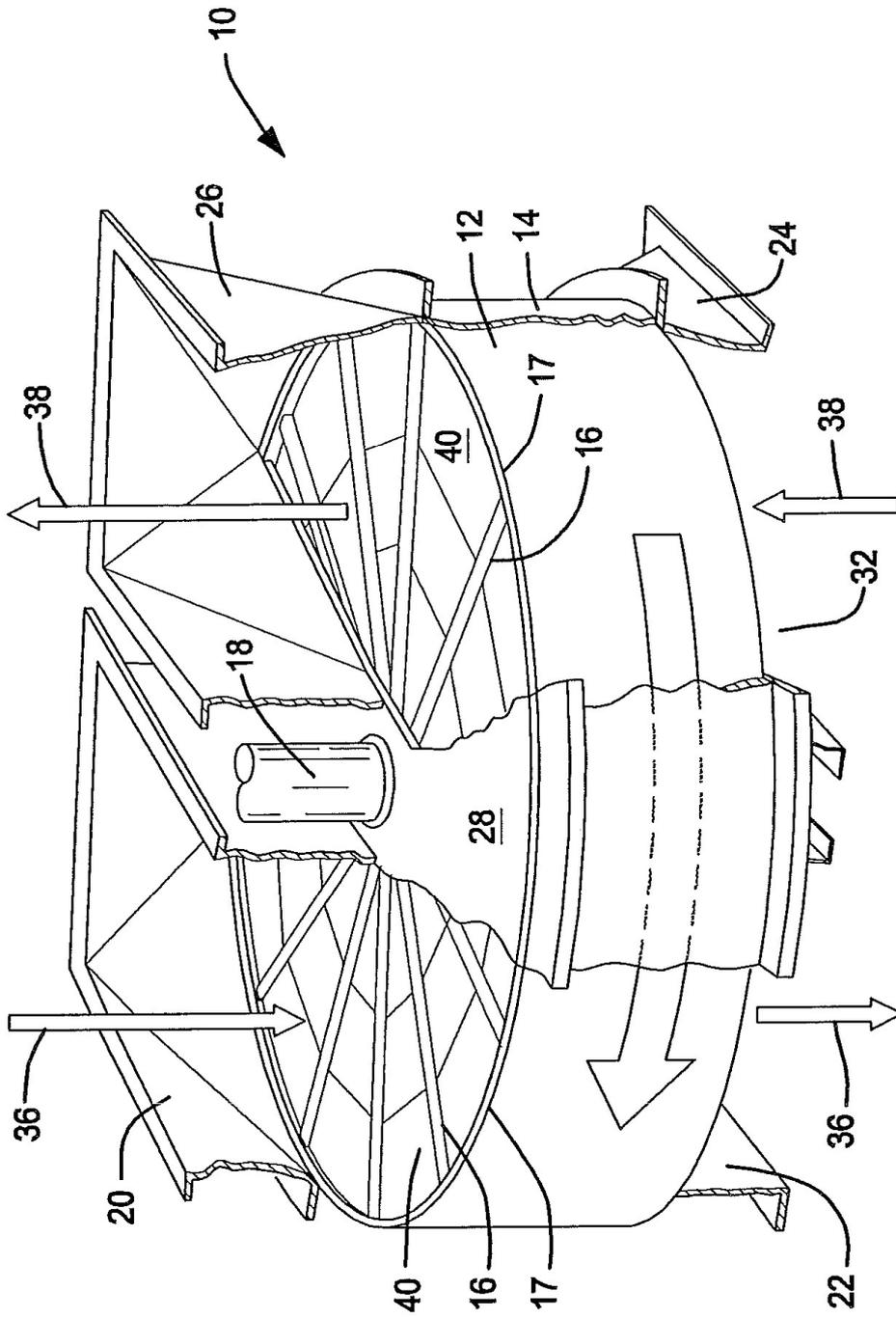
En algunos lugares, solo se forman formas 98 sinusoidales parciales. Los patrones 94 sinusoidales no se limitan a tener un período constante T para todos los patrones 94 y cada sección está desfasada 180 grados con respecto a la siguiente sección. El desplazamiento (ángulo de fase) de los patrones sinusoidales también puede diferir entre sí.

55 Aunque la invención se ha descrito con referencia a ejemplos de realizaciones, los expertos en la técnica entenderán

5 que pueden realizarse diversos cambios y pueden sustituirse láminas de transferencia de calor sin apartarse del alcance de la invención. Además los expertos en la técnica apreciarán muchas modificaciones para adaptar un instrumento, situación o material particular a las enseñanzas de la invención sin apartarse del alcance esencial de la misma. Por lo tanto, se pretende que la invención no se limite a una realización particular descrita como el mejor modo contemplado para llevar a cabo esta invención, sino que la invención incluirá todas las realizaciones que estén dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

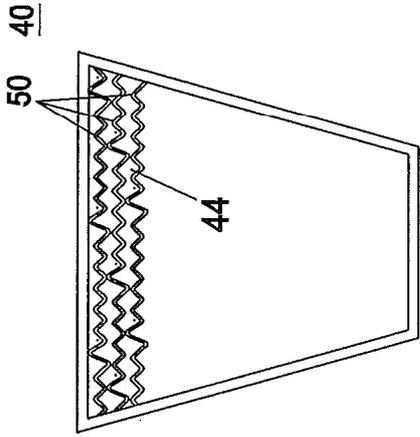
**REIVINDICACIONES**

1. Una lámina (90) de transferencia de calor que comprende:
- 5 una pluralidad de crestas (95) y valles (97) formadas al menos con un patrón (94) sinusoidal parcial, que se extiende desde un primer extremo (52) hasta un segundo extremo (53), orientado de tal manera que un fluido que pasa desde el primer extremo (52) hasta el segundo extremo (53) se redirige al menos parcialmente de manera alternativa entre una primera dirección y una segunda dirección a través de una pluralidad de crestas (95) y valles (97); y
- 10 una pluralidad de características (59) de separación de láminas que se extienden a lo largo de las láminas (90) de intercambio de calor paralelas a la dirección del flujo de fluido desde el primer extremo (52) hasta el segundo extremo (53) y colocadas a intervalos separados generalmente de forma equitativa, de tal manera que la pluralidad de crestas (95) y valles (97) están configuradas entre pares de características (59) de separación de láminas y la pluralidad de crestas (95) y valles (97) son paralelas entre sí y orientadas en un ángulo que varía continuamente con respecto a las características (59) de separación de láminas.
2. La lámina (90) de transferencia de calor de la reivindicación 1 en la que el patrón (94) sinusoidal comprende varios períodos, T.
- 15 3. La lámina (90) de transferencia de calor de la reivindicación 1 en la que al menos una parte de crestas (95) se extienden menos que un período sinusoidal completo, T.
4. La lámina (90) de transferencia de calor de la reivindicación 1 en la que hay al menos dos patrones (94) sinusoidales que están desfasados entre sí.
- 20 5. La lámina (90) de transferencia de calor de la reivindicación 4 en la que al menos dos patrones (94) sinusoidales están un período T completo desfasados.
6. La lámina de transferencia de calor de la reivindicación 4 en la que al menos un patrón (94) sinusoidal tiene un período T que es diferente del de al menos otro patrón (94) sinusoidal.
- 25 7. La lámina (90) de transferencia de calor de la reivindicación 1 en la que se crean pasillos (99) bajo las crestas (95) de las superficies onduladas cuando se colocan contra otra superficie de ondulación de otra lámina de transferencia de calor.
8. Una cesta (40) para un intercambiador (10) de calor regenerativo rotativo, la cesta (40) que comprende:
- un bastidor (41); y
- al menos una lámina (90) de transferencia de calor según la reivindicación 1.
- 30 9. La cesta de la reivindicación 8 en la que el patrón (94) sinusoidal de la lámina de transferencia de calor comprende varios períodos, T.
10. La cesta de la reivindicación 8 en la que el patrón (94) sinusoidal de la lámina de transferencia de calor comprende al menos un período sinusoidal completo, T.
11. La cesta de la reivindicación 8 en la que la lámina (90) de transferencia de calor tiene varios patrones sinusoidales que están desfasados entre sí.
- 35 12. La cesta de la reivindicación 8 en la que la lámina (90) de transferencia de calor tiene al menos dos patrones sinusoidales que tienen un período T sinusoidal diferente.



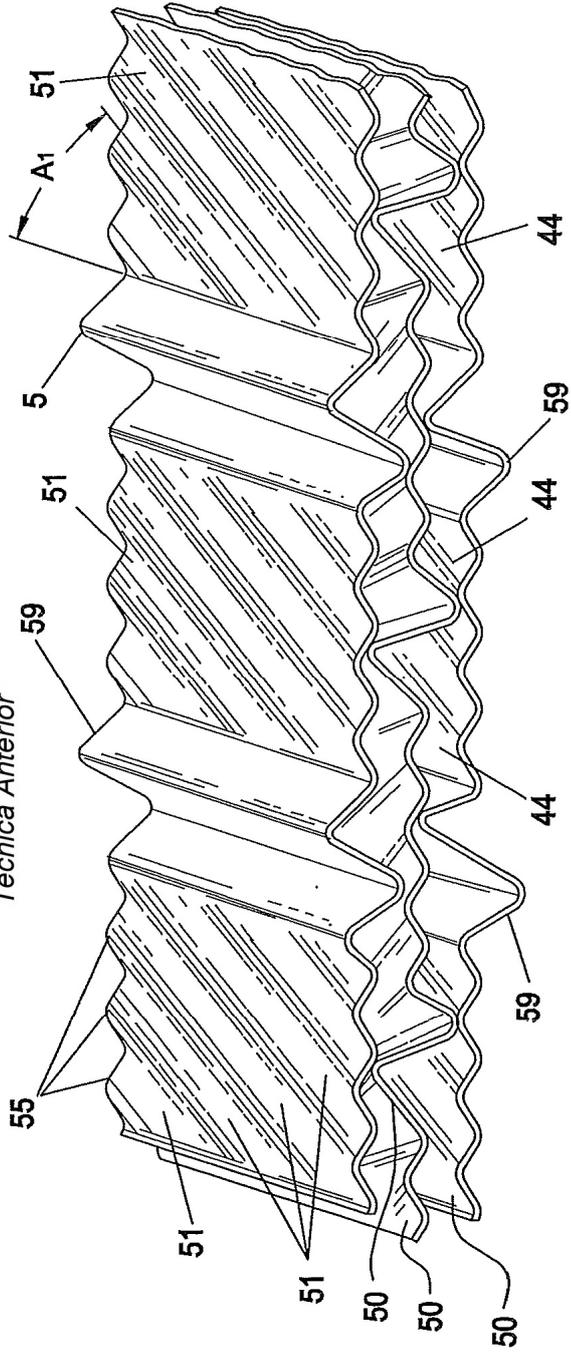
**FIG. 1**

*Técnica Anterior*



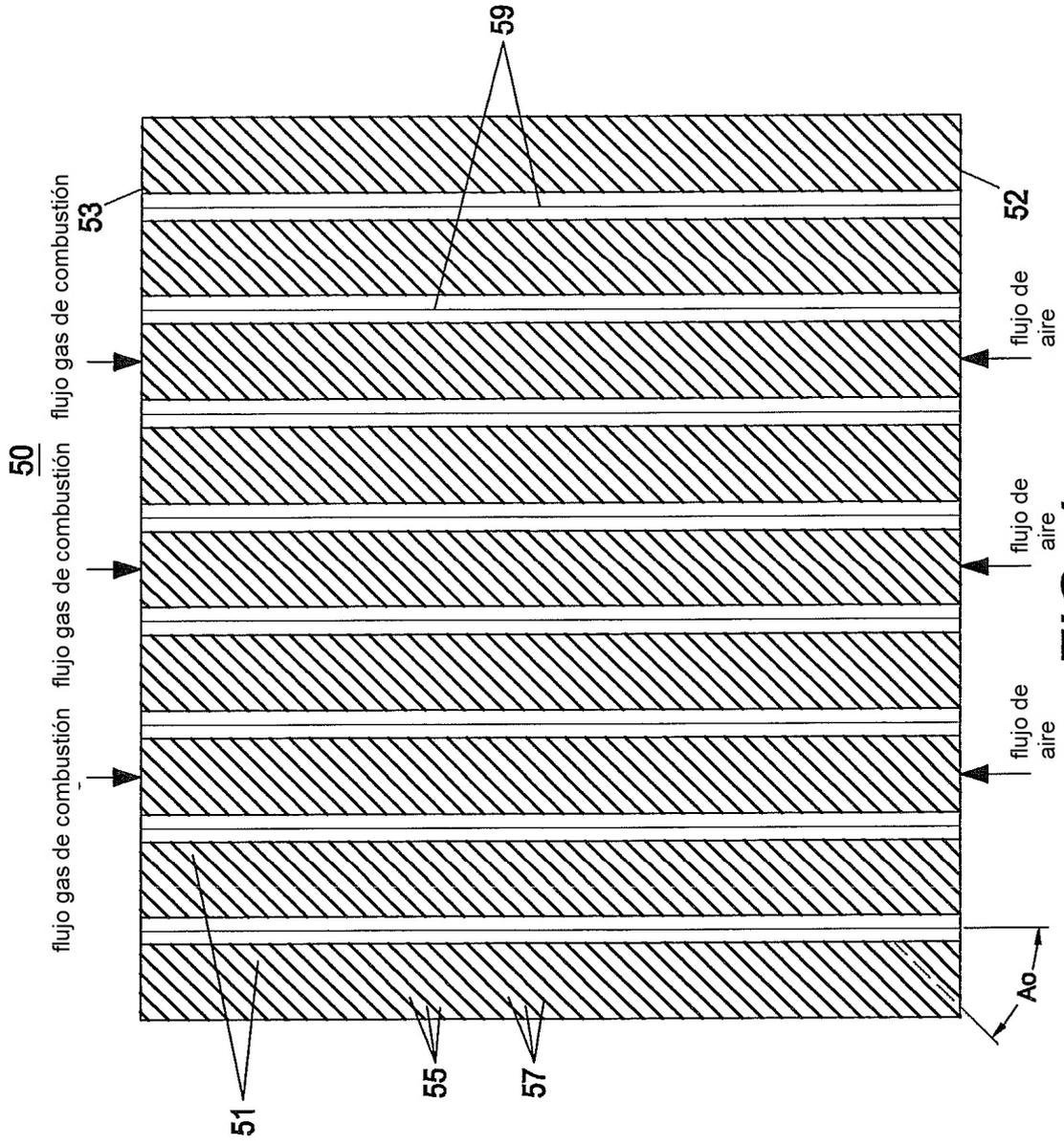
**FIG. 2**

Técnica Anterior



**FIG. 3**

Técnica Anterior



**FIG. 4**

Técnica Anterior

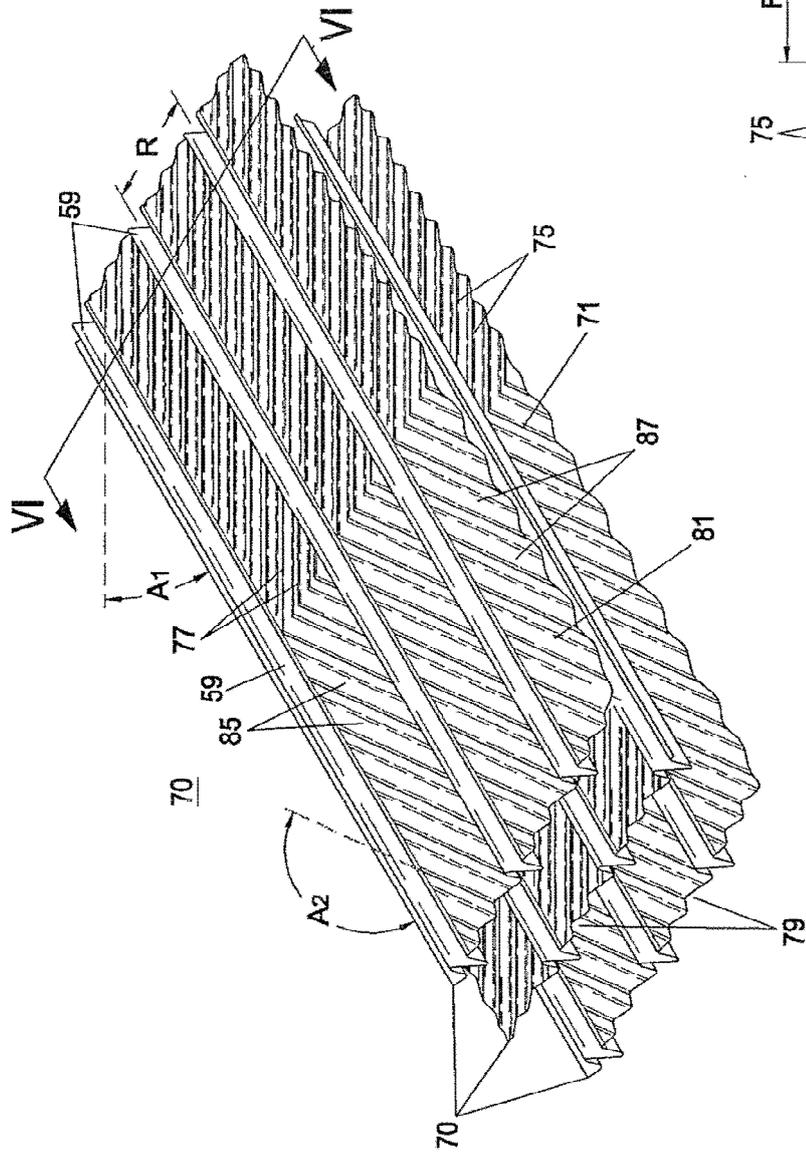


FIG. 5

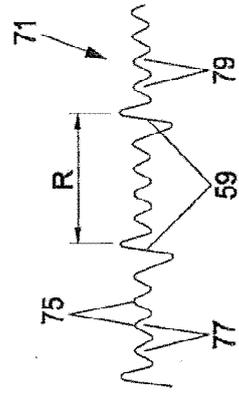


FIG. 6



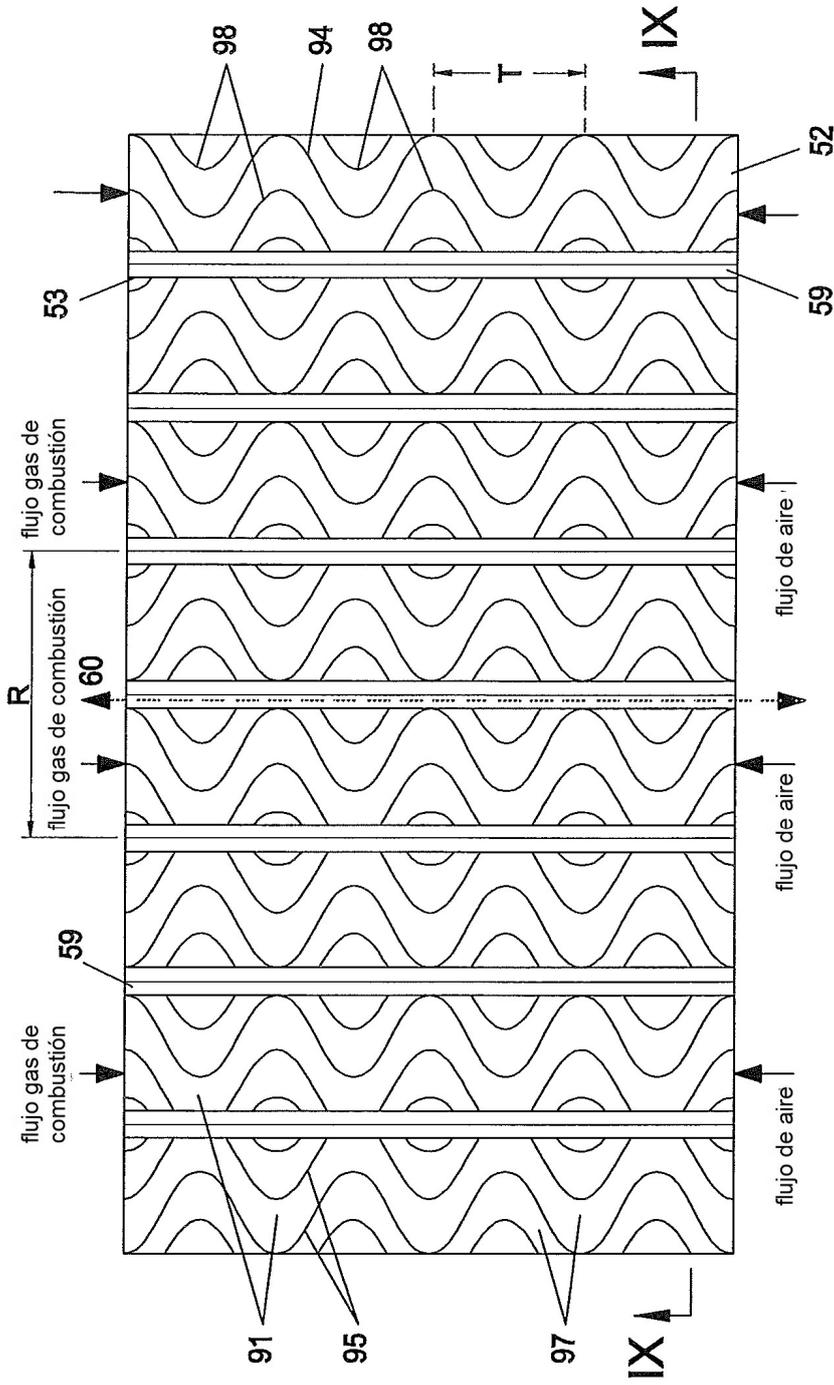


FIG. 8

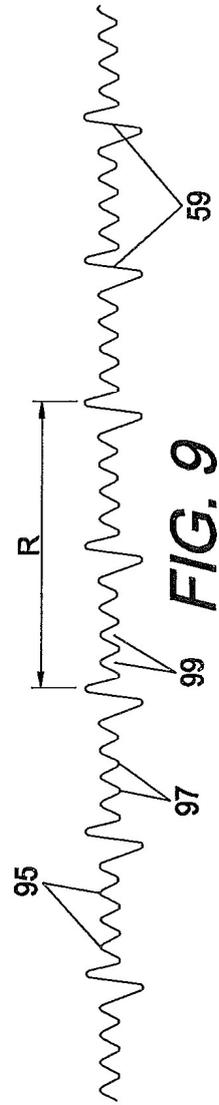


FIG. 9