

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 546 645**

51 Int. Cl.:

**F23C 6/04** (2006.01)

**F23D 14/84** (2006.01)

**F23D 17/00** (2006.01)

**F22B 21/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.01.2006 E 06718277 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.07.2015 EP 1836439**

54 Título: **Medios de matriz para reducir el volumen de combustión**

30 Prioridad:

**12.01.2005 US 643219 P**

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

**25.09.2015**

73 Titular/es:

**BABCOCK & WILCOX POWER GENERATION  
GROUP, INC. (100.0%)  
20 South Van Buren Avenue  
Barberton OH 44203-0351, US**

72 Inventor/es:

**STREMPEK, JOSEPH ROBERT y  
LENZER, RONALD C.**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 546 645 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**

Medios de matriz para reducir el volumen de combustión

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere, en general, a la combustión de combustible fósil, y en particular, a un aparato para la combustión de combustible gaseoso en una caldera de generación de vapor.

10 Antecedentes de la invención

Los quemadores de combustible fósil convierten la energía química almacenada en los combustibles fósiles en calor térmico quemando el combustible fósil en presencia de un oxidante. En las aplicaciones de generación de potencia, el calor térmico puede transferirse al agua para producir vapor para impulsar turbinas productoras de electricidad. En aplicaciones que no generan potencia, el calor térmico puede transferirse a cualquier número de objetos o de procesos concebibles.

15 Las calderas de generación de vapor convencionales comprenden, en general, uno o más quemadores, uno o más puntos de inyección de combustible, uno o más puntos de inyección de oxidante y un medio para propulsar el combustible y el oxidante inyectados en un horno de combustión. Tras la ignición de la mezcla de oxidante/combustible (Figura 1) se forma una envoltura de combustión 4 que comprende una llama 3 y una zona de mezcla de oxidante/combustible 2 entre la llama 3 y el quemador 1.

20 Las Figuras 2 y 3 son representaciones esquemáticas de calderas de generación de vapor convencionales que utilizan un único quemador y múltiples quemadores, respectivamente. Las paredes interiores 10 comprenden una pluralidad de tubos que generan vapor 6 conectados fluidamente a un banco de calderas (no mostrado). La energía térmica producida dentro de la envoltura de combustión 4 calienta radiantemente los tubos 6 que a su vez dirigen la energía térmica al agua de los tubos 6 con el fin de generar vapor.

25 En muchas calderas de generación de vapor, la longitud y la anchura de la envoltura de combustión 4 juegan un papel integral en el diseño del horno de combustión 5. En las calderas FM, por ejemplo, el horno de combustión 5 preferentemente se diseña lo suficientemente grande para evitar el contacto excesivo de la envoltura de combustión 4 con las paredes del horno 10. También conocido como impacto de la llama, visto en la Figura 3, un contacto excesivo de la llama 3 con una pared del horno 10 puede dar como resultado una combustión incompleta, dando lugar a mayores emisiones de CO y de otros productos secundarios de la combustión, o la degradación prematura, dando lugar a reparaciones costosas y a tiempo de inactividad de la caldera. En consecuencia, los hornos de combustión 5 se diseñan generalmente para acomodar una envoltura de combustión 4 quemadora dada minimizando la posibilidad del impacto de la llama.

30 Los quemadores convencionales, en general, utilizan mecanismos de control del caudal para controlar la expansión axial y radial de la envoltura de combustión 4. La expansión radial de la envoltura de combustión 4 es generalmente una función para crear un remolino y la expansión natural del combustible, del oxidante y de la llama. Algunos diseños de quemadores convencionales utilizan mecanismos de control de flujo para restringir la expansión radial natural de la envoltura de combustión 4, dando como resultado una llama más estrecha más larga. Las fuerzas de cizalla creadas por los mecanismos de control de flujo pueden usarse también para influenciar el grado de mezcla de oxidante/combustible antes de la combustión, de este modo teniendo un efecto en las emisiones tales como CO y NOx.

35 La disponibilidad de oxidante y de combustible y su capacidad para mezclarse antes de la combustión influye en la longitud de una envoltura de combustión 4 dentro de un horno de combustión 5. Las llamas más largas resultan generalmente de un suministro insuficiente de oxidante o de la mezcla inadecuada del oxidante y del combustible dentro de la envoltura de combustión 4. Las llamas más cortas resultan generalmente de un suministro suficiente de oxidante y de una mezcla adecuada del oxidante y del combustible dentro de la envoltura de combustión 4. La longitud de la llama puede estar influenciada también por la velocidad a la que las corrientes de combustible y/o de oxidante entran a la envoltura de combustión 4. Las velocidades excesivas o las interrupciones momentáneas de las corrientes de combustible y/o de oxidante pueden producir que la llama del quemador 3 pierda la ignición. Tal pérdida de ignición es especialmente indeseable, ya que puede dar como resultado una acumulación de combustibles susceptible a la explosión violenta tras la reignición.

40 El Departamento de Energía de los EE.UU. ha articulado que existe una necesidad detectada desde hace tiempo para reducir el tamaño y el peso de las calderas de generación de vapor tales como calderas industriales. Las calderas de generación de vapor convencionales se construyen para acomodar el tamaño de la envoltura de combustión 4 producida. En consecuencia, existe una necesidad detectada desde hace tiempo para desarrollar una envoltura de combustión 4 capaz de producir suficiente energía térmica para la producción de vapor en un volumen significativamente más pequeño, permitiendo de este modo la producción de diseños de calderas de generación de vapor más pequeñas, más ligeras y más compactas.

- 5 El documento US 2 362 972 describe un quemador de gas que tiene una cámara de mezcla en un extremo y que tiene su extremo opuesto abierto; medios para introducir gas y aire dentro de dicha cámara; envase poroso no combustible en el extremo abierto de dicho quemador a través del que difunde la mezcla de gas-aire; una caja aislada que forma una cámara de combustión primaria en la que se proyecta el extremo abierto del quemador; medios para admitir aire secundario en la cámara de combustión; dicha caja que forma también una cámara de combustión secundaria adyacente a dicha cámara primaria; y una capa porosa relativamente gruesa de material no combustible que separa dichas cámaras de combustión primaria y secundaria y adaptada para calentarse a un alto grado por los productos de combustión.
- 10 Sumario de la invención
- Se exponen aspectos y realizaciones particulares en la reivindicación independiente y en las reivindicaciones dependientes adjuntas.
- 15 La presente invención resuelve los problemas anteriormente mencionados y proporciona una caldera de generación de vapor capaz de prender fuego a combustibles líquidos, combustibles gaseosos o cualquier combinación de los mismos.
- 20 Un objeto de la presente invención es proporcionar una caldera de generación de vapor compacta.
- Otro objeto de la presente invención es proporcionar una caldera de generación de vapor con una envoltura de combustión radialmente más amplia y axialmente más corta que aquella de las calderas de generación de vapor convencionales.
- 25 Otro objeto de la presente invención es proporcionar una caldera de generación de vapor de bajo NOx y de bajo CO.
- Otro objeto de la presente invención es proporcionar una caldera de generación de vapor capaz de mantener pasivamente una fuente de ignición constante.
- 30 Todavía otro objeto de la presente invención es proporcionar un medio para diseñar una caldera de generación de vapor de tamaño y peso reducidos en comparación con aquellos de una caldera de generación de vapor convencional.
- 35 La presente invención desvela una caldera de generación de vapor. Una caldera de generación de vapor de acuerdo con la presente invención comprende un horno de combustión (5), una entrada de oxidante, una entrada de combustible, un medio de matriz (8) y tubos de vapor (6).
- 40 Las diversas características que caracterizan la presente invención se señalan con particularidad en las reivindicaciones adjuntas a y que forman parte de la presente divulgación. Para un mejor entendimiento de la invención, sus ventajas de funcionamiento y los objetos específicos logrados por sus usos, se hace referencia a los dibujos que acompañan y a la materia descriptiva en la que se ilustran las realizaciones preferidas de la invención.
- Breve descripción de los dibujos
- 45 En los dibujos adjuntos, que forman una parte de la presente memoria descriptiva y en los que los números de referencia mostrados en los dibujos designan partes iguales o correspondientes a través de los mismos:
- 50 La Figura 1 es una representación esquemática de una envoltura de combustión.
- La Figura 2 es una representación esquemática de una caldera industrial convencional que utiliza un quemador único.
- 55 La Figura 3 es una representación esquemática de una caldera industrial convencional que utiliza más de un quemador.
- La Figura 4 es una representación esquemática de una envoltura de combustión indeseable en la que el contacto excesivo de la llama se da a lo largo de la longitud y de la anchura del horno de combustión.
- 60 La Figura 5 es una realización de la presente invención, en la que un medio de matriz se adapta en el horno de combustión de una caldera de generación de vapor existente.
- La Figura 6 es una ilustración de una realización de la presente invención en la que un combustible y un oxidante se introducen aguas arriba de un medio de matriz.
- 65 La Figura 7 es una ilustración de una realización de la presente invención en la que un combustible y un oxidante se introducen en los lados de un medio de matriz.

La Figura 8 es una ilustración de una realización de la presente invención en la que un combustible y un oxidante se introducen tanto en el frente como en el lado o lados de un medio de matriz.

5 La Figura 9 es una realización de un medio de matriz de acuerdo con la presente invención, en la que se ilustran secciones transversales de la matriz.

La Figura 10 es una representación gráfica de una realización de la presente invención donde dos medios de matriz se usan para facilitar la combustión por etapas.

10 La Figura 11 es una representación gráfica de una realización de combustión por etapas de la presente invención en la que se usa enfriamiento entre etapas en una caldera de combustión por etapas de dos medios de matriz.

15 La Figura 12 es una ilustración gráfica de un ejemplo de un medio de matriz no de acuerdo con la presente invención.

La Figura 13 es una ilustración gráfica de otro ejemplo de un medio de matriz no de acuerdo con la presente invención.

20 Descripción de las realizaciones preferidas

25 La presente invención utiliza una combinación de características para mejorar el diseño de las calderas de generación de vapor de aceite y de gas quemados convencionales. Las calderas de generación de vapor de aceite y de gas quemados convencionales incluyen, pero no están limitadas a: FM, FM de Alta Capacidad, PFM, PFI, PFT, SPB y RB; todas que se describen en el Capítulo 27 de Steam/its Generation and Use, 41ª Edición, Kitto y Stultz, Eds., © 2005 The Babcock & Wilcox Company.

30 Para los fines de explicar la presente invención, se usan en el presente documento vistas esquemáticas de una caldera FM. Sin embargo, como un experto en la materia puede apreciar, el intento de utilizar esquemas de una caldera FM es meramente por razón de ejemplo y no se entiende que limita la presente invención a las realizaciones de la caldera FM.

35 Con referencia a las Figuras 2 y 3, se muestran representaciones esquemáticas de las calderas FM de la técnica anterior. Dentro de la caldera FM una pared deflectora 20 separa un horno de combustión 5 de un banco de calderas (no mostrado). La envoltura de combustión 4 se localiza dentro del horno de combustión 5. El combustible y el oxidante se envían al quemador 1, produciendo una envoltura de combustión 4 tras la ignición.

40 Las paredes interiores 10 del horno de combustión comprenden una serie de tubos 6 conectados fluidamente a un tambor de vapor 7, que produce vapor usado para los procesos de fines de generación eléctrica. La forma de difusión cónica de la envoltura de combustión 4 da como resultado un volumen del horno de combustión sin usar significativo a lo largo del lado de la envoltura de combustión 4 conforme se expande.

45 Un objeto de la presente invención es reducir el volumen del horno de combustión sin usar. La presente invención proporciona una matriz 8, localizada dentro de o bien antes de la llama de la envoltura de combustión. Con referencia a la Figura 5, se muestra una realización de adaptación de la presente invención. La matriz 8 se localiza con el horno de combustión 5 aguas abajo del quemador 1. El combustible y el oxidante entran a la matriz 8, en la que el diseño en sección transversal de la matriz 8 proporciona un medio para mezclar pasivamente las corrientes gaseosas y para dispersar radialmente la envoltura de combustión 9 resultante.

50 Se proporciona a la matriz 8 al menos una corriente de combustible gaseosa y al menos una corriente de oxidante gaseosa, o combinaciones de las mismas. Las corrientes gaseosas pueden entrar a la matriz 8 desde cualquier lado. La Figura 6 ilustra una realización preferida donde la corriente de combustible 12 y la corriente de oxidante 11 se introducen aguas arriba de la matriz 8. De manera alternativa, como se muestra en la Figura 7 y en la Figura 8, las corrientes gaseosas 11, 12 pueden entrar a la matriz 8 desde el lado o lados solamente o una combinación del frente y del lado o lados de la matriz 8.

55 Con referencia a la Figura 9, se ilustra una realización de una matriz 8 de acuerdo con la presente invención. En esta realización, el aparato de combustión es una matriz 8 que comprende al menos una capa de esferas. Las esferas pueden disponerse de manera aleatoria o bien ordenada dentro de la matriz 8. Las esferas pueden ser huecas, sólidas o porosas por naturaleza, o cualquier combinación de las mismas. Las esferas pueden variar en tamaño o ser de un tamaño sustancialmente similar. Las esferas comprenden un metal a alta temperatura capaz de resistir las temperaturas extremas a las que la matriz 8 puede exponerse durante la combustión de los combustibles fósiles.

60 Con referencia a la Figura 9, se identifican cuatro planos de matriz en sección transversal para representar esquemáticamente variaciones en área abierta para el flujo gaseoso que cruza la matriz 8. El plano 1 está

aproximadamente abierto el 46 por ciento, el plano dos está aproximadamente abierto el 31 por ciento, el plano 3 está aproximadamente abierto el 9 por ciento y el plano 4 está aproximadamente abierto el 58 por ciento.

Un objeto de la presente invención es la mezcla mejorada de las corrientes gaseosas. La mezcla mejorada se consigue en presencia de una matriz 8 que comprende al menos dos planos en sección transversal que tienen diferentes porcentajes de área abierta, como que un primer plano en sección transversal posea un mayor porcentaje de área abierta para el flujo gaseoso que un segundo plano en sección transversal. El plano 1 y el plano 2 de la Figura 9 son dos planos en sección transversal que tienen diferentes porcentajes de área abierta para el flujo gaseoso. Conforme las corrientes gaseosas pasan entre los dos planos, se encuentran un diferencial de presión forzando a las corrientes de gas a comprimirse o a expandirse; de este modo creando fuerzas de cizalla y mezclando las corrientes gaseosas. La mezcla superior proporcionada por la matriz 8 minimiza el CO y la necesidad de aire en exceso para completar la combustión.

Otro objeto de la presente invención es dispersar radialmente la envoltura de combustión. La dispersión radial se consigue en presencia de la matriz 8 que comprende al menos dos planos en sección transversal que tienen diferentes porcentajes de área abierta, en la que los dos planos se toman desde diferentes ejes, y un primer plano en sección transversal posee un porcentaje mayor de área abierta para el flujo gaseoso que un segundo plano en sección transversal. El plano 3 y el plano 4 de la Figura 9 son planos en sección transversal de diferentes ejes que tienen diferentes porcentajes de área abierta para el flujo gaseoso. Conforme las corrientes gaseosas se aproximan al plano 3, se encuentran resistencia debido al área abierta relativamente baja para el flujo gaseoso que cruza el plano 3, forzando a que una porción de gas cambie su vector hacia un plano de menor resistencia al flujo, tal como el plano 4; de este modo suprimiendo axialmente y dispersando radialmente la envoltura de combustión.

La presente invención proporciona un aparato de combustión que permite diseños de calderas de generación de vapor mejorados conservando una producción de calor similar. Haciendo referencia de nuevo a la Figura 5, se muestra una representación esquemática de la presente invención adaptada a una caldera FM de convención. La presente invención expande radialmente la envoltura de combustión 4, dando como resultado una envoltura de combustión 9 más corta, en la que el volumen de combustión sin usar se desplaza aguas abajo de la envoltura de combustión 9. En las aplicaciones de adaptación, puede colocarse equipo generador de vapor adicional en el volumen de combustión sin usar, de este modo maximizando el potencial de generación de energía.

Un beneficio de reducir la profundidad de un horno de combustión es la capacidad de desarrollar nuevos diseños de caldera compactos sin sacrificar la salida de calor. Los hornos de combustión 5 en las calderas de generación de vapor se diseñan generalmente para acomodar una envoltura de combustión 4 dada minimizando el riesgo del impacto de la llama. El acortamiento de la envoltura de combustión 4 permite una reducción significativa de la profundidad del horno a cualquier salida de calor dada. El uso de la presente invención reduce el tamaño de la caldera, por lo tanto el peso, ya que las calderas más pequeñas utilizan considerablemente menos materias primas para hacer las paredes y los tubos 6 de la caldera.

Una matriz 8 de acuerdo con la presente invención puede colocarse en cualquier lugar dentro de la envoltura de combustión 4. Preferentemente la matriz 8 se localiza dentro de la zona de mezcla 2 y será de una profundidad suficiente para permitir que la combustión empiece dentro de la matriz 8 y que las llamas de combustión 3 salgan de la matriz 8 aguas abajo de donde se introducen el combustible y el oxidante. En esta realización, la anchura de la llama se maximiza conforme la ignición de la corriente de combustible crea fuerzas expansivas, permitiendo la expansión radial adicional dentro de la matriz 8.

Un beneficio adicional de la presente invención es mantener pasivamente una fuente de ignición constante. En esta realización, la matriz 8 está comprendida por un material capaz de retener el calor térmico. Cuando una llama de otra manera perdería la ignición debido a las velocidades o a las fluctuaciones excesivas en las corrientes de combustible y/o de oxidante, el calor térmico retenido dentro de los elementos de la matriz proporciona una reserva térmica suficiente para mantener la ignición; de este modo evitando situaciones indeseables asociadas con la reignición retardada.

En otra realización de la presente invención, una caldera de generación de vapor puede utilizar más de una matriz 8. La Figura 10 es una representación gráfica de una realización de la presente invención donde se usan dos matrices para facilitar la combustión por etapas. En esta realización, una segunda matriz 14 se localiza aguas abajo de una primera matriz 8. La primera matriz 8 se proporciona con una corriente de combustible 18 y oxidante subestequiométrico 17 para inhibir la producción de productos secundarios de la combustión indeseables tales como NOx. Una segunda corriente de oxidante 13, que proporciona oxígeno suficiente para quemar el combustible que queda, se proporciona aguas abajo de la primera matriz 8 y aguas arriba de la segunda matriz 14.

La Figura 11 ilustra una realización alternativa de combustión por etapas de dos matrices de acuerdo con la presente invención. En esta realización, los tubos de enfriamiento 15 se localizan entre las dos matrices 8, 14 con el fin de controlar la temperatura de la llama y la formación de NOx térmicos. También puede localizarse una placa perforada 150 aguas arriba de la primera matriz 8, sirviendo para la función de actuar como un apagallamas y/o pre-distribuyendo el oxidante subestequiométrico 17.

En otra realización de la presente invención, un sensor 16 puede localizarse dentro del horno de combustión para observar el proceso de combustión dentro del horno de combustión 5.

- 5 En otra realización de la presente invención, un encendedor 160 puede localizarse dentro del horno de combustión para precalentar la matriz 8 o para encender un combustible y un oxidante.

10 La Figura 12 proporciona una representación gráfica de un ejemplo no de acuerdo con la invención. En este ejemplo la matriz 8 comprende un bloque aleatorio u ordenado de fibras o de partículas entrelazadas. Entre las fibras y las partículas de esta realización hay series de conductos internos que tienen secciones transversales de diversas áreas abiertas para el flujo gaseoso que proporcionan un medio para que las corrientes de combustible gaseoso y de oxidante se mezclen pasivamente y se dispersen radialmente dentro de la matriz 8. La sección A-A proporciona una vista en sección transversal de la presente realización.

15 La figura 13 proporciona una representación gráfica de otro ejemplo no de acuerdo con la invención. En este ejemplo la matriz 8 comprende piezas en llamas o equipadas con orificios de Venturi 19. Se muestra una vista expandida de una Sección B-B de esta realización donde las dimensiones en sección transversal de los orificios de Venturi 19 se muestran variando a lo largo de la profundidad de la matriz 8.

20 En otra realización de la presente invención, el oxidante y/el combustible pueden suministrarse a la matriz 8 en múltiples corrientes.

25 En otra realización más de la presente invención, las esferas pueden recubrirse con cualquier número de sustratos químicos conocidos por un experto en la materia con el fin de alterar la química del combustible, potenciar la combustión y reducir las emisiones contaminantes.

30 La matriz 8 por sí misma puede ser rectangular, circular o de cualquier otro diseño geométrico. Generalmente, los elementos de la matriz 8 de la presente invención se mantienen cautivos por un aparato adecuado para prevenir el movimiento entre las esferas. Los ejemplos de los aparatos adecuados son, pero no se limitan a, marcos de alambre y/o unión química o mecánicamente de los elementos de la matriz 8 entre sí.

35 En otro ejemplo más, pueden disponerse múltiples matrices en paralelo dentro de una caldera. En un ejemplo tal, múltiples combustibles pueden quemarse simultáneamente, de este modo proporcionando flexibilidad del combustible de combustión a los diseños de la caldera.

En otro ejemplo más, puede utilizarse aire forzado o ventiladores de recirculación para crear un diferencial de presión que cruce la matriz 8 para promover o bien restringir el flujo gaseoso a través de la misma.

**REIVINDICACIONES**

1. Una caldera de generación de vapor, que comprende:
  - 5 un horno de combustión (5) que tiene una pared deflectora (20) y una pluralidad de paredes del horno (10), comprendiendo cada pared del horno (10) una pluralidad de tubos de vapor (6) en conexión fluida con un tambor de vapor (7) localizado aguas abajo de la cámara de combustión, una primera entrada de oxidante para proporcionar un primer oxidante, una entrada de combustible para proporcionar un combustible,
  - 10 un primer medio de matriz (8) que comprende elementos metálicos esféricos para mezclar pasivamente el oxidante y el combustible, localizado en el lado opuesto de la pared deflectora (20) del tambor de vapor (7) y localizado aguas abajo de las entradas de oxidante y de combustible, en el que los bordes del primer medio de matriz (8) no entran en contacto con las paredes del horno (10) y con la pared deflectora (20).
- 15 2. La caldera de generación de vapor de la reivindicación 1, en la que el primer medio de matriz (8) dispersa radialmente una envoltura de combustible (4) producida prendiendo el combustible y el oxidante.
3. La caldera de generación de vapor de la reivindicación 2, en la que el primer medio de matriz (8) comprende una primera sección transversal que tiene un área abierta para el flujo gaseoso, una segunda sección transversal que tiene un área abierta para el flujo gaseoso y el área abierta para el flujo gaseoso que cruza la primera sección transversal es mayor que el área abierta para el flujo gaseoso que cruza la segunda sección transversal.
- 20 4. La caldera de generación de vapor de la reivindicación 3, en la que el primer medio de matriz (8) comprende adicionalmente una tercera sección transversal y el área abierta para el flujo gaseoso que cruza la tercera área en sección transversal es sustancialmente igual al área abierta para el flujo gaseoso que cruza la primera sección transversal.
- 25 5. La caldera de generación de vapor de la reivindicación 3, en la que el primer medio de matriz (8) comprende adicionalmente una tercera sección transversal y el área abierta para el flujo gaseoso que cruza la tercera área en sección transversal es mayor que el área abierta para el flujo gaseoso que cruza la segunda sección transversal.
- 30 6. La caldera de generación de vapor de la reivindicación 2, en la que la envoltura de combustión (4) protruye el medio de matriz aguas abajo de la entrada de inyección del combustible.
- 35 7. La caldera de generación de vapor de la reivindicación 6, en la que el primer medio de matriz (8) comprende una reserva térmica capaz de mantener la ignición del combustible y del primer oxidante.
8. La caldera de generación de vapor de la reivindicación 2, en la que la entrada del combustible está localizada dentro del primer medio de matriz (8).
- 40 9. La caldera de generación de vapor de la reivindicación 2, en la que la entrada del primer oxidante está localizada dentro del primer medio de matriz (8).
10. La caldera de generación de vapor de la reivindicación 2, que comprende adicionalmente una placa perforada (150) localizada aguas arriba del primer medio de matriz (8).
- 45 11. La caldera de generación de vapor de cualquier reivindicación anterior, que comprende adicionalmente,
  - 50 una segunda entrada de oxidante para proporcionar un segundo oxidante, y un segundo medio de matriz (14) que comprende elementos metálicos esféricos y localizado aguas abajo de la segunda entrada de oxidante para mezclar pasivamente el segundo oxidante y el combustible.
12. La caldera de generación de vapor de la reivindicación 11, que comprende adicionalmente tubos de enfriamiento (15) localizados entre el primer medio de matriz (8) y el segundo medio de matriz (14).
- 55 13. La caldera de generación de vapor de la reivindicación 11, que comprende adicionalmente un encendedor (160) localizado entre el primer medio de matriz (8) y el segundo medio de matriz (14).
- 60 14. La caldera de generación de vapor de la reivindicación 11, que comprende adicionalmente un sensor (16) localizado entre el primer medio de matriz (8) y el segundo medio de matriz (14).

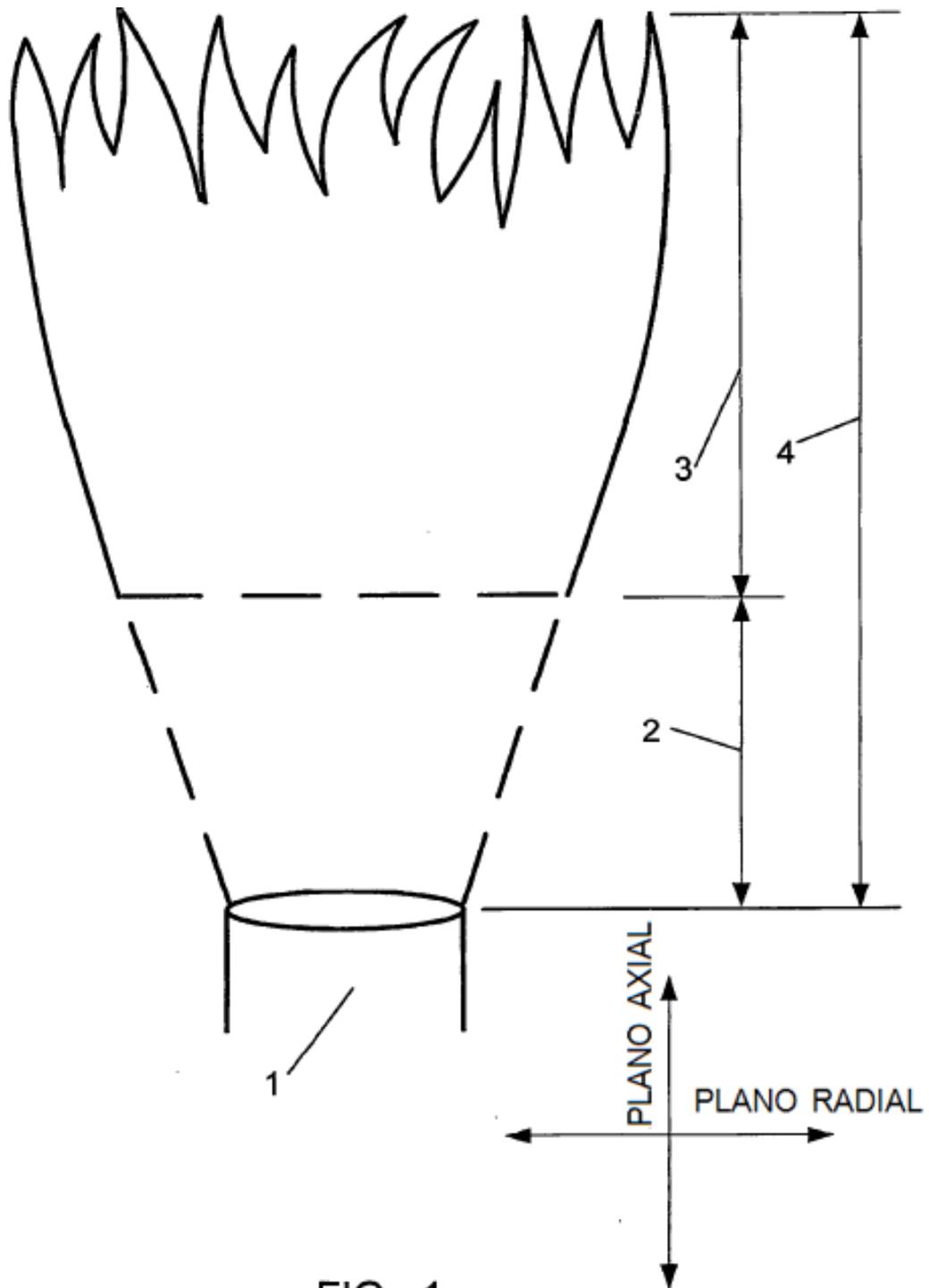


FIG. 1

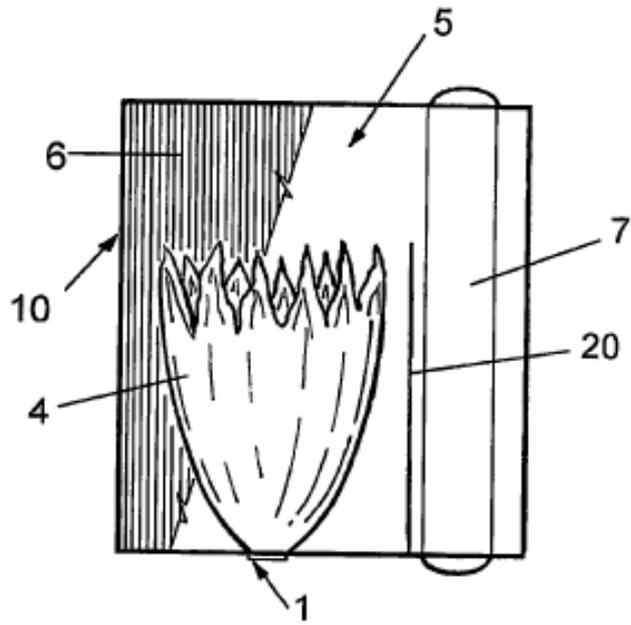


FIG. 2

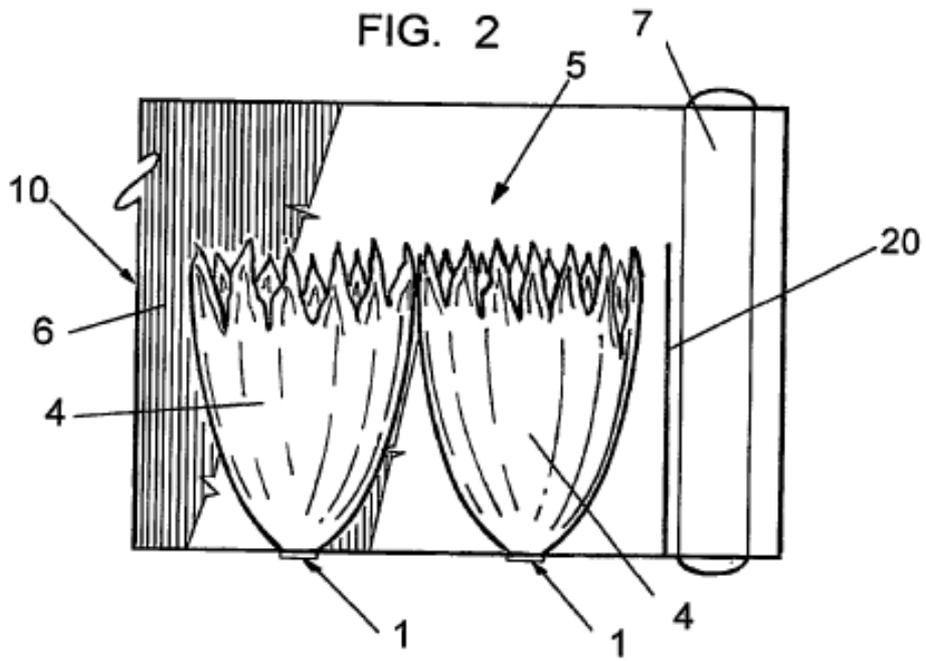


FIG. 3

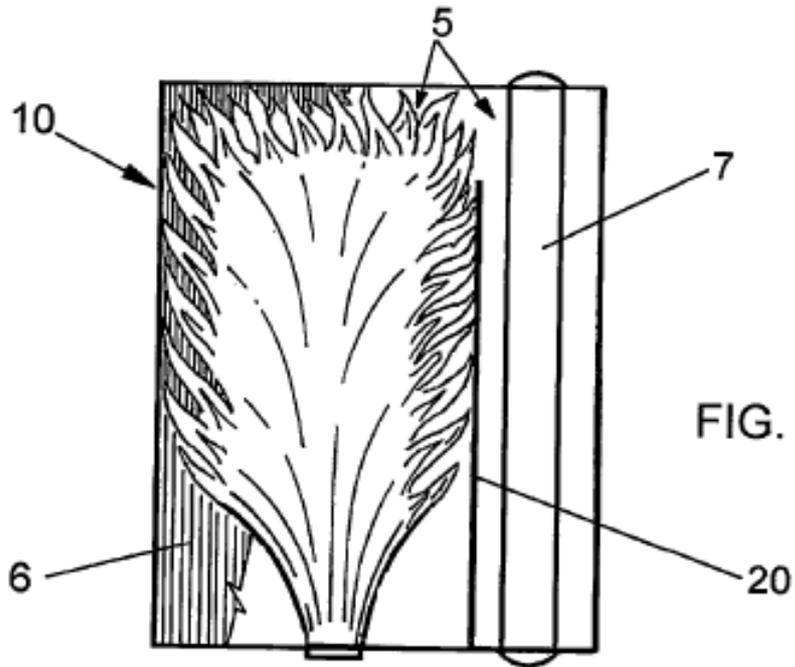


FIG. 4

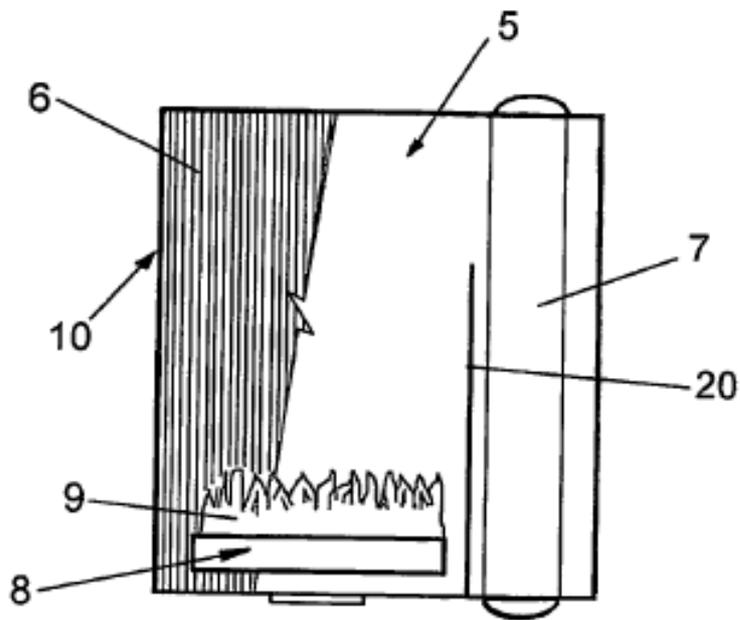
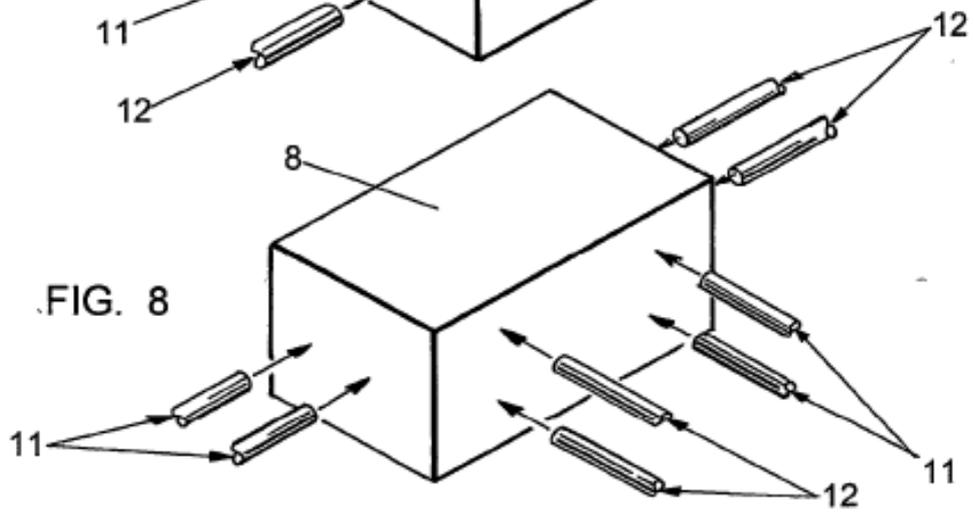
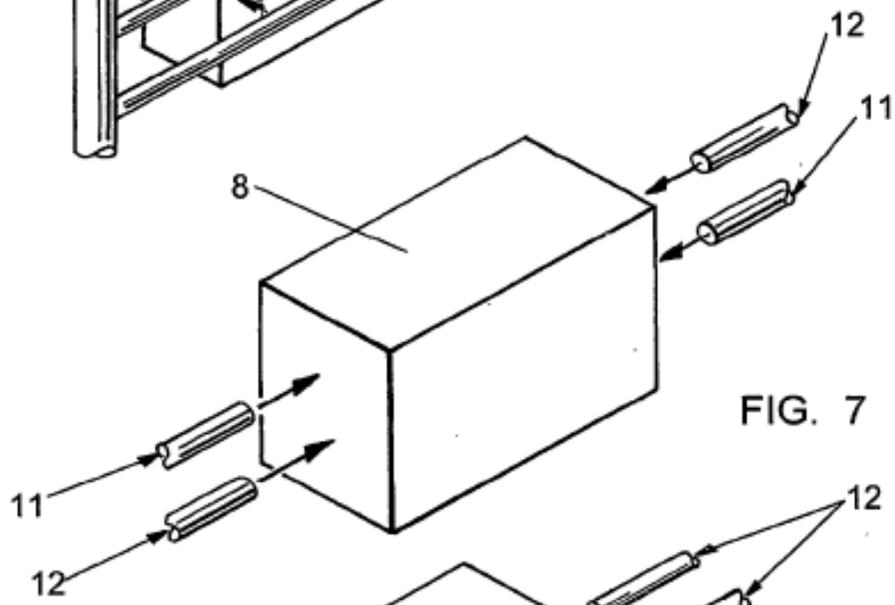
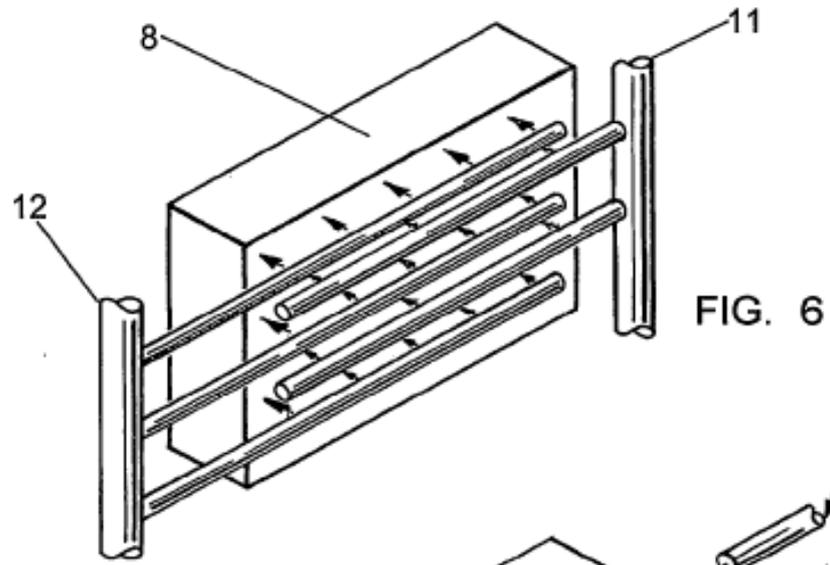
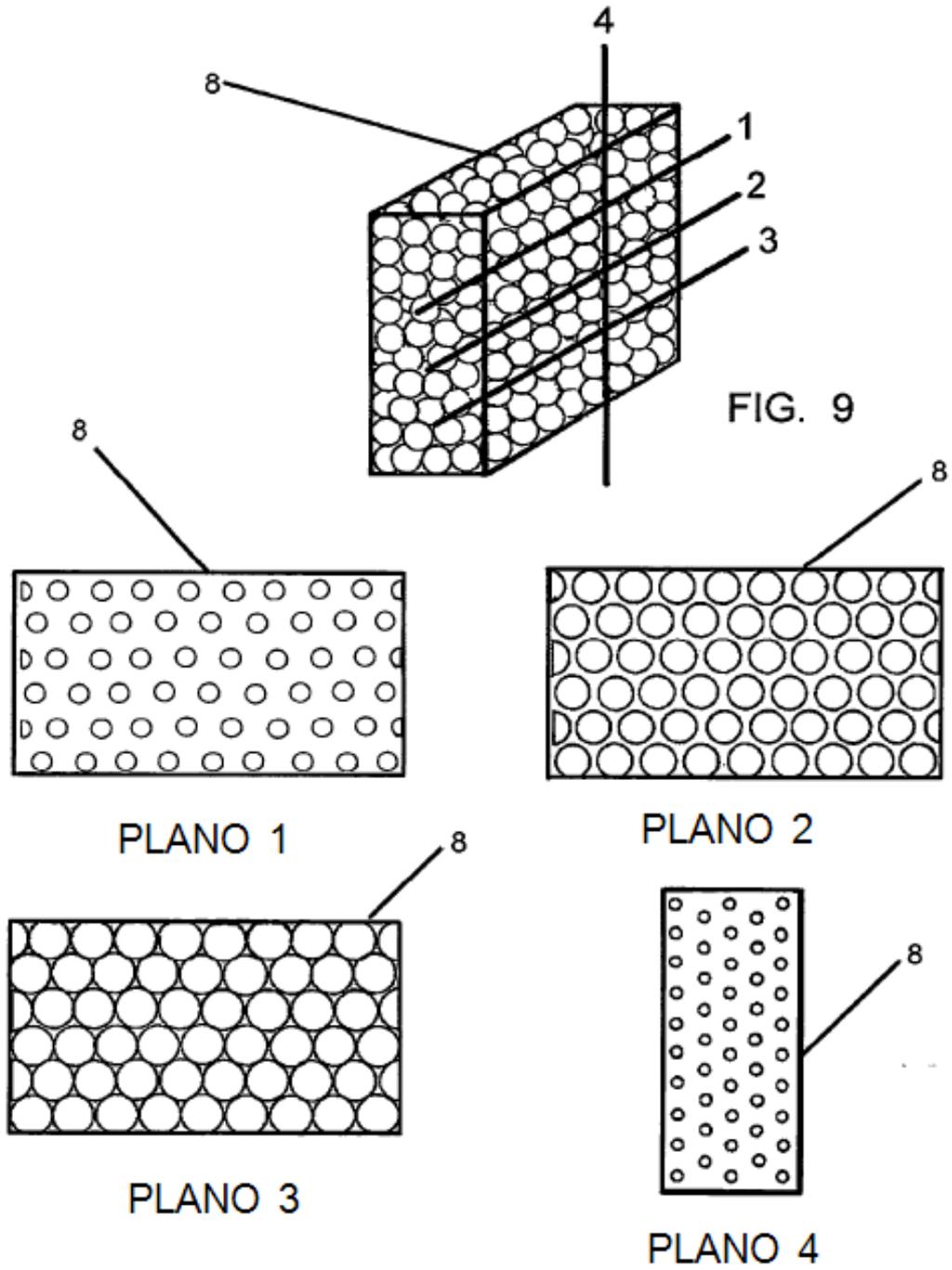


FIG. 5





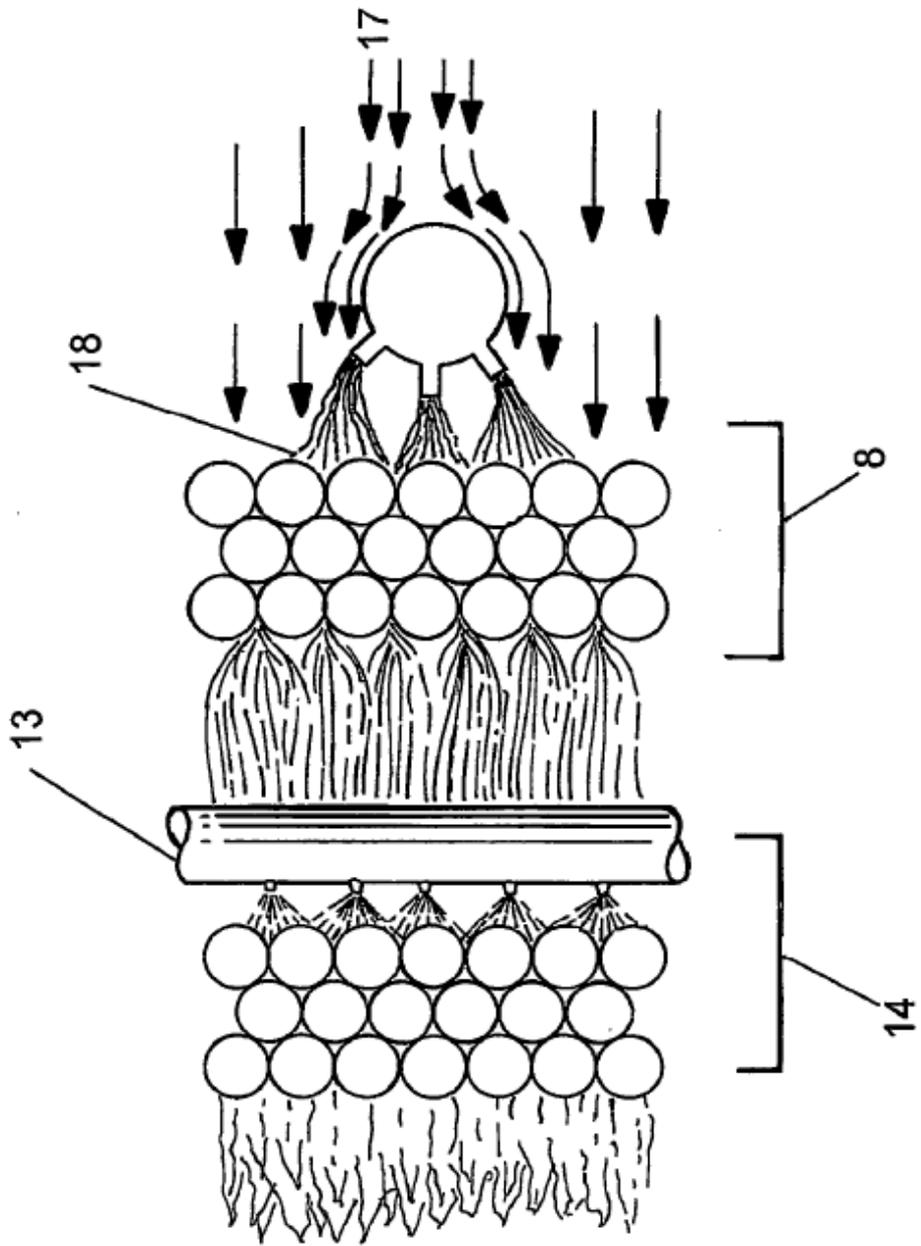


FIG. 10

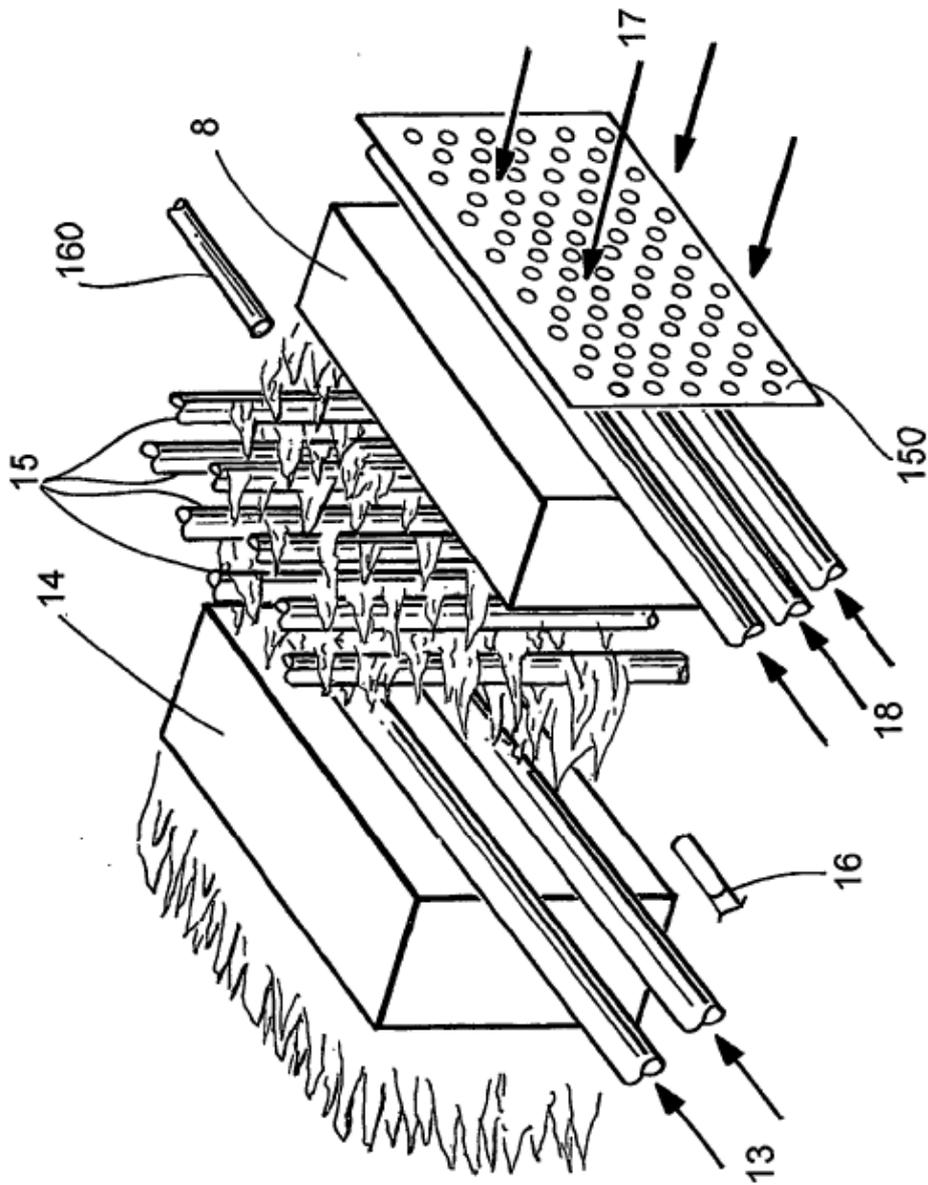


FIG. 11

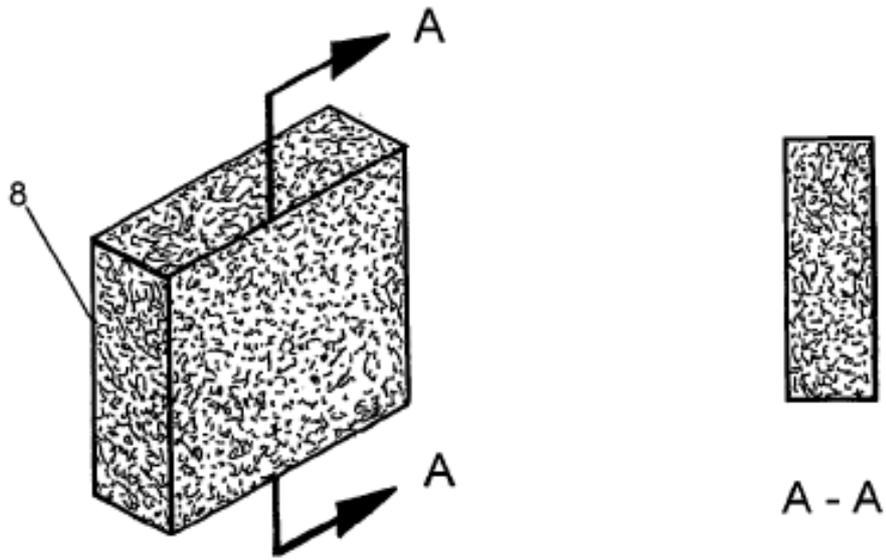


FIG. 12

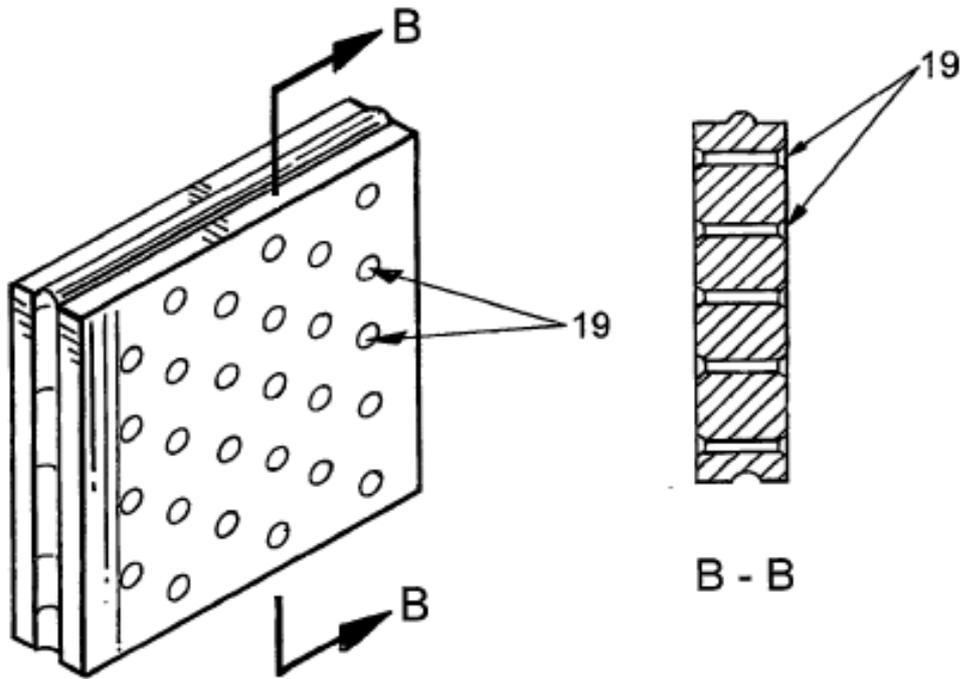


FIG. 13