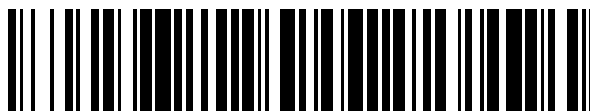


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 393 195**

51 Int. Cl.:
B01J 19/24
C01B 3/38

(2006.01)

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **05725200 .9**
96 Fecha de presentación: **09.03.2005**
97 Número de publicación de la solicitud: **1729877**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.12.2006**

54 Título: **Reformador modular con recuperación de calor mejorada**

30 Prioridad:
09.03.2004 US 551452 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.12.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.12.2012

73 Titular/es:
INTELLIGENT ENERGY, INC. (100.0%)
2955 REDONDO AVENUE
LONG BEACH, CA 90806, US

72 Inventor/es:
WOODS, RICHARD ROOT;
PORTER, BROOK F.;
IYER, RAHUL y
WESCHTA, LEONHARD M.

74 Agente/Representante:
LAZCANO GAINZA, Jesús

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).

ES 2 393 195 T3

DESCRIPCIÓN

Reformador modular con recuperación de calor mejorada

5 **Antecedentes****Campo de la invención**

10 La presente invención se refiere generalmente a los reformadores químicos y más particularmente a los reformadores térmicamente conducidos usados para la producción de hidrógeno, y más particularmente a los reformadores de hidrógeno alimentados por combustibles de hidrocarburos líquidos o gaseosos, combustibles orgánicos, e hidrógeno que contiene compuestos tales como amoníaco. El hidrógeno generado en el reformador se puede purificar o no y se puede usar para la integración con los sistemas de celdas de combustible y/o estaciones de realimentación de hidrógeno.

15 **Antecedentes**

20 El método térmico de reformado usa un reactor de energía térmica para descomponer el combustible en hidrógeno y otros compuestos. Esta descomposición se hace típicamente en presencia de un catalizador pero no tiene que incluir los catalizadores. Los combustibles orgánicos e hidrocarburos se descomponen típicamente en presencia de agua y producen típicamente hidrógeno, dióxido de carbono, y monóxido de carbono. Los reformadores del tipo de descomposición térmica típicamente no usan agua, y por lo tanto, producen también carbono sólido o nitrógeno si se utiliza el amoníaco como el combustible. El reformador térmico más típico usado en la industria es un reactor de tipo reformador de vapor, pero otros reactores pueden incluir también oxígeno, los cuales se conocen como reformadores autotérmicos y reformadores de oxidación parcial. Estos reformadores se pueden integrar con reactores de pos desplazamiento y reactores de pre desplazamiento tales como generación de vapor y reactores de desplazamiento de gas de agua para crear un sistema de procesamiento de combustible.

30 En aplicaciones tales como los sistemas de celdas de combustible y estaciones de realimentación de hidrógeno la eficiencia del equipo de generación de hidrógeno puede ser crítica para los sistemas económicos totales cuando el valor de energía de hidrógeno se convierte en electricidad. De la misma manera, los reformadores que son más compactos con pequeñas huellas y flexibilidad de embalaje son necesarios para reducir el costo del equipo y mejorar la relación costo rendimiento del sistema integrado. Adicionalmente, la celda de combustible y las aplicaciones de realimentación de hidrógeno no son homogéneas en capacidad, algunas aplicaciones necesitan solamente unos pocos kilovatios y algunas necesitan varios cientos de kilovatios. Como resultado, un reformador diseñado para aplicaciones de 25 kW se debe rediseñar completamente para una aplicación de 2 kW o una de 100 kW. Lo que el mercado necesita son reformadores con mayor eficiencia, compactidad mejorada, y modularidad mejorada.

40 La US 6159358 describe un proceso y aparato para producir productos de reacción mediante reactivos de calentamiento y precalentamiento indirectamente por el intercambio de calor indirecto. El aparato define canales estrechos para el intercambio de calor indirecto, los canales estrechos se definen preferiblemente por las placas corrugadas.

45 La DE 19909180 describe un microrreactor para llevar a cabo reacciones químicas. Las corrientes de producto y educto se introducen espiralmente o radialmente hacia y desde una región de reacción central del microrreactor.

50 La WO 2001/35043 describe un intercambiador de calor que comprende un ensamble apilado de placas. La pila tiene una entrada y una salida para un primer fluido y una entrada y una salida para un segundo fluido. Cada placa se perfora para definir una región central abierta encerrada por un espacio anular interior y las extremidades desde el diámetro exterior del espacio anular interior hacia el diámetro interior de un espacio anular exterior periférico.

55 La JP 62160136 describe un aparato de reformado que comprende las cámaras de reformado y combustión apiladas una con respecto a otra y separadas por placas divisoras.

Sumario

60 En un primer aspecto, la invención proporciona un ensamble de reformador modular térmico de acuerdo con la reivindicación 1.

El sistema reformador térmico tiene una geometría aplanada, del tipo intercambiador de calor, reformador modular con recuperación de energía térmica integrada.

65 El reformador térmico incluye la construcción aplanada (hoja metálica) diseñada de manera que los gases del proceso fluyen desde los colectores de entrada, localizados en los bordes externos, hacia el interior de una zona del reactor primario de alta temperatura localizada centralmente en una porción central y de manera que los productos del reactor fluyen hacia el exterior de los colectores de salida localizados también en los bordes

externos y de manera que los gases que fluyen al interior y los gases que fluyen al exterior están en contacto térmico para mejorar la recuperación de energía dentro de la construcción aplanada (hoja metálica) del reformador térmico.

- 5 El reformador térmico tiene una geometría aplanada (hoja metálica), del tipo intercambiador de calor, de construcción modular diseñada de manera que 1) los gases del proceso reformado fluyen desde los colectores localizados en los bordes externos, hacia el interior de una zona del reactor primario; 2) los gases de entrada de la cámara de combustión entran en los colectores en el centro de la estructura y fluyen hacia el interior de la zona del reactor; 3) los productos de la cámara de combustión y los productos de reformado fluyen hacia el exterior de los colectores localizados también en los bordes externos; 4) el flujo hacia el interior de los gases del proceso reformado y el flujo hacia el exterior de los gases del producto de combustión y de reformado están en contacto térmico para mejorar la recuperación de energía dentro de la estructura aplanada (hoja metálica) del reformador térmico.
- 10
- 15 La geometría aplanada (hoja metálica), del reformador modular térmico incluye los elementos del reformador modular cada uno de los cuales consiste sustancialmente de todos los reactores de procesos y los intercambiadores de calor de manera que cuando se apilan uno sobre el otro forman un ensamble/empaque del reformador térmico con capacidad variable basada en el número de los elementos del reformador modular incluidos en la pila.
- 20
- 25 El sistema reformador térmico comprende un ensamble aplanado que incluye una zona del reformador, una zona de combustión, un colector de fluido del proceso reformado de entrada, un colector de fluido del proceso reformado de salida, un colector de fluido de combustión de entrada, un colector de fluido de combustión de salida, un conducto de flujo de fluido del proceso reformado de entrada que se conecta al colector de fluido del proceso reformado de entrada y a la zona del reformador, un conducto de flujo de fluido del proceso reformado de salida que se conecta a la zona del reformador y el colector de fluido del proceso reformado de salida, un conducto de flujo de fluido de combustión de entrada que se conecta al colector del fluido de combustión de entrada y la zona de combustión, y un conducto de flujo de fluido de combustión de salida que se conecta a la zona de combustión y al colector del fluido de combustión de salida. La zona del reformador y la zona de combustión están en contacto térmico para promover la transferencia de calor de combustión hacia la zona del reformador para conducir una reacción en la zona del reformador. Una reacción ejemplar es una reacción de reformación que produce al menos hidrógeno como un producto.
- 30
- 35 La zona del reactor primario consta de la zona del reformador y la zona de combustión, centralmente localizadas dentro del ensamble. En aún otras configuraciones, una pluralidad de ensambles aplanados se pueden proporcionar y apilar uno encima del otro para proporcionar un ensamble de reformador modular de uno o más ensambles individuales.
- 40
- 45 El conducto de flujo de fluido del proceso reformado de entrada se proporciona y se configura para estar en contacto térmico con el conducto de flujo del proceso reformado de salida y/o el conducto de flujo de fluido de combustión de salida para promover la transferencia de calor desde el(los) fluido(s) de salida hacia el(los) fluido(s) de entrada.
- 50
- 55 Se describe también un conducto de flujo de fluido del proceso reformado de entrada localizado circunferencialmente dentro del ensamble. El colector de flujo de fluido de combustión de entrada se puede dividir en un colector de aire de combustión de entrada y un colector de combustible de combustión de entrada. El conducto de flujo de fluido de combustión de entrada se puede proporcionar de manera que este se divida en un conducto de aire de combustión de entrada y un conducto de combustible de combustión de entrada. El colector de fluido del proceso reformado de entrada se puede dividir en un colector de agua/vapor de entrada y un colector de combustible/agua/vapor de entrada. El conducto de flujo de fluido del proceso reformado de entrada se puede proporcionar dividido en un conducto de agua/vapor de entrada y un colector de combustible/agua/vapor de entrada. El conducto de agua/vapor de entrada y el colector de combustible/agua/vapor de entrada se pueden proporcionar también en una configuración de manera que ellos se conecten antes de entrar a la zona del reformador.
- 60
- 65 Se describe también un sistema reformador térmico que puede incluir un conducto de flujo de fluido del proceso reformado de salida dividido en cualquiera de uno de un conducto de flujo de pre desplazamiento, un reactor de desplazamiento, y un conducto de flujo de pos desplazamiento. El conducto de flujo de pre desplazamiento o el conducto de flujo de pos desplazamiento pueden ser conductos múltiples o sencillos que definen un conducto que conecta los colectores adecuados a una zona del reactor primario. El conducto de flujo de pre desplazamiento y dicho conducto de flujo de pos desplazamiento se pueden proporcionar en una configuración contracorriente, respectivamente, de manera que el flujo en la misma fluye en direcciones opuestas. El conducto de flujo de pre desplazamiento y el conducto de flujo de pos desplazamiento se pueden proporcionar ambos en una configuración de manera que fluye en la misma el flujo concordablemente en la misma dirección general dentro de dicho ensamble aplanado.

En algunas implementaciones ejemplares, el sistema reformador térmico puede incluir una o más del colector de fluido del proceso reformado de entrada, un colector de fluido del proceso reformado de salida, un colector de fluido de combustión de entrada, un colector de fluido de combustión de salida localizados externamente en el ensamble aplanado.

En algunas implementaciones, el ensamble se puede construir de componentes de hoja metálica. En algunas implementaciones, al menos uno del conducto de flujo de fluido del proceso reformado de entrada, conducto de flujo de fluido del proceso reformado de salida, conducto de flujo de fluido de combustión de entrada, la zona del reformador y la zona de combustión se puede crear por los componentes de hojas metálicas prensadas y/o los componentes de las hojas metálicas grabadas.

Breve descripción de los dibujos

La invención se entenderá mejor como referencia a los dibujos acompañantes, en los cuales las Figuras 1 y 2 representan las implementaciones ejemplares de acuerdo con la presente descripción:

La Figura 1A ilustra una vista en sección transversal de una implementación ejemplar de un ensamble de reformador modular de la presente invención que tiene elementos de reformador modular múltiples;

La Figura 1B ilustra una vista en sección transversal de los componentes individuales de un elemento del reformador modular de acuerdo con una modalidad de la presente invención;

La Figura 1C ilustra una vista en sección transversal de los conductos de flujo de entrada y salida de una porción de la Figura 1B, de acuerdo con una modalidad de la presente invención;

La Figura 2A es una vista superior que ilustra un lado de salida de un componente de entrada de reformado de un lado de reformación de unos elementos del reformador modular de la presente invención;

La Figura 2B es una vista superior que ilustra un lado de salida de un componente de salida de reformado de un lado de reformación de un elemento del reformador modular de la presente invención;

La Figura 2C es una vista superior que ilustra el lado de entrada de un componente de entrada de combustión de un lado de combustión de un elemento del reformador modular de la presente invención;

La Figura 2D es una vista superior que ilustra el lado de salida de un componente de salida de combustión de un lado de combustión de un elemento del reformador modular de la presente invención;

La Figura 3 es una ilustración de un aparato alternativo el cual no forma parte de la presente invención, en el cual el lado de combustión de un elemento del reformador modular se construye a partir de tres hojas, una hoja de entrada de combustible de combustión, una hoja de entrada de aire de combustión, y una hoja de escape de combustión;

La Figura 4 es una ilustración de un aparato alternativo el cual no forma parte de la presente invención, en el cual se modifica un conducto de flujo de fluido reformado de salida para incluir una sección del reactor de desplazamiento;

Descripción detallada

Las implementaciones ejemplares particulares se describen a continuación en considerable detalle para el propósito de ilustrar varias enseñanzas, principios y métodos de operación. Sin embargo, se puede hacer varias modificaciones que incluyen, pero sin limitarse a escala, orientación y composición y el alcance de la descripción no se limita a las implementaciones ejemplares descritas en la presente.

La Figura 1A ilustra un ensamble de reformador modular (1) construido de elementos de reformador modular múltiples (2) los cuales se han apilado juntos. Se muestra también la adición de una placa de extremo superior (3) y la placa de extremo del fondo (4) entre las cuales se ensamblan los elementos de reformador modular aplanados. Los materiales de construcción pueden ser de cualquier material de cerámica o metálico adecuado basado en la temperatura y presiones asociadas con las temperaturas en las cuales se reforman los combustibles específicos. Con combustibles de hidrocarburo tales como pero sin limitarse a gas natural, gasolina, keroseno, diesel, propano, etc. las reacciones de combustión y de reformado se mantendrán a altas temperaturas desde 650°C hasta por encima de 900°C dependiendo de la composición específica del combustible. Los alcoholes agujeros y otros combustibles oxigenados se pueden reformar a bajas temperaturas desde 250°C hasta 650°C. Para los reformadores térmicos a base de metal son más adecuados los aceros inoxidables, que incluyen pero sin limitarse a aceros inoxidables austeníticos, serie 300, serie 400, y los grados de superaleación tales como las altas temperaturas Inconel serie 600 y serie Hastelloy. De la misma manera, los materiales de cerámica tales como alúmina, alúmina dopada con óxido magnésico, zirconia, zirconia estabilizada con itria, ceria, nitrato de silicio, carburos de silicio, etc. se pueden usar en cualquier modalidad de este reformador térmico, el cual proporciona la temperatura y la compatibilidad química necesaria para unas altas temperaturas y la estabilidad en el entorno rico en hidrógeno.

Las Figuras 1B y 1C ilustran el elemento del reformador modular (2) en gran detalle. En esta implementación ejemplar, el elemento del reformador modular (2) se construye a partir de cuatro componentes. Un primer componente es el componente de entrada de reformado (10) el cual soporta unos conductos de flujo de fluido del proceso reformado de entrada (11). El segundo es el componente de salida de reformado (20) el cual

soporta los conductos de flujo de fluido del proceso reformado de salida (21). El tercero es el componente de entrada de combustión (30) el cual soporta los conductos de flujo de fluido de combustión de entrada (31). El cuarto es el componente de salida de combustión (40) el cual soporta los conductos de flujo de fluido de combustión de salida (41). En una modalidad, para cada componente los conductos de flujo de fluido (11, 21, 31, y 41) se forman mediante el grabado químico a una profundidad mayor que el 50% y preferiblemente hasta el 55% hasta el 65%, pero se pueden usar profundidades tan altas como el 90% dependiendo del grosor inicial del componente. Otros métodos para formar los conductos de flujo de fluido (11, 21, 31, y 41) en sus componentes respectivos pueden incluir, pero sin limitarse a estampado, prensado y grabado láser u otras técnicas de grabado conocidas. En algunas de estas técnicas los componentes individuales (10, 20, 30, y 40) se pueden componer de dos hojas: una hoja que se ha cortado completamente a través del grosor que forma el volumen para los conductos de flujo de fluido y las secciones de reacciones, mientras que los otros no se cortan en las áreas relacionadas a los conductos de flujo de fluido de manera que cuando las dos hojas se apilan una con respecto a otra y se enlazan la configuración general es similar a los componentes individuales (10, 20, 30, y 40) que se muestran. Los componentes individuales se pueden fabricar también de varias hojas apiladas y enlazadas juntas. Por ejemplo la región del componente con conductos de campos de flujo de fluido se puede construir a partir de varias hojas mientras que la región que no se corta puede ser una hoja sencilla para proporcionar el aislamiento adecuado entre los varios conductos de flujo de fluido. El grosor de las hojas o capas individuales (10, 20, 30, y 40) puede ser igual o diferente. Por lo general, los componentes individuales (10, 20, 30, y 40) estarán en el intervalo de 0.1 a 50 mm de grosor, y preferiblemente en el intervalo de 1 a 40 mm de grosor, y más preferiblemente en el intervalo de 1 a 4 mm de grosor.

Las Figuras 1B y 1C ilustran una cavidad de reformación (5) y la cavidad de combustión (6). La cavidad de reformación (5) se crea grabando completamente alejado de una zona de reformación del componente de entrada de reformado (10) y aproximadamente el 60% de grabado de la zona de reformación del componente de salida de reformado (20). De la misma manera, la cavidad de combustión (6) se crea grabando completamente alejado de la zona de combustión del componente de entrada de combustión (30) y aproximadamente el 50% de grabado de la zona de combustión del componente de salida de combustión (40). El grabado químico es una fabricación preferida de enfoque pero son aplicables también otras técnicas tales como pero sin limitarse la formación de compresión, formación de polvo metálico, fundición, etc. Los componentes se pueden construir a partir de materiales de cerámica o metálicos.

Se considera también que los conductos de flujo de fluido del proceso reformado de entrada (11) y los conductos de flujo de fluido del proceso reformado de salida (21), se pueden proporcionar en los lados opuestos del componente de entrada de reformado (10) utilizando adecuadamente el grabado poco profundo de la pila de disposiciones y conductos de los componentes para mantener el sellado adecuado de los varios conductos de flujo.

Las Figuras 2A y 2B ilustran una vista superior de los dos componentes que crean el lado de reformación del elemento del reformador modular. La Figura 2A ilustra un componente de entrada de reformado (10) y la Figura 2b ilustra un componente de salida de reformado (20). Los fluidos del proceso de entrada de reformado tales como una mezcla de combustible/agua/vapor entra en el ensamble a través del colector de fluido del proceso reformado de entrada (15) y fluye a lo largo de los conductos de flujo de fluido del proceso reformado de entrada semigrabada (11) hasta que entra la región de distribución de flujo de entrada (12) y hacia la cavidad de reformación (5). La cavidad de reformación (5) se construye por la región completamente grabada (13) del componente de entrada de reformado (10) y la región parcialmente grabada (23) del componente de salida de reformado (20). El catalizador que se inserta se puede usar para proporcionar estructuras de área de superficie alta en la cavidad de reformación (5). Los fluidos de reformado salen de la cavidad de reformación (5) y entran en la región de distribución de salida (22) del conducto de flujo de fluido del proceso reformado de salida (21). Este fluido fluye a lo largo del conducto de flujo de fluido del proceso reformado de salida (21) y entra en un colector de salida de reformado (26) el cual está en conexión fluida con el colector (16) del componente de entrada de reformado (10). Se muestran también los puertos del colector (17) y (27) a través de los cuales fluyen los fluidos de entrada de combustión y los puertos del colector (18) y (28) a través de los cuales fluyen los fluidos de salida de combustión.

Las Figuras 2C y 2D ilustran también vistas superiores de dos componentes que forman el lado de combustión del elemento del reformador modular (2). La Figura 2C ilustra el componente de entrada de combustión (30) y la Figura 2D ilustra el componente de salida de combustión (40). Los fluidos del proceso de entrada de combustión tales como la mezcla de aire/gas de salida/combustible entran en el ensamble a través del colector de entrada del fluido de combustión (37) y fluye a lo largo de los conductos de flujo de fluido de combustión de entrada semigrabada (31) hasta que entra en la región de distribución de flujo de fluido de combustión (32) y hacia la cavidad de combustión (6). La cavidad de combustión (6) se construye por la región completamente grabada (33) del componente de entrada de combustión (30) y la región parcialmente grabada (43) del componente de combustión de salida (40). El catalizador (no ilustrado) que se inserta se puede usar para proporcionar estructuras de área de superficie alta en la zona de combustión. El fluido de escape de combustión sale de la cavidad de combustión (6) y entra en la región de distribución de salida (42) del conducto de flujo de fluido de combustión de salida (41). Este fluido fluye a lo largo del conducto de flujo de fluido de combustión de salida (41) y entra en el colector de salida de combustión (48) el cual está en conexión fluida con el colector (38) del

componente de entrada de combustión (30). Se muestran también los puertos del colector (35) y (45) a través de los cuales fluyen los fluidos de entrada de reformado y los puertos del colector (36) y (46) a través de los cuales fluyen los fluidos de salida de reformado.

Esta implementación proporciona un ejemplo del aspecto descrito en la presente. El reformador modular aplanado con recuperación de energía térmica integrada se construye usando cuatro componentes de placa de hoja metálica cada una con superficies químicamente grabadas y colectores integrados. Un aspecto de la configuración se puede alcanzar usando componentes de placa prensados o componentes fundidos. Los materiales pueden ser también de compuestos de cerámica metálica o de cerámica similares a los descritos anteriormente. Una característica descrita en la presente integra el área de intercambio de calor térmico recuperativo creada por los conductos de fluido (11, 21, 31, y 41) dentro del ensamble aplanado de manera que los fluidos de salida transfieren más de su energía térmica hacia los fluidos de entrada y de manera que mucha de esta recuperación ocurre a lo largo de los bordes externos del ensamble para minimizar la pérdida de calor y aislamiento necesario debido la eficiencia de intercambio de contracorriente de energía térmica entre los fluidos de salida (que tienen energía térmica aumentada como la que procede de la combustión respectiva centralmente localizada y de las cavidades de reformación) y los fluidos de entrada que entran (los cuales contienen energía térmica relativamente baja cuando se introducen en sus canales respectivos y hacia la porción central) en su trayectoria hacia su combustión respectiva y cavidades de reformación. Se muestran en la Figura 2A y 2B, los fluidos de proceso de entrada tal como una mezcla de combustible/agua/vapor que entra al ensamble a través del colector de fluido del proceso reformado de entrada (15) y fluye a lo largo de los conductos de flujo de fluido del proceso reformado de entrada semigrabada (11) de una manera en sentido contrario a las manecillas del reloj hasta que entra en la región de distribución de flujo de entrada (12) y hacia la cavidad de reformación (5) y entonces después que la reformación ha tenido lugar, los fluidos de reformado salen de la cavidad de reformación (5) y entran en la región de distribución de salida (22) del conducto de flujo de fluido del proceso reformado de salida (21) el cual fluye a lo largo del conducto de flujo de fluido del proceso reformado de salida (21) de una manera en sentido a las manecillas del reloj opuestamente al flujo de los fluidos del proceso de entrada. Esta contracorriente del flujo de fluido de entrada y salida maximizan la eficiencia del proceso total por la transferencia de calor eficiente, minimizando la cantidad de energía necesaria en la sección de combustión y aislamiento necesarios. Una configuración similar se proporciona asimismo en la porción de combustión del reformador modular aplanado (ver la Figura 2C y 2D).

Otro aspecto que se muestra incluye los colectores integrados que soportan el apilamiento de los elementos del reformador modular (2), uno encima del otro y proporcionar flexibilidad de capacidad sin el rediseño extensivo. Si cada ensamble de elemento se diseña con el volumen catalizador suficiente para un 1kWe de hidrógeno, entonces una pila de cinco elementos del reformador modular (2), como los ilustrados en la Figura 1a, pueden proporcionar suficiente hidrógeno para una aplicación de 5kWe. De la misma manera, veinticinco elementos se pueden usar para una aplicación comercial pequeña necesitando una energía de 25kWe. Los colectores de flujo de fluido se dimensionan para el número máximo de elementos en una pila, y se puede alcanzar un sistema de gran capacidad usando los colectores externos entre las pilas individuales. La configuración aplanada soporta también maximizar el área de transferencia de calor directo entre el reformador y las zonas de combustión y los conductos de flujo de fluido (por ejemplo transferencia de energía de calor desde los conductos de flujo de fluido de salida hacia los conductos de flujo de fluido de entrada). Esta soporta adicionalmente una eficiencia superior y permite disminuir las temperaturas dentro de la zona de combustión.

La Figura 3 la cual no forma parte de la presente invención ilustra una configuración que minimiza las temperaturas de combustión dividiendo el colector de entrada del gas de combustión y el conducto en dos conductos paralelos y usando una configuración de combustión distribuida. Por ejemplo, el lado de combustión del elemento del reformador modular (2) se puede diseñar como tres capas separadas, una para la entrada de combustible de combustión (50), una para la entrada de aire de combustión (60) y una para la salida de escape de combustión (70). El combustible de combustión entra a través del puerto (51) fluye a lo largo del conducto (52) y entra en la zona de distribución de combustible (53). El combustible fluye a través de los agujeros de distribución (54) y hacia la zona de combustión (64). El aire de combustión entra a través del puerto (61) fluye a lo largo del conducto (62) y entra en la zona de combustión (64) donde reacciona con el combustible que fluye a través de los agujeros (54). El calor generado se transfiere hacia la zona del reformador (no ilustrado) y la combustión distribuida ayuda a mantener temperaturas uniformes tanto dentro de la zona de combustión (64) como dentro de la zona del reformador (otro lado del elemento del reformador modular (2)). Los fluidos de escape de combustión salen de la zona de combustión y fluyen hacia el conducto (72) transfiriendo el calor hacia los fluidos de entrada en los conductos 52 y 62 de la entrada de combustible de combustión (50) y la entrada de aire de combustión (60), respectivamente. El calor se puede transferir también hacia los fluidos de proceso de entrada que fluyen a través del componente de reformado (no ilustrado). El patrón de los agujeros de combustión distribuida (54) se puede adaptar para crear distribuciones de temperatura controlada y uniformes dentro de la zona de combustión.

La Figura 4 la cual no forma parte de la presente invención ilustra una configuración alternativa que mejora el mecanismo (100) separando el conducto de fluido de salida de reformado en un conducto de reformado de salida (121), un conducto de reactor de desplazamiento (107), y un conducto de salida de desplazamiento (109). Esta configuración incluye un subensamble de reformador (120) y subensamble de combustión (140). El lado de

salida del subensamble de combustión (140) es visible ilustrando el colector de salida de combustión (147), el extremo del conducto de combustión de salida (141), y la zona de combustión (106). Es visible el lado de salida del subensamble de reformador (120). Los gases de reformado fluyen desde la zona del reformador (105), hacia el conducto reformador de salida (121) los cuales circulan alrededor de la zona del reformador (105) para proporcionar calor a los fluidos del reformador de entrada contenidos dentro del subensamble (no ilustrado). Estos gases entonces entran en la zona del reactor de desplazamiento (107) los cuales también circulan alrededor de las zonas centrales y eventualmente salen (108) hacia el conducto reformador de salida (109) y eventualmente al colector de salida (126). En esta configuración los conductos de flujo de fluido de entrada de combustión (no mostrados) se contienen dentro del grosor del subensamble (140) y el conducto de flujo de fluido de salida de combustión (141) terminando en el colector (147) no fluyendo a través de la región cerrada (109) del subensamble (140). Esta región se puede abrir por lo tanto para estar en comunicación fluida con la zona del reactor de desplazamiento (107) para aumentar el volumen de la zona del reactor de desplazamiento (107). La función de desplazamiento de gas de agua del procesador de combustible se integra en el ensamble modular.

Algunas implementaciones del reformador descritas en la presente son de geometría aplanada con colectores integrados para soportar el apilamiento de los elementos de reformador modular múltiples (2) los cuales proporcionan flexibilidad en la capacidad del reformador sin mayores rediseños de ingeniería. Los elementos del reformador modular de la invención se diseñan de manera que los fluidos del proceso fluyen desde bordes externos de los elementos de reformador modular individual hacia el interior de las zonas de reformado y las zonas de combustión de altas temperaturas, mientras que los fluidos de salida y de escape típicamente fluyen hacia afuera desde las zonas de altas temperaturas. Esta configuración promueve la recuperación térmica entre los procesos de entrada y salida y los fluidos de combustión los cuales a su vez aumentan la eficiencia del proceso y reducen la pérdida de energía térmica desde las superficies externas.

Un sistema reformador térmico puede incluir un ensamble aplanado que incluye una zona del reformador, una zona de combustión, un colector de fluido del proceso reformado de entrada, un colector de fluido del proceso reformado de salida, un colector de fluido de combustión de entrada, un colector de fluido de combustión de salida, un conducto de flujo de fluido del proceso reformado de entrada que se conecta al colector de entrada y la zona del reformador, un conducto de flujo de fluido del proceso reformado de salida que se conecta la zona del reformador y el colector de fluido del proceso reformado de salida, un conducto de flujo de fluido de combustión de entrada que se conecta al colector del fluido de combustión de entrada y la zona de combustión, y un conducto de flujo de fluido de combustión de salida que se conecta la zona de combustión y al colector de fluido de combustión de salida. La zona del reformador y la zona de combustión están en contacto térmico para promover la transferencia de calor de combustión hacia la zona del reformador conduciendo la reacción. Una zona del reactor primario se presenta por lo tanto que consiste de la zona del reformador y la zona de combustión las cuales se localizan centralmente dentro del ensamble, y los ensambles aplanados se pueden apilar para crear un ensamble de reformador modular de uno o más ensambles individuales.

Adicionalmente, el conducto de flujo de fluido del proceso reformado de entrada puede estar en contacto térmico con el conducto de flujo del proceso reformado de salida y/o el conducto de flujo de fluido de combustión de salida para promover la transferencia de calor desde el(los) fluido(s) de salida hacia dicho fluido(s) de entrada. Adicionalmente, el conducto de flujo de fluido del proceso reformado de entrada se puede localizar circunferencialmente dentro del ensamble para minimizar la temperatura circunferencial del ensamble.

El colector de flujo de fluido de combustión de entrada se puede dividir en un colector de aire de combustión de salida y un colector del combustible de combustión de entrada. El conducto de flujo de fluido de combustión de entrada se puede dividir en un conducto de aire de combustión de entrada y un conducto del combustible de combustión de entrada para minimizar la probabilidad de combustión antes de entrar en la zona de combustión.

El colector de fluido del proceso reformado de entrada se puede dividir en un colector de agua/vapor de entrada y un colector de combustible/agua/vapor de entrada. El conducto de flujo de fluido del proceso reformado de entrada puede dividirse en un conducto de agua/vapor de entrada y un colector de combustible/agua/vapor de entrada, y el conducto de agua/vapor de entrada y el colector de combustible/agua/vapor de entrada se puede conectar antes de entrar en la zona del reformador.

El conducto de agua/vapor de entrada se puede usar para controlar dinámicamente la temperatura del fluido de reformado de salida a lo largo del conducto de flujo de fluido de reformado de salida. El conducto de flujo de fluido del proceso reformado de salida se puede dividir en un conducto de flujo de predeslizamiento, un reactor de desplazamiento, y un conducto de flujo de pos desplazamiento. Los conductos de flujo pueden ser conductos múltiples o sencillos que se conectan a los colectores y a la zona del reactor primario. Los conductos de flujo pueden tener una dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj o una dirección en sentido de las manecillas del reloj o pueden tener ambas una dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj y una dirección en sentido de las manecillas del reloj o una combinación de las direcciones dentro del ensamble aplanado.

Adicionalmente, el ensamble se puede construir de componentes de hoja metálica y los conductos de flujo y las zonas del reactor se pueden crear por los componentes de hojas metálicas prensadas. Los conductos de flujo de

entrada y los conductos de flujo de salida se pueden formar en los lados opuestos del componente de hoja metálica prensada. Los conductos de flujo y las zonas del reactor se pueden crear por los componentes de hojas metálicas químicamente grabadas. De la misma manera, el ensamble puede construirse de componentes de cerámica y uno o más de los colectores pueden ser externos al ensamble.

REIVINDICACIONES

1. Un ensamble de reformador modular térmico (1) que comprende:

una placa de extremo superior (3);
 un placa de extremo del fondo (4); y

una pluralidad de elementos del reformador modular aplanados (2) apilados juntos entre la placa de extremo superior (3) y la placa de extremo del fondo (4); en donde cada elemento del reformador modular (2) comprende:

una capa del componente de entrada de reformado (10); una capa del componente de salida de reformado (20); una capa del componente de entrada de combustión (30); una capa del componente de salida de combustión (40); y una cavidad de reformación (5) y cavidad de combustión (6) centralmente localizada dentro del elemento del reformador modular (2);

en donde la capa del componente de entrada de reformado (10) comprende un colector de reformado de entrada (15) localizado en un borde exterior de la capa del componente de entrada de reformado (10), un conducto de flujo de fluido del proceso reformado de entrada (11), y una región de distribución de flujo de entrada (12), en donde el colector de reformado de entrada (15) se permite para la entrada de un fluido del proceso reformado hacia el conducto de flujo de fluido del proceso reformado de entrada (11) del flujo hacia el interior del fluido del proceso reformado hacia la región de distribución de flujo de entrada (12) y hacia la cavidad de reformación centralmente localizada (5);

en donde la capa del componente de salida de reformado (20) comprende un colector de salida de reformado (26) localizado en un borde exterior de la capa del componente de salida de reformado (20), un conducto de flujo de fluido del proceso reformado de salida (21) y una región de distribución de salida (22), en donde el conducto de flujo de fluido del proceso reformado de salida (21) permite el flujo hacia afuera del fluido del proceso reformado desde la cavidad de reformación centralmente localizada (5) y la región de distribución de salida (22) y el colector de salida de reformado (26) permite la salida de fluido del proceso reformado desde el conducto de flujo de fluido del proceso reformado de salida (21);

en donde la capa del componente de entrada de combustión (30) comprende un colector de entrada de combustión (37) localizado en un borde exterior de la capa del componente de entrada de combustión (30), un conducto de flujo de fluido del proceso de combustión de entrada (31) y una región de distribución de flujo de fluido de combustión (32), en donde el colector de entrada de combustión (37) permite la entrada de un fluido del proceso de combustión hacia el conducto de flujo de fluido del proceso de combustión de entrada (31) para el flujo hacia el interior del fluido del proceso de combustión hacia la región de distribución de flujo de fluido de combustión (32) y hacia la cavidad de combustión centralmente localizada (6);

en donde la capa del componente de salida de combustión (40) comprende un colector de salida de combustión (48) localizado en un borde exterior de la capa del componente de salida de combustión (40), un conducto de flujo de fluido del proceso de combustión de salida (41) y una región de distribución de salida (42), en donde el conducto de flujo de fluido del proceso de combustión de salida (41) permite el flujo hacia afuera del fluido del proceso de combustión desde la cavidad de combustión centralmente localizada (6) y la región de distribución de salida (42) y el colector de salida de combustión (48) permite la salida del fluido del proceso de combustión desde el conducto de flujo de fluido del proceso de combustión de salida (41);

en donde el colector de salida de reformado (26) está en conexión fluida con un colector (16) de la capa del componente de entrada de reformado (10);

en donde los fluidos de proceso de combustión de entrada fluyen hacia el colector de entrada de combustión (37) a través de un puerto colector (17) de la capa del componente de entrada de reformado (10) y un puerto colector (27) de la capa del componente de salida de reformado (20);

en donde el colector de salida de combustión (48) está en conexión fluida con un colector (38) de la capa del componente de entrada de combustión (30), un puerto colector (28) de la capa del componente de salida de reformado (20), y un puerto colector (18) de la capa del componente de entrada de reformado (10);

en donde los fluidos de proceso reformado de entrada fluyen a través de un puerto colector (35) de la capa del componente de entrada de combustión (30) y un puerto colector (45) de la capa del componente de salida de combustión (40), y en donde los fluidos de proceso reformado de salida fluyen a través de un puerto colector (36) de la capa del componente de entrada de combustión (30) y un puerto colector (46) de la capa del componente de salida de combustión (40); y

en donde la cavidad de reformación (5) está en contacto térmico con la cavidad de combustión (6).

2. El ensamble de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el conducto de flujo de fluido del proceso reformado de entrada (11) está en contacto térmico con el conducto de flujo de fluido del proceso reformado de salida (21).

3. El ensamble de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde el conducto de flujo de fluido del proceso de combustión de entrada (31) está en contacto térmico con el conducto de flujo de fluido del proceso de combustión de salida (41).

4. El ensamble de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el conducto de flujo de fluido del proceso reformado de entrada (11) se extiende en sentido contrario de las manecillas del reloj desde el colector de reformado de entrada (15) localizado en un borde exterior de la capa del componente de entrada de reformado (10) hacia la región de distribución de flujo de entrada (12) y hacia la cavidad de reformación centralmente localizada (5), y en donde el conducto de flujo de fluido del proceso reformado de salida (21) se extiende en sentido de las manecillas del reloj desde la cavidad de reformación centralmente localizada (5) y la región de distribución de salida (22) hacia el colector de salida de reformado (26) localizado en un borde exterior de la capa del componente de salida de reformado (20).
5. El ensamble de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el conducto de flujo de fluido del proceso de combustión de entrada (31) se extiende en sentido contrario de las manecillas del reloj desde el colector de entrada de combustión (37) localizado en un borde exterior de la capa del componente de entrada de combustión (30) hacia la región de distribución de flujo de fluido de combustión (32) y hacia la cavidad de combustión centralmente localizada (6), y en donde el conducto de flujo de fluido del proceso de combustión de salida (41) se extiende en sentido de las manecillas del reloj desde la cavidad de combustión centralmente localizada (6) y la región de distribución de salida (42) hacia el colector de salida de combustión (48) localizado en un borde exterior de la capa del componente de salida de combustión (40).
6. El ensamble de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la cavidad de reformación (5) se localiza dentro de la capa del componente de entrada de reformado (10) y particularmente dentro de la capa del componente de salida de reformado (20).
7. El ensamble de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la cavidad de combustión (6) se localiza dentro de la capa del componente de entrada de combustión (30) y particularmente dentro de la capa del componente de salida de combustión (40).
8. El ensamble de cualquier reivindicación anterior, en donde la capa del componente de entrada de reformado (10), la capa del componente de salida de reformado (20), la capa del componente de entrada de combustión (30) y la capa del componente de salida de combustión (40) son del mismo grosor.
9. El ensamble de cualquier reivindicación anterior, en donde la capa del componente de entrada de reformado (10), la capa del componente de salida de reformado (20), la capa del componente de entrada de combustión (30) y la capa del componente de salida de combustión (40) se pueden formar de varias hojas apiladas y enlazadas juntas.

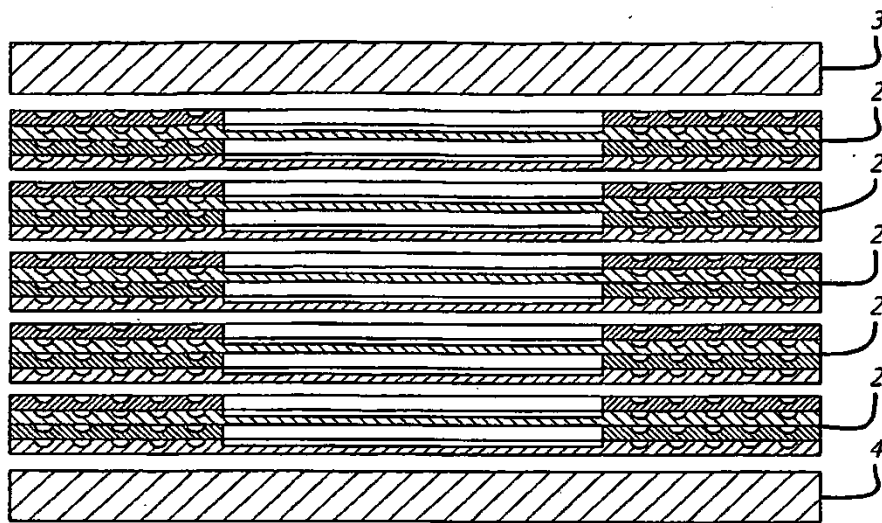


FIG. 1A

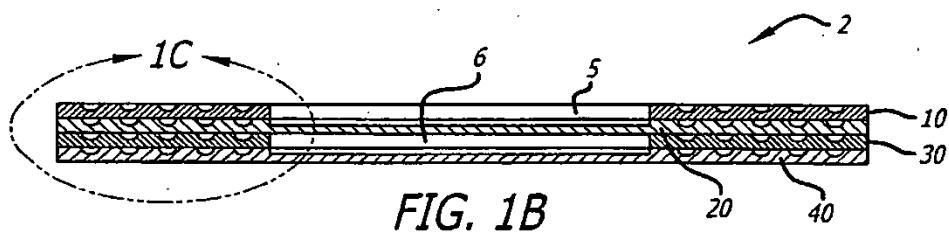


FIG. 1B

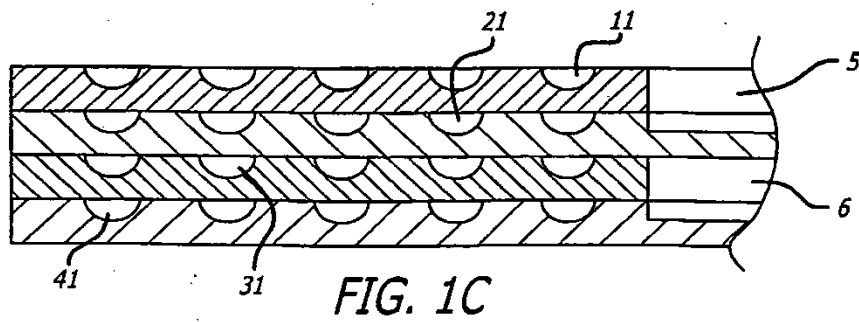


FIG. 1C

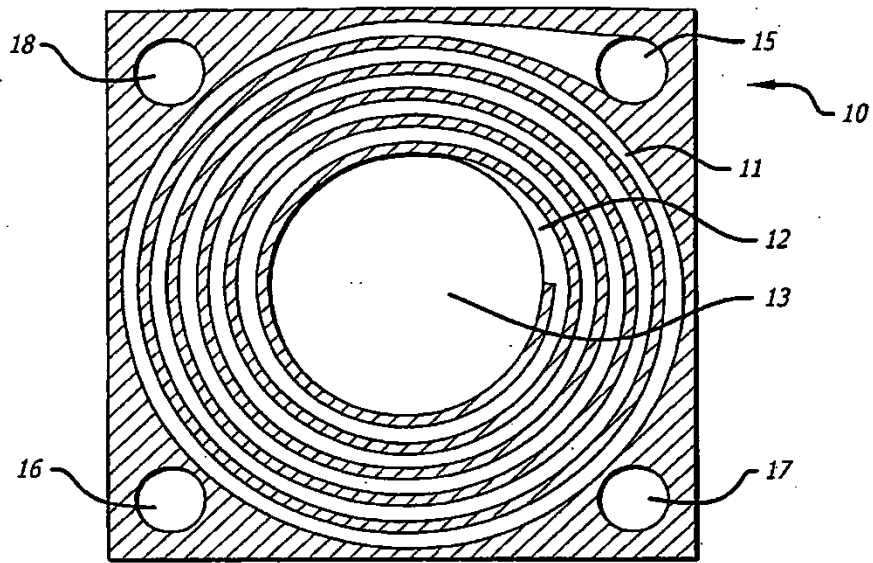


FIG. 2A

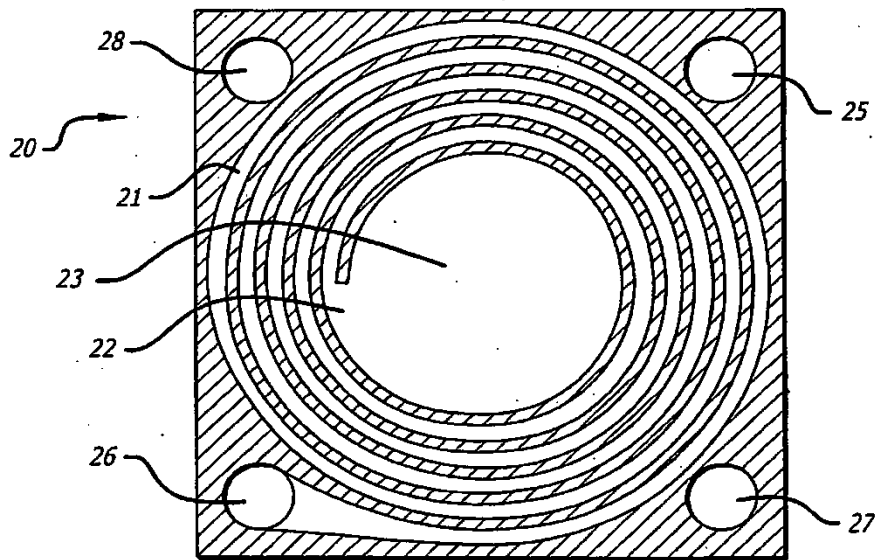


FIG. 2B

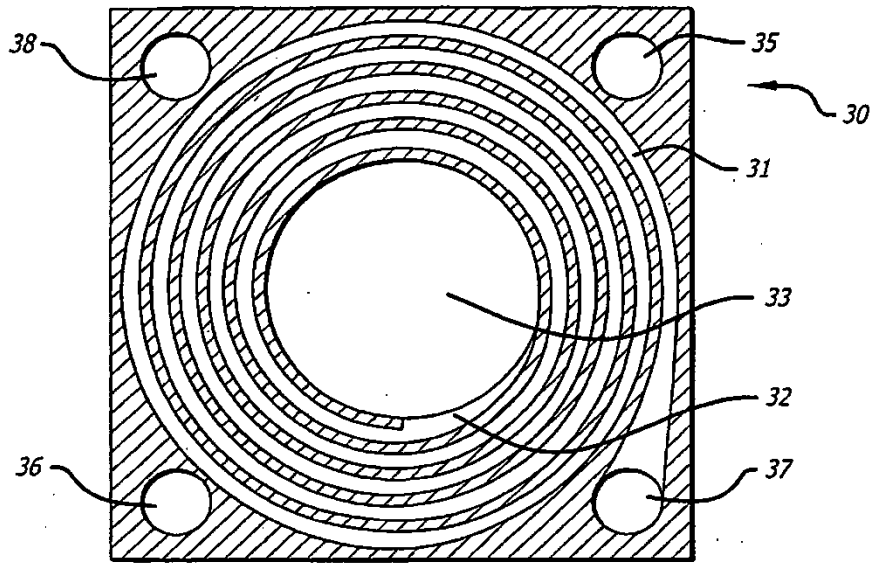


FIG. 2C

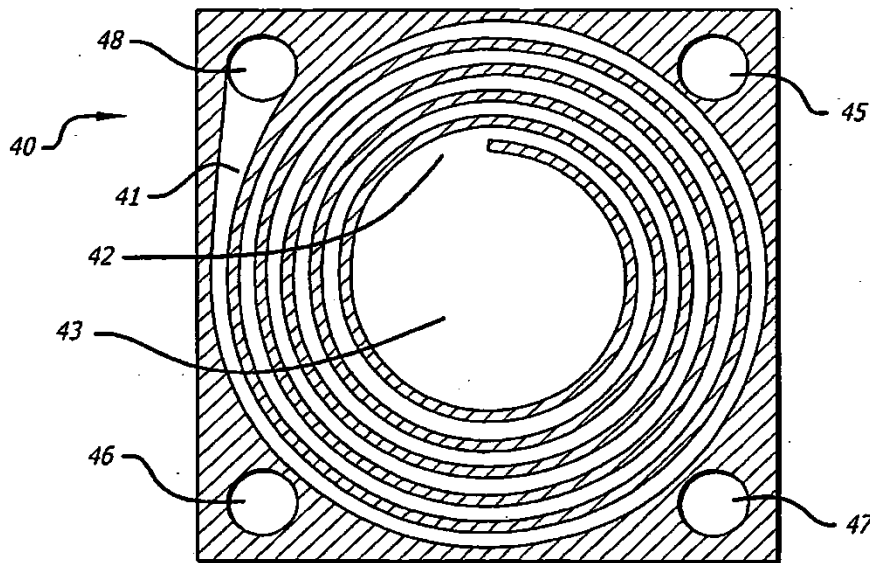


FIG. 2D

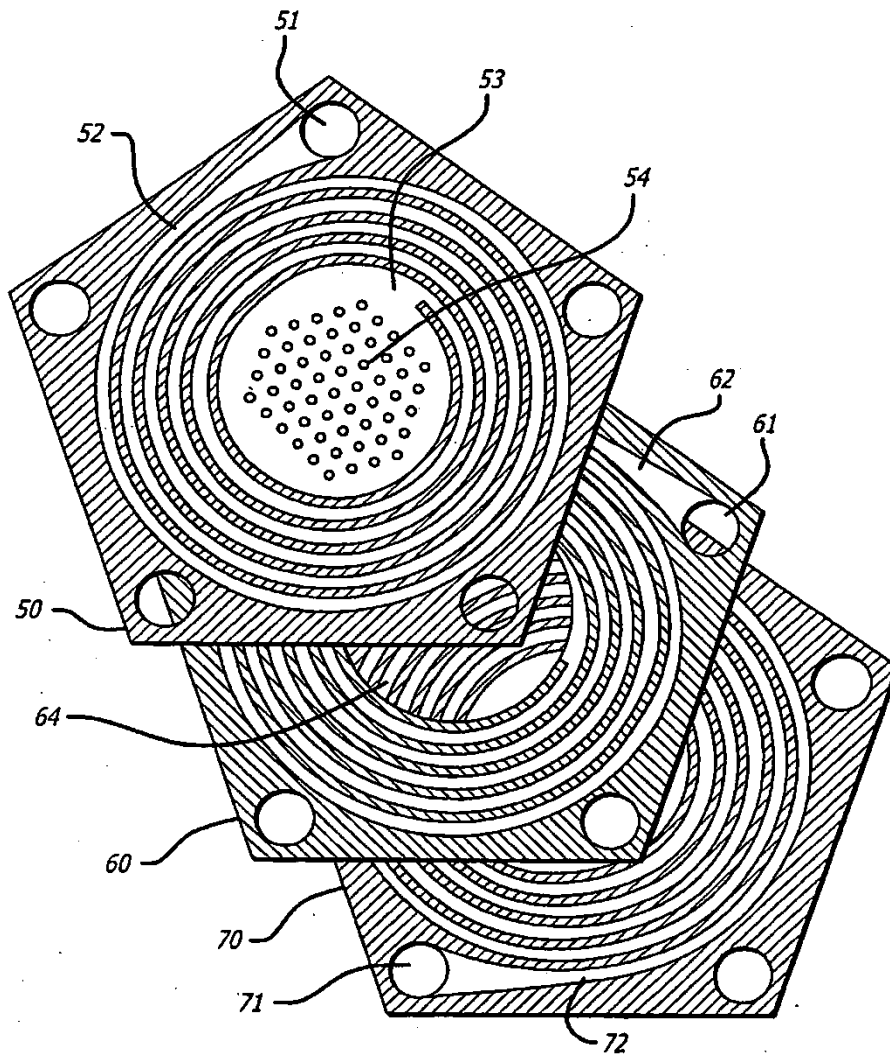


FIG. 3

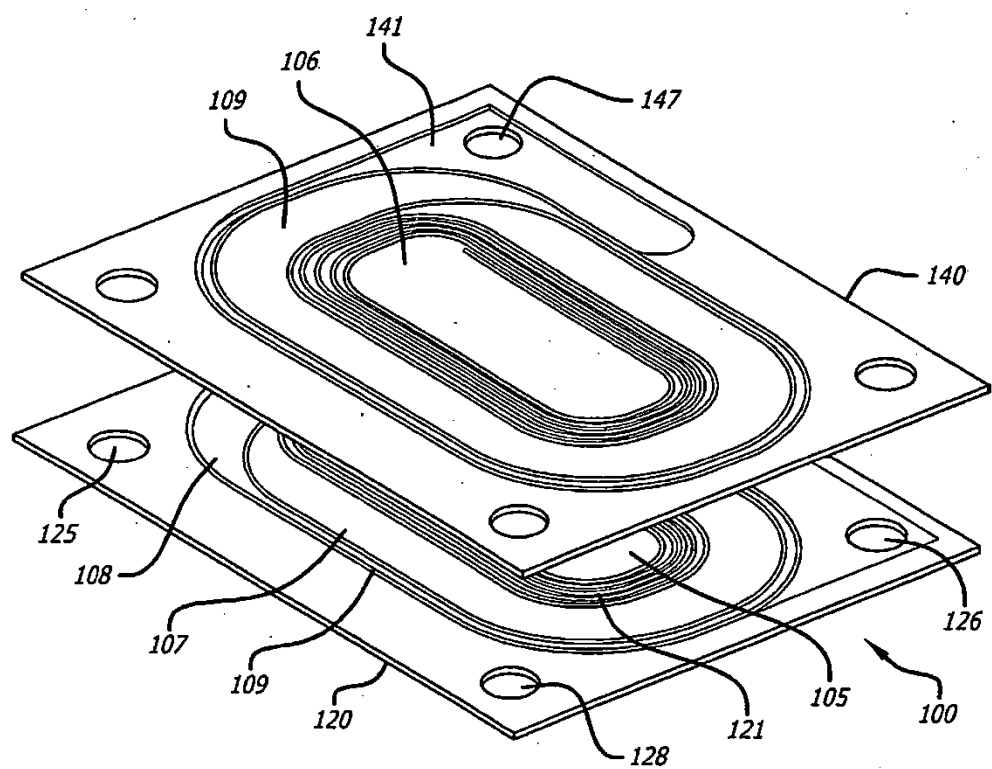


FIG. 4