



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 272 361**

(51) Int. Cl.:
H01M 8/02 (2006.01)
F28D 9/00 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **00991527 .3**
(86) Fecha de presentación : **13.12.2000**
(87) Número de publicación de la solicitud: **1250719**
(87) Fecha de publicación de la solicitud: **23.10.2002**

(54) Título: **Evaporador de microestructura y sistema de pila de combustible.**

(30) Prioridad: **23.12.1999 DE 199 63 594**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.05.2007

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.05.2007

(73) Titular/es: **P21 - Power for the 21st Century GmbH**
Eugen Sanger Strasse
85649 Brunnthal, DE

(72) Inventor/es: **Klos, Holger;**
Schütz, Walter y
Walter, Hermann

(74) Agente: **Arpe Fernández, Manuel**

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

Evaporador de microestructura y sistema de pila de combustible.

La presente invención se refiere, en primer lugar a un sistema evaporador con técnica de microestructura según el preámbulo de la reivindicación 1. Además, la invención se refiere a un sistema de pila de combustible según el preámbulo de la reivindicación 13.

Ya se conocen sistemas con técnica de microestructuras para la conducción de medios y se aplican en la práctica de diferentes formas. Normalmente, los sistemas se componen de una sucesión de diferentes capas, donde las diferentes capas tienen cada una serie de microcanales. En el lado de entrada del sistema, los microcanales disponen cada uno de una abertura de entrada y en el lado de salida del sistema cada uno de una abertura de salida. Los medios que fluyen a través del dispositivo entran en los microcanales por las aberturas de entrada, fluyen a través de los mismos y abandonan el sistema a continuación a través de las correspondientes aberturas de salida. Por la configuración del sistema de técnica micro se consigue que en un espacio mínimo existe un gran número de microcanales cuya anchura y altura queda en solamente algunos micrómetros. De esta forma, los sistemas disponen de superficies internas específicas extremadamente grandes, es decir de una relación muy alta entre superficie de canales y volumen de canales.

De las publicaciones más antiguas JP62090871A y JP 11016590A se conocen, respectivamente, pilas de combustible que tienen capas estructuradas en canales. Aquí, las zonas extremas de los canales tienen un diseño superficial diferente.

Se utilizan sistemas en técnica de microestructuras del tipo mencionado, por ejemplo, como microreactores, microintercambiadores de calor o para fines similares. Especialmente se utilizan tales sistemas también para la evaporación de medios líquidos y se denominan, entonces, normalmente evaporadores de microestructura. El cometido de un evaporador consiste en evaporar medios líquidos para su siguiente procesamiento. Por la construcción en técnica de microestructura se consigue durante la evaporación que debido al gran número de microcanales y la correspondiente superficie interior específica, extremadamente grande, así como debido a las paredes delgadas con un espesor claramente menor que el diámetro de un microcanal se garantiza una transmisión térmica especialmente efectiva entre el medio a evaporar y un correspondiente medio portador del calor.

Una posibilidad de aplicación ventajosa, a modo de ejemplo, para evaporadores existe en el sector de la tecnología de pilas de combustible. Las pilas de combustible se conocen ya desde hace mucho tiempo y han ganado considerablemente en importancia en los últimos años, particularmente en el sector de la industria del automóvil.

De forma similar a los sistemas de acumuladores, las pilas de combustible generan energía eléctrica de manera química, donde los diferentes reactivos se alimentan de forma continua y los productos de reacción se evacúan de forma continua. Aquí las pilas de combustible se basan en el principio de funcionamiento que las moléculas o átomos eléctricamente neutros enlazan entre sí e intercambian así electrones. Este proceso se denomina proceso "redox". En la pila de combustible se separan en el espacio los procesos de

oxidación y reducción entre sí a través de una membrana. Tales membranas tienen la característica de intercambiar protones, sin embargo retienen los gases. Los electrones liberados durante la reducción pueden conducirse como corriente eléctrica hacia un consumidor, por ejemplo el motor eléctrico de un automóvil.

Como reactivo en forma de gas para las pilas de combustible se utilizan, por ejemplo, como combustible el hidrógeno y el oxígeno como agente de oxidación. Si se quiere utilizar para la pila de combustible un combustible fácilmente disponible o de fácil almacenamiento tal como, por ejemplo, gas natural metanol, gasolina o similares, es necesario transformar de momento estos hidrocarburos en un gas rico en hidrógeno por medio un sistema para la generación/preparación de un combustible. En cuanto, al menos, a un elemento constructivo del sistema para generar/preparar el combustible, consiste en un evaporador. El evaporador tiene por cometido evaporar en primer lugar una sustancia inicial líquida (combustible líquido o agua) para la preparación del combustible, antes de que éste sea introducido en forma de vapor en el próximo elemento del reactor, por ejemplo un reformador.

Si se quiere utilizar un evaporador en conjunción con un sistema de pila de combustible - por ejemplo un sistema de pila de combustible para un vehículo -, normalmente sólo existe un espacio reducido disponible para la instalación. Por esta razón los distintos componentes del sistema de pila de combustible han de diseñarse lo más pequeños posible. Para este fin se puede utilizar, por ejemplo, un evaporador con técnica de microestructura.

Si se quieren utilizar tales evaporadores resultan, sin embargo, una serie de desventajas. Así, por ejemplo, se presenta como problema que un medio líquido a evaporar que fluye a través de los correspondientes microcanales solamente es evaporado parcialmente y que los vapores generados o bien las burbujas de vapor de líquido sin evaporar son impulsados en forma de gotas líquidas junto con el vapor saliendo por los microcanales y, por lo tanto, del evaporador.

Por otro lado, debido a velocidades de corriente no constantes se pueden producir las así llamadas "pulsaciones". En cuanto a tales pulsaciones se trata de oscilaciones en el medio que fluye a través de los microcanales. Esto significa que los medios que fluyen a través del evaporador no tienen una velocidad de circulación constante sino que la velocidad de circulación puede variar en el transcurso del tiempo debido a influencias externas o debido a procesos de evaporación discontinuos en los microcanales. Con ello varía también el coeficiente de evaporación del evaporador. Para el funcionamiento de un sistema de pilas de combustible, sin embargo, es necesario que los diferentes pasos de reacción en el sistema para generar/preparar el combustible se desarrollen con una regulación exacta para poder producir el combustible, por ejemplo, hidrógeno, para la pila de combustible, en la forma requerida. Las pulsaciones, sin embargo, no solamente representan un obstáculo sino incluso pueden aumentar en tal medida que conducen a la destrucción del evaporador.

A partir de la WO 01/08799 A1 se conoce un sistema en técnica de microestructura para la conducción de fluidos en el que las aberturas de entrada y salida de los canales pueden tener un diseño diferente en

cuanto a la superficie pero también desde el punto de vista geométrico. En este sistema conocido se trata de un soporte de reacción microfluidico que permite, según el tipo de ejecución, una síntesis puramente fluidica o también regulada por luz y un análisis de oligómeros o polímeros. En la patente EE.UU. 5.901.037 se describe un dispositivo de refrigeración para semiconductores en el que un medio refrigerante fluye a través de estructuras de canales integradas en una capa homogénea.

Partiendo del estado indicado de la técnica, el objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un sistema evaporador con técnica de microestructura con el que se pueden evitar las desventajas descritas. Además, se pretende proporcionar un sistema de pilas de combustible correspondientemente mejorado.

Este objetivo se alcanza según el primer aspecto de la invención por un sistema evaporador con técnica de microestructura que tiene una estructura estratificada. El sistema tiene, al menos, una primera capa homogénea con una serie de microcanales y, al menos, una segunda capa homogénea con, también, una serie de microcanales, donde cada uno de los microcanales tienen una abertura de entrada y una abertura de salida en relación a la dirección del flujo del medio. Según invención, el sistema se caracteriza porque las aberturas de salida de los microcanales de la primera y/o la segunda capa tienen una superficie transversal menor que las correspondientes aberturas de entrada y/o porque las aberturas de salida de los microcanales de la primera y/o segunda capa tienen una forma geométrica diferente a la de sus correspondientes aberturas de entrada, de manera que en los microcanales se aumenta la resistencia al flujo del medio a evaporar en dirección de las aberturas de salida.

El sistema según invención se utiliza como evaporador en microestructura, particularmente como evaporador en un sistema de pilas de combustible de forma que se describe la invención a continuación con ayuda de un evaporador en microestructura de este tipo.

Por el diseño del evaporador en técnica de microestructura se consigue en primer lugar que el mismo puede construirse en dimensiones especialmente reducidas respecto de su rendimiento. El diseño del evaporador en técnica de microestructura prevé en general que en un espacio constructivo pequeño en el rango de centímetros cúbicos se ha previsto un gran número de varios miles de microcanales. Por estos microcanales, que tienen cada uno una altura y un anchura de tan sólo unos pocos micrómetros, se obtienen grandes superficies específicas, es decir una relación alta entre la superficie de canales y el volumen de canales con espesores de pared extremadamente pequeños, a través de los cuales el intercambio de calor se realiza de manera especialmente efectiva y rápida. Debido a esto, tales evaporadores son extremadamente potentes en relación al volumen constructivo.

El evaporador tiene, al menos, una primera capa provista de microcanales a través de los cuales conduce el medio líquido a evaporar. Además, se ha previsto, al menos, una segunda capa la cual tiene también un número de microcanales para la transmisión térmica o bien para el paso de un medio portador de calor calentado. Si ahora el medio líquido a evaporar fluye a través de los microcanales de la primera capa, se calienta el mismo por el medio portador de calor

que pasa a través de los microcanales de la segunda capa y se evapora. El medio portador de calor puede ser en este caso, por ejemplo, un aceite térmico o análogo. Se puede calentar el medio portador de calor en el exterior del evaporador con ayuda de una fuente de calor y se puede conducir en estado caliente a través de los microcanales del evaporador previstos para este fin. La energía térmica almacenada por el medio portador de calor es transmitida aquí en gran parte al medio líquido a evaporar.

Naturalmente, el calor necesario para la evaporación del medio líquido también puede obtenerse de otra forma. Así, por ejemplo, los microcanales de la segunda capa previstos para el medio portador de calor pueden estar recubiertos con una capa de un material catalítico que produce la reacción de la mezcla reactiva de combustible/oxígeno conducida a través de los microcanales con generación de calor. Este calor puede transmitirse al medio líquido a evaporar que fluye a través de los microcanales de la primera capa.

Alternativamente, también es posible generar eléctricamente el calor necesario para la evaporación. Así, por ejemplo, en los microcanales de la segunda capa se pueden disponer elementos calentadores correspondientes con alimentación eléctrica. Tales elementos calentadores pueden estar diseñados, por ejemplo, pero no exclusivamente, como alambres calentadores, cartuchos calentadores o similares. Durante el funcionamiento de una fuente de potencia eléctrica conectada con los elementos calentadores se genera calor en los microcanales de la segunda capa que se puede transmitir entonces al medio líquido a evaporar.

Para evitar que las burbujas de vapor que se producen durante la evaporación impulsen el líquido sin evaporar fuera de los microcanales o que se produzcan las "pulsaciones" anteriormente descritas, se ha previsto según invención que las aberturas de salida de los microcanales de la primera y/o segunda capa tengan una superficie transversal menor que sus correspondientes aberturas de entrada y/o que las aberturas de salida tengan una forma geométrica diferente que aumenta la resistencia al flujo frente a las aberturas de entrada. Con un diseño diferente de este tipo de las aberturas de salida respecto de las correspondientes aberturas de entrada es posible aprovechar para el sistema según invención el principio de los así llamados "líquidos sobrecalentados".

Este principio significa que se puede controlar con retardo la evaporación de un líquido, por ejemplo mediante el aumento de la presión. Bajo presión aumentada un líquido puede evaporar más tarde de lo que sería el caso con presión ambiental. Si se reduce la presión de un líquido que se encuentra bajo está presión mayor y ha alcanzado la temperatura suficiente, el líquido pasa súbitamente del estado líquido a estado de vapor. Esto puede constituir una ventaja, por ejemplo, en un proceso de pilas de combustible descrito más en detalle más adelante. Lo esencial es aquí que el líquido sobrecalentado haya absorbido tanto calor como sea necesario para una evaporación completa.

Si las aberturas de salida de los microcanales tienen una superficie transversal menor que la de las correspondientes aberturas de entrada, resulta que el medio que fluye por los microcanales queda retenido en los mismos. Así aumenta la presión del medio dentro de los microcanales. Para evaporar el medio que fluye a través de los microcanales, se calienta el mis-

mo por un correspondiente portador de calor que se encuentra en los microcanales de una capa adyacente. Debido a la mayor presión del medio a evaporar en los correspondientes microcanales se puede evitar en los mismos una evaporación del medio. El medio a evaporar existe, por lo tanto, en estado líquido también con estas temperaturas con las que bajo presión normal ya se habría evaporado. Cuanto el medio líquido sobrecalentado, retenido en los microcanales se escapa por las aberturas menores de salida de los microcanales pasa súbitamente de estado líquido a estado de vapor.

Un efecto, como el anteriormente descrito, también se puede producir, por ejemplo, si las aberturas de salida de los microcanales tienen una forma geométrica diferente comparada con las correspondientes aberturas de entrada. Esta forma geométrica diferente está dimensionada de manera que con ello aumenta la resistencia al flujo del medio a evaporar de manera que se produce el efecto de retención necesario.

Con la configuración según invención se puede fabricar el sistema o bien el evaporador con un tamaño constructivo extremadamente pequeño a pesar de un rendimiento comparativamente alto. Para la evaporación de líquidos se requiere un determinado tiempo de permanencia en los microcanales. En los evaporadores de microestructura este tiempo de permanencia queda determinado, además de por la velocidad de circulación del medio a evaporar, entre otros también por la longitud de los microcanales a través de los cuales fluye el medio a evaporar. Por la configuración del sistema según invención se genera un efecto de retención en los microcanales para conseguir el estado de sobrecalentamiento del líquido a evaporar. Este efecto de retención resulta en un tiempo de permanencia mayor del medio en los microcanales de manera que se puede, así, reducir la longitud total de los microcanales.

El ajuste de una mayor presión para el medio a evaporar se realiza por medio de un dispositivo de impulsión, por ejemplo a través de una bomba correspondiente como se explica en el siguiente desarrollo de la descripción haciendo referencia al sistema de pilas de combustible según invención.

Según la necesidad y el caso de aplicación se puede prever que solamente una de las capas o que ambas capas tengan microcanales, en los que las aberturas de salida tienen una superficie menor y/o tienen un diseño geométrico diferente que las correspondientes aberturas de entrada. En el sistema evaporador según invención puede ser suficiente si solamente una de las capas, es decir aquella capa a través de la cual fluye el medio líquido a evaporar, tenga el diseño de microcanales según invención.

La invención no queda limitada a determinadas formas de diseño de los diferentes microcanales. Los microcanales pueden incorporarse en una capa, por ejemplo, como construcciones acanaladas o estar configurados como conductos cerrados. Especialmente ventajoso es sin, embargo, si los diferentes canales están realizados como construcciones acanaladas abiertas puesto que esto permite una fabricación especialmente sencilla y barata. La necesaria cubierta del lado abierto de estas construcciones acanaladas se realiza entonces, respectivamente, mediante la próxima capa directamente sobrepuesta como se explica más en detalle en el siguiente desarrollo de la descripción.

Los diferentes microcanales de la primera y/o se-

gunda capa pueden tener, en principio, cualquier sección transversal opcional. Así, por ejemplo, es posible que los microcanales tengan una sección transversal constante por toda su longitud (extensión entre la abertura de entrada y la abertura de salida). Sin embargo, también es posible, que los microcanales tengan una sección transversal que varía en toda su longitud, al menos en zonas parciales. Los microcanales pueden tener, por ejemplo, una sección transversal redonda, ovalada, elíptica, poligonal o similar.

Las diferentes capas del sistema según invención pueden producirse, por ejemplo, fabricando en primer lugar las diferentes capas como material macizo (en forma de plancha). A continuación se pueden incorporar los diferentes microcanales en estas capas mediante un procedimiento adecuado. Esto se puede realizar, por ejemplo, mediante un procedimiento de ataque químico. Otra posibilidad es incorporar los diferentes microcanales en las capas por medio de mecanizado con arranque de virutas. La invención no queda limitada a determinados procedimientos de fabricación.

Después de terminar las diferentes capas las mismas son unidas, de manera que entre ellas puede producirse un buen intercambio térmico. El material de las capas tiene, ventajosamente, una conductividad térmica especialmente buena. Debido al espesor de las capas comparativamente pequeño, no obstante, las exigencias en cuanto a la conductividad térmica, en principio, no son especialmente grandes.

De las reivindicaciones dependientes resultan formas de ejecución ventajosas del sistema según invención.

De preferencia, los microcanales, al menos, de una primera y/o, al menos, una segunda capa se estrechan entre las aberturas de entrada y las aberturas de salida, siempre en dirección de las aberturas de salida. Tales microcanales pueden fabricarse de forma especialmente sencilla y permiten un control exacto o una regulación exacta de la velocidad de circulación y del caudal del medio que fluye a través de los microcanales. En el sistema según invención en forma de evaporador se puede conseguir de forma precisa mediante el estrechamiento de los microcanales que la presión del medio líquido a evaporar aumente, al menos en zonas parciales de los microcanales, de manera que en los microcanales se produce el efecto del "líquido sobrecalentado". Si los microcanales solamente se estrechan en un parámetro dimensional, por ejemplo en su anchura, esto permite una fabricación de los microcanales del sistema según invención sencilla y, por lo tanto, barata. Ventajosamente, los microcanales pueden estrecharse de forma continua en dirección longitudinal en toda su longitud. En otra configuración conveniente se estrechan los microcanales solamente en sus correspondientes zonas extremas, es decir relativamente cerca de la correspondiente abertura de salida.

El estrechamiento actúa como una especie de válvula de circulación que reduce de manera definida la sección transversal del canal de circulación.

En otra configuración, las paredes de los microcanales de la primera y/o segunda capa pueden quedar formadas por secciones de pared esencialmente planas. Especialmente conveniente es que las paredes laterales opuestas de los microcanales sean paralelas entre sí en la mayor parte de su longitud axial y se aproximen mutuamente bajo un ángulo agudo en una

zona extrema hasta la correspondiente abertura de salida con una sección de pared más corta.

Además es posible que, al menos, una pared de los microcanales tenga un diseño desigual. Mediante el diseño desigual de una o varias paredes de los microcanales pueden generarse de manera precisa turbulencias en el medio que fluye a través de los microcanales. Mediante el ajuste de tales turbulencias es posible influir sobre la velocidad de circulación y el caudal así como sobre la presión del medio que fluye a través de los microcanales. Por ejemplo, al menos, una pared de diseño desigual del microcanal puede tener un diseño ondulado.

En otro diseño los microcanales de la primera y/o segunda capa, pueden tener una estructura superficial generadora de turbulencias. La invención no queda limitada aquí a determinadas estructuras. Lo importante es, únicamente, transformar la corriente del medio que fluye a través de los microcanales en una corriente turbulenta. Como estructuras generadoras de turbulencias pueden utilizarse, por ejemplo, estructuras angulares de canal. El medio que fluye a través de los microcanales impacta entonces contra las paredes del canal colocadas formando entre sí un ángulo. Así se consiguen turbulencias del medio y, no en último lugar, también una mayor transmisión térmica. Las estructuras generadoras de turbulencias pueden estar presentes, por ejemplo, en toda la longitud de los microcanales. Sin embargo, también es posible que las estructuras generadoras de turbulencias solamente se formen parcialmente en determinadas zonas de los microcanales.

En un tipo de ejecución, a modo de ejemplo, del sistema según invención, aquellos microcanales, en los que la superficie de las aberturas de salida es menor que la de las correspondientes aberturas de entrada, se pueden estrechar de forma continua en extensión longitudinal donde, respectivamente, dos de las paredes de canal tienen un diseño desigual, por ejemplo en forma de ondas. En cuanto a las paredes de canal de diseño desigual se puede tratar, bien, de forma preferida, de las dos paredes laterales o del fondo o el techo del canal.

El objetivo de las diferentes estructuras de canal antes descritas consiste en transformar siempre las corrientes laminares eventualmente existentes por una variación adecuada de la estructura del canal en corrientes turbulentas. Mediante la turbulencia en la corriente se consigue una mezcla y, por lo tanto, una distribución homogénea de la temperatura de manera que se hace posible una forma constructiva del evaporador especialmente corta.

De preferencia, aquellas aberturas de salida de los microcanales cuya superficie es menor que la de las aberturas de entrada y/o que tienen una forma geométrica distinta a la de las últimas, pueden tener una sección transversal redonda, ovalada o elíptica.

En otra configuración, aquellas aberturas de salida de los microcanales, que tienen una superficie menor que las aberturas de entrada y/o tienen una forma geométrica diferente a la de las últimas, pueden tener una sección transversal poligonal. Aquí se puede tratar, por ejemplo, de una sección transversal triangular, una sección transversal cuadrada o una sección transversal con más ángulos. De especial preferencia, las aberturas de salida tienen una sección transversal cuadrangular, especialmente aproximadamente cuadrada o rectangular. La selección de la superficie transver-

sal y la forma de la sección transversal puede variar según la necesidad y el caso de aplicación de forma que la invención no queda limitada a determinadas secciones transversales. Si, por ejemplo, una pared de canal tiene una forma desigual, esta geometría desigual también puede reencontrarse, por ejemplo, en la superficie transversal de la abertura de salida. De la misma forma, las secciones transversales del microcanal pueden variar según necesidad de la forma descrita más arriba y adaptarse a cada necesidad.

Ventajosamente, se pueden prever, respectivamente, varias primeras capas y varias segundas capas. De preferencia, superpuestas alternativamente, una primera capa y una segunda capa alternante de manera que se produce una secuencia de capas. El número de primeras y segundas capas utilizadas para el sistema de evaporador resulta, especialmente, de las exigencias de potencia del sistema.

En una configuración ventajosa, los ejes longitudinales de los microcanales de la primera capa y de la segunda capa pueden estar orientadas formando un ángulo entre sí, de preferencia en un ángulo recto. De este forma, el sistema está diseñado según el así llamado "modo de construcción en corriente cruzada". La utilización del sistema como evaporador significa que el líquido a evaporar fluye a través de los correspondientes canales en una dirección de flujo perpendicular a la alineación de los canales en los que se encuentra el portador de calor.

Sin embargo, también es posible que los microcanales de la primera capa y los microcanales de la segunda capa estén orientados paralelos entre sí. En un tipo constructivo de este tipo, el líquido a evaporar y el medio portador de calor, si éste es por ejemplo líquido o gaseoso, pueden fluir a través de los microcanales ventajosamente en "contracorriente".

En el sistema como evaporador, las aberturas de entrada de la primera capa pueden conectarse, en cada caso, con la línea de alimentación para el medio a evaporar y sus aberturas de salida de tamaño menor o de forma diferente con una cámara de expansión, mientras que las aberturas de entrada de la segunda capa pueden conectarse con un conducto de alimentación para el medio portador de calor.

Según el segundo aspecto de la presente invención se proporciona un sistema de pilas de combustible con una o varias pilas de combustible que tiene/tienen, al menos, una alimentación y, al menos, una evacuación para un combustible así como, al menos, un conducto de alimentación y, al menos, una evacuación para un agente de oxidación, y con un dispositivo para generar/preparar el combustible que tiene un número de elementos de reactor. Al menos, uno de los elementos de reactor está diseñado como un sistema evaporador en técnica de microestructura según invención de acuerdo con la descripción anterior.

En cuanto a las ventajas, los efectos, la acción y el modo de funcionamiento del sistema de pilas de combustible según invención hacemos referencia y, por lo tanto, nos remitimos a las explicaciones anteriormente dadas sobre el sistema según invención en técnica de microestructura en todo su alcance.

Ventajosamente, el dispositivo para generar/preparar el combustible puede tener como elementos de reactor un evaporador, un reformador, un reactor paso a paso (shift-reactor) y una oxidación selectiva. Los distintos elementos de reactor pueden estar conectados entre sí por medio de los correspondientes con-

ductos de manera que el combustible fluya a través de los diferentes elementos de reactor durante su generación o bien preparación.

En algunos elementos reactor se producen aquí reacciones exotérmicas, es decir, que liberan calor. En otros elementos de reactor, por el contrario, se requiere calor.

Un evaporador, por ejemplo, es necesario si se quiere reformar hidrógeno de metanol, gasolina, etanol o de otros hidrocarburos líquidos o similares. El evaporador necesita calor para su funcionamiento. Aquí se trata en el elemento reactor del evaporador diseñado como sistema en técnica de microestructura según invención.

En cuanto a otro elemento reactor se trata de un reformador conectado aguas abajo del evaporador y en el que el material inicial del combustible se transforma en un combustible adecuado para la pila de combustible, por ejemplo en hidrógeno.

Otro elemento reactor puede estar diseñado, por ejemplo, para oxidación selectiva. Este elemento reactor es necesario si se sigue purificando el hidrógeno generado por el procedimiento de la oxidación parcial.

El gas se purifica, en primer lugar, de forma previa en un reactor paso a paso preconectado a la oxidación selectiva, por una reacción homogénea del gas pobre.

A continuación se introduce en la oxidación selectiva donde se consigue la depuración fina.

De preferencia, los microcanales de aquella capa o capas del sistema, cuya abertura de salida tiene una superficie menor y/o una forma geométrica diferente frente a la abertura de entrada, pueden estar conectados con un conducto de alimentación en el que se ha dispuesto un dispositivo de impulsión, especialmente una bomba. En cuanto al conducto de alimentación se trata, de preferencia, de una alimentación de combustible a través de la cual se introduce carburante líquido como material inicial para el combustible en el dispositivo para generar/preparar el combustible. Normalmente, el primer elemento reactor en el dispositivo para generar/preparar el combustible es el evaporador. Por el diseño del evaporador según invención, éste puede funcionar según el principio del "líquido sobrecalentado". Para poder alcanzar en los microcanales la presión aumentada del medio líquido a evaporar necesaria para este fin, se ha previsto, además, el dispositivo de impulsión a parte del diseño de los microcanales según invención, dispositivo de impulsión configurado, por ejemplo, como bomba. A través de la bomba se puede ajustar la presión del líquido a evaporar.

En otra configuración, los microcanales de aquella capa o aquellas capas del sistema, que tienen una abertura de salida con una superficie menor y/o con otra forma geométrica respecto de la abertura de entrada, están conectados con una cámara de expansión. Como "cámara" se puede entender en el presente caso de manera generalizada una superficie cerrada. Una cámara de expansión de este tipo puede tener diferentes diseños. Así, por ejemplo, puede estar construida como una tubería correspondientemente dimensionada que conecta el sistema evaporador con el próximo elemento de reactor, por ejemplo un reformador. Sin embargo, también es posible conectar el evaporador directamente con el reformador de manera que la cámara de expansión está construida como zona parcial

del reformador. Sin embargo, la invención no se limita a los dos ejemplos descritos.

Según se ha descrito más anteriormente, la presión se reduce hasta alcanzar la presión normal del líquido sobrecalentado, retenido en los microcanales con una presión mayor, después de salir de las aberturas de salida diseñadas diferentemente respecto de las aberturas de entrada, debido a lo cual el líquido pasa súbitamente de estado líquido a estado de vapor. Esta reducción de presión se produce, de preferencia, en una cámara de expansión que tiene un volumen considerablemente mayor comparado con el volumen de los microcanales. El volumen y la forma espaciales de la cámara de expansión pueden elegirse de manera arbitraria según necesidad y caso de aplicación.

Un sistema de pilas de combustible según se describe más adelante puede utilizarse ventajosamente para un vehículo. Debido al veloz desarrollo en el sector de vehículos de la tecnología de pilas de combustible, dicha utilización ofrece actualmente posibilidades de aplicación especialmente buenas. Sin embargo, también son imaginables otras posibilidades de utilización. Se pueden mencionar aquí, por ejemplo, pilas de combustible para aparatos móviles tales como computadoras o similares hasta incluidas instalaciones estacionarias tales como plantas de generación eléctrica. Especialmente adecuada es la técnica de pilas de combustible también para la alimentación eléctrica descentralizada de casas, plantas industriales o similares.

De manera preferida la presente invención se utiliza en conjunción con pilas de combustible con membranas de polímeros (PEM). Estas pilas de combustible tienen un gran rendimiento eléctrico, generan emisiones mínimas, tienen un comportamiento óptimo bajo carga parcial y están esencialmente exentas de desgaste mecánico.

Ahora se explica más en detalle, a modo de ejemplo, la invención con ayuda de ejemplos de ejecución haciendo referencia a los dibujos adjuntos:

La figura 1 muestra el esquema de conexiones de un sistema de pilas de combustible de acuerdo con la invención.

La figura 2 muestra en vista esquemática en perspectiva un sistema evaporador de acuerdo con la invención en técnica de microestructura, y

La figura 3 muestra en vista esquemática en planta de una primera capa del sistema con técnica de microestructura con una serie de microcanales.

En la figura 1 se ha representado un sistema de pilas de combustible 10 utilizado en el presente caso para operar un accionamiento eléctrico en un vehículo no representado.

El sistema de pilas de combustible 10 muestra una o varias pilas de combustible 11, cada una con un espacio anódico 12, un espacio catódico 16 y una membrana 15 intercalada entre ambos. El espacio anódico 12 está conectado con una línea de alimentación 13 y una línea de evacuación 14 para un combustible, en el presente caso hidrógeno. El espacio catódico 16 está conectado con una línea de alimentación 17 y una línea de evacuación 18 para un agente de oxidación, en el presente caso oxígeno o aire.

Además, se ha previsto un dispositivo 30 para generación/preparación del combustible que dispone de un número de elementos de reactor. En el presente caso, estos elementos de reactor están construidos como evaporador 40, reformador 31, reactor paso a paso 32

y una oxidación selectiva 33. En su lado de salida 34, el sistema 30 está conectado con el conducto de alimentación del combustible 13. Por su lado de entrada 35 el sistema 30 está conectado a través de un conducto de alimentación de carburante 19 con un tanque de carburante no representado. En el tanque de carburante se encuentra la materia prima para el combustible (carburante), por ejemplo metanol, gasolina, etanol o análogo, con el que se produce el combustible en el sistema 30, es decir hidrógeno. En el conducto de alimentación del carburante 19 se ha previsto un dispositivo de impulsión 20 configurado como una bomba.

El evaporador 40 del sistema 30 para generar/preparar el combustible está diseñado según la técnica de microestructuras, representándose de forma esquemática un detalle del mismo en la figura 2. Muestra una estructura estratificada con una primera capa 41 que tiene un número de microcanales 42. Los diferentes microcanales 42 tienen aberturas de entrada 43 con una sección transversal cuadrangular. Los microcanales 42 se forman por dos paredes de canal 46 laterales así como dos paredes de canal 45 que sirven como fondo o bien cubierta. Debido a que los microcanales 42 están conformados como estructuras de ranuras abiertas, la pared del canal 45 que sirve como cubierta de la primera capa 41 queda formada por el correspondiente fondo de una segunda capa 50 inmediatamente adyacente. Por los microcanales 42 fluye el medio líquido a evaporar, en el presente caso por el carburante líquido utilizado como materia prima para el combustible a obtener. La dirección de circulación del medio líquido a evaporar ha sido representada aquí por las flechas 48.

La segunda capa 50 también tiene un número de microcanales 51. Los microcanales 51 disponen, cada uno, de una abertura de entrada 52 así como de una abertura de salida 53. A través de los microcanales 51 fluye un medio portador de calor, por ejemplo un aceite o similar que aporta el calor necesario para la evaporación del medio líquido. El medio portador de calor se calienta, de preferencia, por medio de una fuente de calor adecuada en el exterior del evaporador 40 y se introduce en los microcanales 51 en estado caliente. La dirección de circulación del medio portador de calor queda indicada por las flechas 55.

Según otros tipos de ejecución, los microcanales 51 pueden estar recubiertos, por ejemplo, con una capa catalítica. El calor necesario puede generarse, entonces, directamente en los microcanales 51 mediante introducción de una mezcla reactiva (carburante/oxígeno) que reacciona bajo el efecto de la capa catalítica con generación de calor. Además, también es posible, obtener la energía necesaria para la evaporación del medio líquido a través de un sistema de calefacción eléctrico. Así, por ejemplo, se pueden disponer en taladros especiales directamente adyacentes a los microcanales, en cada caso, los correspondientes elementos calefactores tal como, por ejemplo, alambres calentadores, cartuchos calentadores o similares, los cuales son alimentados con corriente eléctrica a través de una fuente de potencia eléctrica adecuada, por ejemplo una batería o un generador. Con ello se calientan los elementos calefactores y éstos pueden transmitir el calor generado al medio líquido a evaporar.

Las dos capas 41, 50 según la figura 2 se componen de un material térmicamente conductor y están unidas entre sí de manera que se produce un inter-

cambio térmico entre el líquido a evaporar y el medio portador del calor. La conexión de las diferentes capas 41, 50 puede realizarse, por ejemplo, por medio de soldadura por difusión. Las dos capas 41, 50 están unidas entre sí, en el presente ejemplo, de manera que los diferentes microcanales 42, 51 están orientados formando un ángulo recto de manera que el correspondiente medio fluye a través de los mismos según el "principio de corriente cruzada".

En la figura 2, para una mejor visión general, se han representado solamente una sola primera capa 41 así como una sola segunda capa 50 respectivamente. Según las necesidades, el evaporador 40 puede tener varias capas 41 y 51 respectivamente que se apilan en este caso de forma alterna y forman una secuencia correspondiente de capas. En este caso una capa 41 para el medio a evaporar queda flanqueada por dos capas 50 para el medio portador de calor.

Para poder llevar a cabo una evaporación especialmente ventajosa del líquido sin las desventajas arriba descritas del estado actual de la técnica, se ha previsto según invención que los microcanales de, al menos, una de las capas tengan aberturas de salida cuya superficie es menor que la de las correspondientes aberturas de entrada. En el presente caso, solamente la primera capa 41, a través de la cual se conduce el carburante a evaporar, tiene microcanales 42 de este diseño. Esto no se ha representado en mayor detalle en la figura 2, sino se puede ver en la figura 3 más detalladamente. Alternativa o adicionalmente, también es posible que las aberturas de salida 44 tengan una forma geométrica distinta a las aberturas de entrada 43.

Como se puede ver de la figura 3, los microcanales 42 de la primera capa 41 tienen, cada uno, dos paredes laterales 46 planas en la mayor parte de su extensión longitudinal L, paredes laterales 46 que solamente se estrechan en sus zonas finales 47. De esta forma se producen aberturas de salida 44 cuya superficie es menor que la de las correspondientes aberturas de entrada 43. Naturalmente, el estrechamiento también puede conseguirse alternativa o adicionalmente mediante una conformación correspondiente de las paredes del canal 45 que sirven como fondo o cubierta. Por razones técnicas de fabricación, sin embargo, es recomendable configurar la pared de canal 45 de la cubierta, es decir el lado inferior de una capa 41, completamente plana.

Una primera capa 41 diseñada de esta forma puede fabricarse de manera especialmente sencilla y, por lo tanto, barata. Así, por ejemplo, la primera capa 41 puede fabricarse en primer lugar como material macizo. A continuación se incorporan los microcanales 42 con el diseño correspondiente en la primera capa. Esto puede realizarse, por ejemplo, por un procedimiento adecuado de ataque químico o similar.

Como se puede ver de la figura 3 en conjunción con la figura 2, las aberturas de salida 44 de los microcanales 42 lo mismo que las aberturas de entrada 43, tienen una sección transversal cuadrada. Tales secciones transversales pueden realizarse de manera especialmente sencilla. Sin embargo, la invención no queda limitada a tales secciones transversales, de forma que las aberturas de salida 44 también pueden tener otras secciones transversales, por ejemplo redondas, ovaladas o elípticas o secciones transversales con geometrías especiales.

A continuación se describe ahora el modo de fun-

cionamiento de un evaporador 40 de este tipo de construcción.

El medio líquido a evaporar entra en los microcanales de la primera capa 41 o bien de las primeras capas a través del conducto de alimentación del carburante 19. A través de la bomba 20 así como del estrechamiento de los microcanales 47 en sus zonas finales se consigue que el medio líquido a evaporar se encuentra en los microcanales 42 bajo presión aumentada.

Si ahora se conduce un medio portador de calor con una temperatura aumentada a través de los microcanales 51 de la segunda capa 50, una gran parte de la energía térmica almacenada en el medio portador de calor es transmitida al medio líquido a evaporar. Debido a que el medio líquido a evaporar en los microcanales 42 está bajo una presión mayor que la presión normal, se mantiene, de momento, a pesar del aumento de temperatura, en estado líquido en forma de líquido sobrecalentado, aunque bajo presión normal se hubiera evaporado hace tiempo. Cuando sale de los microcanales 42 a través de las aberturas de salida 44 menores, se reduce la presión del medio líquido y éste pasa súbitamente de estado líquido a estado gaseoso. Por el paso súbito del medio líquido caliente a estado gaseoso se evita que componentes del medio que salen del evaporador 40 sigan en estado líquido y se introduzcan en el reformador 31. También se evita mediante el evaporador 40 construido según invención el peligro de una posible "pulsación" como se ha descrito con relación al estado de la técnica actual.

Los microcanales 42 están conectados con una cámara de expansión no representada a través de sus aberturas de salida 44. Esta cámara de expansión ha de seleccionarse en cuanto a su forma y su volumen espaciales de manera que el medio a evaporar que se encuentra en los microcanales bajo presión aumentada, pueda expandirse al salir de las aberturas de salida según el principio del líquido sobrecalentado sin dificultad hasta alcanzar la presión normal debido a lo cual se produce el paso súbito de estado líquido a estado de vapor.

La cámara de expansión puede ser, por ejemplo, un tramo de tubería que conecta el evaporador 40 con el reformador 31 conectado aguas abajo. También es posible, conectar el reformador 31 directamente con el evaporador. En este caso, la cámara de expansión es, ventajosamente, una zona parcial del reformador 31.

Lista de referencias

10 = sistema de pilas de combustible

11 = pila de combustible

12 = espacio anódico

13 = conducto de alimentación de combustible

14 = conducto de evacuación de combustible (gas de salida anódico)

15 = membrana

16 = espacio catódico

17 = conducto de alimentación del agente de oxidación

18 = conducto de evacuación del agente de oxidación (gas de salida catódico)

19 = alimentación de carburante

20 = dispositivo de impulsión (bomba)

30 = dispositivo para la generación/preparación de combustible

31 = reformador

32 = reactor paso a paso

33 = oxidación selectiva

34 = lado de salida

35 = lado de entrada

40 = sistema en técnica de microestructura (evaporador)

41 = primera capa

42 = microcanal

43 = abertura de entrada

44 = abertura de salida

45 = pared del canal (fondo/cubierta)

46 = pared del canal (lateral)

47 = zona final

48 = dirección de circulación del medio a evaporar

50 = segunda capa

51 = microcanal

52 = abertura de entrada

53 = abertura de salida

54 = zona final

55 = dirección de circulación del medio portador de calor

L = extensión longitudinal de los microcanales

REIVINDICACIONES

1. Sistema evaporador en técnica de microestructura que tiene una construcción estratificada con, al menos, una primera capa (41) homogénea que incluye una serie de microcanales (42) y con, al menos, una segunda capa homogénea (50) que incluye una serie de microcanales (51), teniendo cada uno de los microcanales (42; 51) una abertura de entrada (43; 52) y una abertura de salida (44; 53) en relación a la dirección de circulación del medio, **caracterizado** porque

las aberturas de salida (44; 53) de los microcanales (42; 51) de la primera (41) y/o segunda (50) capa tienen, en sección transversal, una superficie menor que las correspondientes aberturas de entrada (43; 52) y/o porque las aberturas de salida (44; 53) de los microcanales (42; 51) de la primera (41) y/o segunda (50) capa tienen una forma geométrica diferente que las correspondientes aberturas de entrada (43; 52) de manera que en dichos microcanales (42; 51) la resistencia al flujo del medio a evaporar aumenta en dirección a las aberturas de salida (44; 53).

2. Sistema evaporador según la reivindicación 1, **caracterizado** porque

los microcanales (42; 51) de la primera (41) y/o la segunda (50) capa se estrechan entre las aberturas de entrada (43; 52) y las aberturas de salida (44; 53), siempre en dirección a las aberturas de salida (44; 53).

3. Sistema evaporador según la reivindicación 2, **caracterizado** porque los microcanales (42; 51) de la primera (41) y/o la segunda (50) capa se estrechan en toda su dirección longitudinal (L) de forma continua o solamente en sus zonas finales (47).

4. Sistema evaporador según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque las paredes (45; 46) de los microcanales (42; 51) de la primera (41) y/o la segunda (50) capa están formadas por secciones de pared esencialmente planas.

5. Sistema evaporador según la reivindicación 4, **caracterizado** porque las paredes de canal laterales (46) opuestas son paralelas entre sí durante la mayor parte de su longitud axial, aproximándose mutuamente bajo un ángulo agudo en una zona final (47) hasta la abertura de salida (44), respectivamente en una sección de pared más corta.

6. Sistema evaporador según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque los microcanales (42; 51) de la primera (41) y/o segunda (50) capa tienen una estructura superficial generadora de turbulencias o porque, al menos, una de las paredes (46) de los microcanales (42; 51) tiene una superficie desigual, especialmente ondulada.

7. Sistema evaporador según una de las reivindicaciones 1 a 3 ó 6, **caracterizado** porque aquellas aberturas de salida (44; 53) que han sido realizadas con una superficie menor que las aberturas de entrada (43; 52) y/o realizadas con una forma geométrica diferente a las últimas, tienen una sección transversal redonda, ovalada o elíptica.

8. Sistema evaporador según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque aquellas aberturas

de salida (44; 53) que han sido diseñadas con una superficie menor que las aberturas de entrada (43; 52) y/o con una forma geométrica diferente a la última, tienen una sección transversal poligonal.

9. Sistema evaporador según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** porque se han previsto respectivamente varias primeras capas (41) y varias segundas capas (50) en secuencia alternante.

10. Sistema evaporador según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado** porque los ejes longitudinales de los microcanales (42; 51) de la primera capa (41) y de la segunda capa (50) están orientados entre sí formando un ángulo, especialmente un ángulo recto.

11. Sistema evaporador según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado** porque los microcanales (42; 51) de la primera capa (51) y de la segunda capa (50) están orientados paralelos entre sí.

12. Sistema evaporador según una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado** porque las aberturas de entrada (43) de la primera capa (41) pueden conectarse con un conducto de alimentación para un medio a evaporar y porque las aberturas de entrada (52) de la segunda capa pueden hacerlo con un conducto de alimentación para un medio portador de calor.

13. Sistema de pilas de combustible con una o varias pilas de combustible (11), que tiene/tienen, al menos, un conducto de alimentación (13) y, al menos, un conducto de evacuación (14) para un combustible así como, por lo menos, un conducto de alimentación (17) y, al menos, un conducto de evacuación (18) para un agente de oxidación, y con un dispositivo (30) para generar/preparar el combustible, que tiene una serie de elementos de reactor (31, 32, 33, 40), donde, al menos, uno de los elementos de reactor está diseñado como sistema evaporador (40) según una de las reivindicaciones 1 a 12.

14. Sistema de pilas de combustible según la reivindicación 13, **caracterizado** porque los microcanales (42; 51) de aquella capa (41; 50) o capas del sistema (40) que tienen aberturas de salida (44; 53) con una superficie menor y/o una forma geométrica diferente que las aberturas de entrada (43; 52), están conectados por su lado de entrada a un conducto de alimentación (19) para un carburante líquido en el que se ha dispuesto un dispositivo impulsor, especialmente una bomba (20).

15. Sistema de pilas de combustible según la reivindicación 13 ó 14, **caracterizado** porque los microcanales (42; 51) de aquella capa (41; 50) o capas del sistema (40) que tienen una abertura de salida (44; 53) con una superficie menor y/o una forma geométrica diferente que las aberturas de entrada (43; 52), están conectados en su lado de salida con una cámara de expansión.

16. Sistema de pilas de combustible según la reivindicación 15, **caracterizado** porque la cámara de expansión del sistema (40) forma parte de una tubería de salida o parte de un reformador (31) conectado directamente.

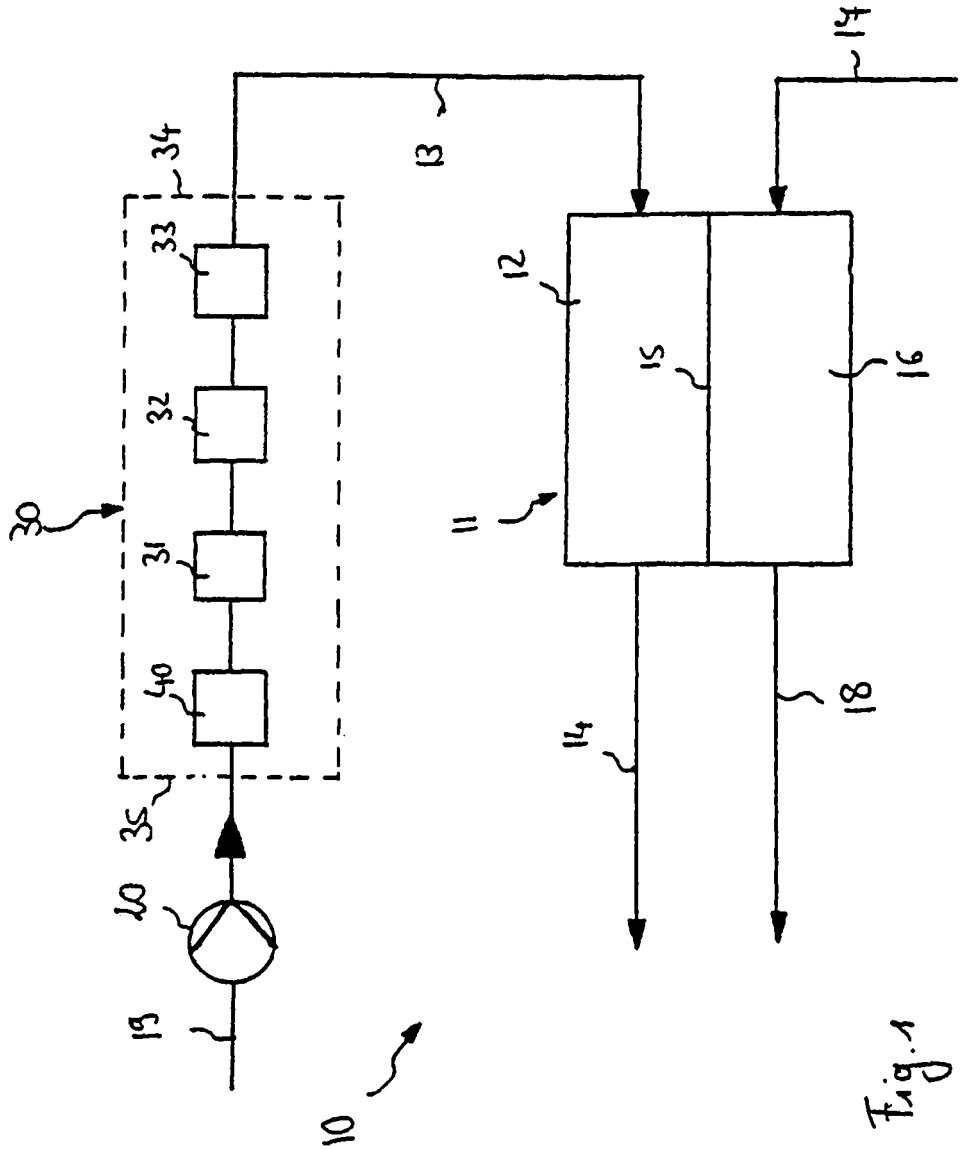


Fig. 1

