

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 373 992**

51 Int. Cl.:

**F28D 9/00** (2006.01)

**F28F 21/04** (2006.01)

**F28F 3/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07723516 .6**

96 Fecha de presentación: **22.03.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **1996889**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.12.2008**

54 Título: **INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS, PROCEDIMIENTO PARA SU FABRICACIÓN Y UTILIZACIÓN.**

30 Prioridad:  
**23.03.2006 DE 102006013503**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**10.02.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**10.02.2012**

73 Titular/es:  
**ESK CERAMICS GMBH & CO. KG  
MAX-SCHAIIDHAUF-STRASSE 25  
87437 KEMPTEN, DE**

72 Inventor/es:  
**MESCHKE, Frank y  
KAYSER, Armin**

74 Agente: **Morgades Manonelles, Juan Antonio**

ES 2 373 992 T3

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

**DESCRIPCIÓN**

Intercambiador de calor de placas, procedimiento para su fabricación y utilización

Campo de la presente invención

5 La presente invención se refiere a un intercambiador de calor de placas que comprende una pluralidad de placas, preferentemente de material cerámico sinterizado, al procedimiento para la fabricación de tal intercambiador de calor, así como a su utilización como intercambiador de calor de alta temperatura o para el uso con medios corrosivos, también como reactor. El documento FR-A-2314461 describe un intercambiador de calor de placas según el preámbulo de la reivindicación de patente 1.

Antecedentes de la presente invención

10 El objetivo de los intercambiadores de calor es una transmisión de calor especialmente eficaz entre dos medios que fluyen de forma separada, es decir que transmitan la máxima cantidad de calor con una superficie de intercambio lo más pequeña posible. Al mismo tiempo, deben presentar una resistencia muy baja a los flujos, para que las bombas utilizadas para la impulsión consuman la menor energía posible. En el caso de que circulen medios muy agresivos o corrosivos por el intercambiador de calor, incluso con temperaturas elevadas por encima de los 200°C, es preciso  
15 que todos los materiales dentro del intercambiador que estén en contacto con el medio ofrezcan suficiente resistencia a la corrosión. Esto incluye, amén de las superficies de intercambio, también todas las juntas y pasos. Asimismo, los intercambiadores deberían tener un diseño tal que se permita en caso necesario un vaciado sencillo del intercambiador sin dejar restos del fluido caloportador, por ejemplo para tareas de mantenimiento.

20 Los intercambiadores de calor de placas son una variante especial de los intercambiadores de calor. Se caracterizan por un diseño particularmente compacto. Las placas de un intercambiador de calor de placas poseen por lo general cerca de la superficie de intercambio una estructura gofrada o corrugada, que a menudo se denomina dibujo en espiga o chevron. El gofrado hace que el fluido caloportador, que circula entre el espacio de dos placas adyacentes, empieza a arremolinarse, contribuyendo de esta forma a una mejor transmisión del calor. Al mismo tiempo, presenta tal estructura una resistencia relativamente baja al flujo del fluido caloportador, consiguiendo así en gran parte una  
25 transmisión efectiva del calor con pocas pérdidas de presión.

Las placas casi siempre descansan de forma suelta en los bordes y están separadas por juntas. Dado que las juntas de plástico sólo se pueden utilizar para temperaturas máximas de hasta 300°C, en los intercambiadores de calor con placas metálicas, previstos para mayores temperaturas de servicio o presiones, se sueldan las placas en los bordes mediante soldadura directa o indirecta.

30 El espacio entre dos placas adyacentes forma una cámara sellada. Tanto el volumen de cada cámara, como el gofrado de las placas, determinan de forma significativa la pérdida de presión y la eficacia durante la transmisión del calor. Un gran volumen de la cámara ayuda en ambos casos y debe intentarse conseguir. Sin embargo, al mismo tiempo se acepta con ello un cierto riesgo de funcionamiento. A menos que se utilicen elementos de soporte en las cámaras, la generación de una alta presión diferencial inesperada entre cámaras adyacentes puede producir una fuerte deformación en las placas metálicas o, en caso de materiales frágiles, una rotura de las mismas. Las placas  
35 previstas para esta aplicación se fabrican de materiales metálicos, en particular de aceros anticorrosivos, titanio o tantalio. También el grafito se utiliza para aplicaciones industriales.

40 La cerámica SIC sinterizada SIC (SSiC) es un material universal anticorrosivo, pero frágil, que está exento de silicio metálico, al contrario del carburo de silicio infiltrado con silicio (SiSiC). Debido a su altísima conductividad térmica, el SSiC es ideal como superficie de intercambio en intercambiadores de calor. Además se puede utilizar con temperaturas elevadas de hasta más de 1.000°C. Al contrario del SiSiC, el SSiC presenta una resistencia a la corrosión incluso en agua caliente o medios fuertemente básicos.

45 A pesar de su buena aptitud, en general, para intercambiadores de calor, la cerámica SIC sinterizada (SSiC) aún no se aplica a nivel industrial en intercambiadores de calor de placas, sino a lo sumo en intercambiadores de calor tubulares. La razón para ello radica en que hasta la fecha no existe ningún diseño ni procedimiento adecuado que permita la fabricación de componentes de SSiC para intercambiadores de calor de placas con suficiente transmisión de calor y al mismo tiempo con poca pérdida de presión.

Estado de la técnica

50 El documento DE 28 41 571 C2 describe un transmisor de calor de un material cerámico con un flujo del fluido caloportador en forma de L, utilizando preferentemente como material una cerámica SIC infiltrada de silicio (SiSiC) o nitruro de silicio. Estos materiales adolecen la desventaja de que no tienen una resistencia universal a la corrosión. En agua caliente o medios fuertemente básicos se desprende el silicio metálico, utilizado como fase ligante en el SiSiC para la infiltración y el sellado. La consecuencia son fugas y una pérdida de resistencia. En el nitruro de silicio se comienzan a disolverse relativamente rápido los límites de grano y se descompone poco a poco la superficie.

5 La construcción propuesta en el documento DE 28 41 571 C2 adolece la desventaja de que el intercambiador de calor se compone de un gran número de elementos de diferente geometría, por lo que no se cumple la especificación de una construcción modular de fácil ampliación. Además, este tipo de construcción requiere una gran cantidad de soldaduras, lo que, condicionado por el proceso de sinterización sin presión para los materiales utilizados, aumenta el riesgo de fugas en el intercambiador de calor. El sistema de conductos seleccionado conlleva además una alta pérdida de presión así como un bajo rendimiento de transmisión de calor en el intercambiador.

10 El documento DE 197 17 931 C1 describe como alternativa de material una cerámica reforzada con fibras (C/SiC o SiC/SiC) para el uso en intercambiadores de calor que trabajan a altas temperaturas comprendidas entre 200 y 1.600°C y/o medios corrosivos. Comparados con los SSiC, estos materiales requieren un proceso de fabricación bastante más complejo y costoso. Aparte de esto, los materiales cerámicos compuestos de fibras S/SiC y SiC/SiC presentan por lo general una porosidad uniforme, impidiendo por tanto una estanqueidad hermética. Ni siquiera una impregnación adicional de la superficie, aunque sea compleja y muy costosa, no puede compensar estas desventajas.

15 Como variante, el documento EP 1 544 565 A2 describe la utilización de cerámica reforzada con fibras o de SiC, especialmente para las placas de un transmisor de calor de placas de alta temperatura. La estructura de los conductos, descrita en la presente invención, posee aletas o nervios y está diseñada especialmente para la circulación de gases calientes, en particular para turbinas de gas. Un empleo de esta construcción con medios líquidos reduciría el rendimiento y aumentaría la pérdida de presión. El intercambiador de calor de placas se fabrica mediante el proceso de colado en cinta y se junta mediante soldadura fuerte. Sin embargo, los puntos de soldadura son, en caso de utilizar medios corrosivos, siempre puntos débiles, de modo que semejante intercambiador de calor no es apto para el uso con medios muy corrosivos, por ejemplo lejía.

20 El documento EP 0 074 471 B1 describe un procedimiento de fabricación para un intercambiador de calor de placas cerámicas mediante un proceso de colado en cinta y un laminado. El proceso de laminado está orientado especialmente al SiSiC como material y a la silicificación líquida como método de fabricación. La figura 2 de esta descripción de la patente muestra una forma de realización de un intercambiador de gas que dispone de desviadores situados verticalmente al sentido de flujo, para asegurar una distribución uniforme de la temperatura en los conductos. No obstante, el rendimiento de transmisión de calor y la pérdida de presión de este tipo de intercambiador de calor todavía no son satisfactorios.

#### Objetivo de la presente invención

30 Por lo tanto, el objetivo de la presente invención es proporcionar un intercambiador de calor de placas de mejor rendimiento en la transmisión del calor y con una pérdida de presión reducida, que en caso necesario puede funcionar también a temperaturas elevadas y/o con medios corrosivos. Además, se especifica un procedimiento para la fabricación de semejante intercambiador de calor.

#### Resumen de la presente invención

35 Dicho objetivo se alcanza según la presente invención mediante un intercambiador de calor de placas que comprenda una pluralidad de placas según la reivindicación 1, los procedimientos para la fabricación de semejante intercambiador de calor de placas según las reivindicaciones 19 y 20, así como mediante la utilización del intercambiador de calor de placas según las reivindicaciones 22 y 23. En las reivindicaciones subordinadas se indican opciones de diseño ventajosas o particularmente funcionales del objeto de la patente.

40 Por lo tanto, el objetivo de la patente es un intercambiador de calor de placas que comprenda una pluralidad de placas con conductos para el fluido caloportador, que tengan tal forma que el fluido caloportador recorra la superficie de cada placa básicamente en forma de serpentín. Las paredes laterales de los conductos disponen además de varias aberturas que producen un arremolinado del fluido caloportador.

45 Objeto de la patente es también un procedimiento para la fabricación de semejante intercambiador de calor de placas, en el cual las distintas placas están apiladas y unidas por juntas perimetrales.

Objeto de la patente es asimismo un procedimiento para la fabricación de semejante intercambiador de calor de placas, en el cual las distintas placas están apiladas y unidas a un bloque monolítico sin soldaduras mediante el proceso de soldadura por difusión en atmósfera de gas inerte o en vacío y una temperatura de al menos 1.600°C y en caso necesario con la aplicación de una carga.

50 El intercambiador de calor de placas según la presente invención sirve de intercambiador de calor de alta temperatura y/o para el uso con medios corrosivos.

El intercambiador de calor de placas según la presente invención puede utilizarse asimismo como reactor con por lo menos dos circuitos hidráulicos separados.

Además, el intercambiador de calor de placas según la presente invención sirve de reactor, previendo entre las placas una o varias placas mezcladoras adicionales que tienen un sistema de conductos distinto al de las otras placas.

5 En las distintas placas del intercambiador de calor de placas objeto según la presente invención los conductos para el fluido caloportador tienen tal configuración que el fluido caloportador recorra la superficie de cada placa básicamente en forma de serpentín. Las paredes laterales de los conductos disponen además de varias aberturas que producen un arremolinado del fluido caloportador. Según la presente invención se ha conseguido de esta manera un diseño para placas de materiales frágiles como por ejemplo grafito o vidrio, preferentemente de materiales cerámicos sinterizados, en particular de SSiC, que produce un fuerte arremolinado en el fluido caloportador, consiguiendo por tanto una transmisión eficiente del calor y al mismo tiempo poca pérdida de presión. Dicho diseño posee además suficiente cantidad de puntos de apoyo en la superficie de intercambio para amortiguar deformaciones o roturas frágiles en caso de diferencias de presión, permite un vaciado completo del fluido caloportador en caso de tareas de mantenimiento y la fácil integración de juntas de plástico y posibilita al mismo tiempo mediante un proceso de soldadura por difusión la fabricación de un bloque monolítico sin soldaduras de las placas.

Una ventaja adicional del diseño de las placas según la presente invención es la posibilidad de integrar en las propias placas aberturas de entrada y salida para el fluido caloportador, por ejemplo en forma de orificios.

20 La transmisión de calor en un intercambiador de calor de placas según la presente invención es aproximadamente de un 5 hasta un 30% más alto y la pérdida de presión hasta un 30% más baja, comparados con intercambiadores de calor de placas con tecnología actual. En particular, la pérdida de presión es un criterio importante en el diseño de un intercambiador de calor, ya que se permite reducir en consecuencia el caudal de bombeo.

Descripción detallada de la presente invención

25 El intercambiador de calor de placas según la presente invención tiene un diseño con varias placas, preferentemente de material cerámico sinterizado, que están apiladas. Como material cerámico sinterizado sirve en particular carburo de silicio sinterizado (SSiC), carburo de silicio reforzado con fibras, nitruro de silicio o combinaciones de ellos, siendo el SSiC el material preferido con una distribución granulométrica bimodal y opcionalmente hasta un 35 % vol. de otros componentes como grafito, carburo de boro u otras partículas cerámicas, dado que este material es especialmente indicado para uniones por difusión en un proceso de termoprensado (soldadura por difusión). El carburo de silicio sinterizado con una distribución granulométrica bimodal contiene preferentemente entre un 50 y 90 % vol. de cristalitas de SiC prismáticas en forma de laminillas con una longitud de entre 100 y 1.500  $\mu\text{m}$ , así como entre un 10 y 50 % vol. de cristalitas de SiC prismáticas en forma de laminillas con una longitud de entre 5 y menos de 100  $\mu\text{m}$ . La granulometría o longitud de las cristalitas de SiC puede determinarse mediante micrografías de microscopía óptica, por ejemplo con la ayuda de un programa de análisis de imágenes que determina el diámetro máximo de Feret de un grano.

35 En las placas utilizadas según la presente invención, los conductos en las placas están unidos con una primera abertura de entrada y una primera abertura de salida para un primer fluido caloportador. Además, se pueden prever una segunda abertura de entrada y una segunda abertura de salida para un segundo fluido caloportador que alimenta una placa adyacente, siendo posible que estas aberturas sean simples orificios.

40 Según una forma de realización preferida, una placa de un primer tipo de placa contiene un sistema de conductos para un primer fluido caloportador y una placa adyacente de un segundo tipo de placa contiene un sistema de conductos para un segundo fluido caloportador. En esta forma de realización se pueden prever placas del primer tipo de placa y placas del segundo tipo de placa en cualquier orden, para hacer posible una adaptación variable de la velocidad. Para ello, se duplican o triplican las placas conectadas en paralelo o en serie de uno de ambos circuitos del intercambiador de calor, para dejar fluir el caudal necesario por las placas con una velocidad definida. De ello, resulta el orden de apilamiento de las placas de los intercambiadores, por ejemplo según A-BB-A-BB... o A-BBB-A-BBB...

El diseño de las placas del intercambiador de calor según la presente invención permite también un funcionamiento doble o múltiple. Para ello se conectan las placas de un circuito en serie en vez de en paralelo, por lo que se proporciona de esta forma al fluido caloportador un recorrido más largo para el calentamiento o enfriamiento.

50 En otra forma de realización preferida, el sistema de conductos de las placas presenta simetría especular. Este diseño simétrico permite el apilamiento alternante de las placas, giradas 180°, de modo que las aberturas de entrada se encuentran alternadamente en el lado izquierdo y derecho. Esta disposición permite la fabricación de un intercambiador de calor con un diseño único para todas las placas, lo que ofrece ventajas desde el punto de vista de la fabricación.

55 Conforme a una forma de realización se pueden prever dentro de una misma placa por lo menos dos sistemas de conductos por separado para diferentes fluidos caloportadores, entre los cuales se pretende que tenga lugar una transmisión de calor. En este caso, es preferible que los diferentes fluidos caloportadores tengan flujos contrarios en su respectivo sistema de conductos.

Las placas utilizadas conforme a la presente invención tienen preferentemente un espesor de fondo de entre 0,2 y 20 mm, en particular unos 3 mm. El caudal en una superficie de intercambio recorre la placa por el sistema de conductos según la presente invención en forma de serpentín, para conseguir de esta forma un tiempo de permanencia lo más largo posible. Las paredes laterales o paredes-guía de los conductos en la superficie de intercambio tienen preferentemente una altura de entre 0,2 y 30 mm, medida desde el fondo de la placa, otra preferentemente de entre 0,2 y 10 mm, y en particular de entre 0,2 y 5 mm. Las paredes laterales de los conductos están conformadas como nervios y pueden fabricarse mediante un fresado, pero también mediante un prensado cercano a la forma final. Las paredes laterales de los conductos poseen cortes o aberturas en puntos definidos, que tienen preferentemente un ancho de entre 0,2 y 20 mm y otro preferentemente de entre 2 y 5 mm. Estas aberturas producen un fuerte arremolinado del fluido caloportador y permiten, gracias al recorrido básicamente en forma de serpentín, una mayor y mejor eficacia de la transmisión del calor. Además, estas aberturas permiten reducir considerablemente la alta pérdida de presión que suelen tener los intercambiadores de calor de placas convencionales. Con la cantidad y el ancho de las aberturas se puede regular arbitrariamente la pérdida de presión. Las aberturas contribuyen también a facilitar el vaciado completo del intercambiador de calor en posición vertical.

Las paredes laterales cortadas de los conductos actúan también de puntos de apoyo, evitan deformaciones indeseadas de las placas en caso de diferencias de presión y previenen roturas de las mismas.

Según una forma de realización de un intercambiador de calor de placas según la presente invención, las distintas placas están apiladas y unidas mediante juntas perimetrales. Para ello sirven juntas de plástico convencionales, que se pueden utilizar para temperaturas de hasta 300°C. Este modo de construcción con una unión mediante juntas es muy económico y tiene sus ventajas sobre todo en el momento de desmontar el intercambiador de calor para tareas de mantenimiento y limpieza.

Según una forma de realización adicional del intercambiador de calor de placas según la presente invención, las distintas placas están apiladas y unidas por adherencia de materiales a un bloque monolítico sin soldaduras. Este modo de construcción monolítico, que une las placas sin juntas y de forma hermética mediante un proceso sin soldaduras, es particularmente ventajoso para aplicaciones con altas temperaturas y con medios contaminantes o corrosivos.

Según una forma de realización adicional del intercambiador de calor de placas según la presente invención, por lo menos dos de las placas están apiladas y unidas por adherencia de materiales a un bloque monolítico, y por lo menos dos de semejantes bloques monolíticos están unidos mediante juntas perimetrales. Esta así denominada realización semisellada puede ser particularmente apropiada en caso de utilizar medios corrosivos en un circuito y medios propensos a la formación de incrustaciones en otro circuito. Para ello y según la presente invención se sinterizan por lo menos de dos en dos las placas para el medio corrosivo, apilando herméticamente los resultantes bloques monolíticos de placas mediante juntas apropiadas de plástico, por ejemplo de material elastómero. Este tipo de intercambiador de calor de placas puede desmontarse en cualquier momento, por ejemplo para eliminar las incrustaciones en las cámaras selladas.

Para la fabricación de un bloque monolítico, como se describe más arriba, se apilan las distintas placas y se unen a un bloque monolítico sin soldaduras mediante el proceso de soldadura por difusión en atmósfera de gas inerte o en vacío y una temperatura de al menos 1.600°C, preferentemente por encima de 1.800°C, en particular por encima de 2.000°C, y en caso necesario con la aplicación de una carga, de modo que los componentes a unir sufran preferentemente una deformación plástica en dirección de la fuerza aplicada inferior a un 5% y otra, preferentemente inferior a 1%. Como proceso de soldadura por difusión sirve particularmente un proceso de termoprensado, utilizando placas cerámicas de SiC sinterizado (SSiC), en particular de SSiC de grano grueso con una distribución granulométrica bimodal, tal como se menciona más arriba, que puede contener hasta un 35 % vol. de otros componentes, como grafito, carburo de boro u otras partículas cerámicas.

La resistencia a la deformación plástica con altas temperaturas se denomina en la ciencia de materiales resistencia a la fluencia a altas temperaturas. Como medida para la resistencia a la fluencia se utiliza la así denominada tasa de fluencia. Se ha puesto de manifiesto de forma sorprendente que la tasa de fluencia de las placas cerámicas a unir puede utilizarse como un parámetro central, para ajustar a un mínimo la deformación plástica en un proceso de unión para la unión sin soldaduras de las placas cerámicas sinterizadas. La mayoría de los materiales SiC sinterizados, disponibles comercialmente, tienen una estructura con una distribución granulométrica monomodal y una granulometría de unos 5 µm. Con unas temperaturas de unión superiores a 1.700°C poseen por tanto una actividad de sinterización lo suficientemente alta, pero ofrecen una resistencia demasiado baja a la fluencia para una unión de baja deformación. Por eso, hasta la fecha se ha observado en la soldadura por difusión de tales componentes siempre una alta deformación plástica. Dado que por lo general la resistencia a la fluencia de los materiales SSiC no difiere mucho, hasta ahora no se ha tomado en consideración la tasa de fluencia para la unión de SSiC como parámetro variable aplicable.

Resultó entonces que mediante la variación de la estructura cristalina se podía variar ampliamente la tasa de fluencia de SSiC. Sólo por la utilización de ciertas variedades, como tales con una distribución granulométrica bimodal, se consigue una unión de baja deformación de los materiales SSiC. Según la presente invención, las placas cerámicas a unir se componen preferentemente de un material SSiC, cuya tasa de fluencia durante el

proceso de unión siempre sea menor de  $2 \times 10^{-4}$  1/s, preferentemente siempre menor de  $8 \times 10^{-5}$  1/s, y en particular siempre menor de  $2 \times 10^{-5}$  1/s.

5 Durante el proceso de soldadura por difusión, aplicado según la presente invención, se aplica preferentemente una carga mayor de 10 kPa, en particular mayor de 1 MPa y aún mejor mayor de 10 MPa, preferentemente con una duración mayor de 10 minutos, en particular de 30 minutos a una temperatura de al menos 1.600°C.

Por lo tanto, el procedimiento de fabricación según la presente invención permite ahora la fabricación de intercambiadores de calor de placas como un monolito sin soldaduras, en los que las juntas o los cordones de soldadura han sido los puntos débiles hasta la fecha. Los intercambiadores de calor de placas fabricadas de esta forma de cerámica SiC sinterizada ofrecen por tanto una alta resistencia a la temperatura y la corrosión.

10 Tal y como se menciona más arriba, el intercambiador de calor con placas realizadas según la presente invención sirve también de reactor, por ejemplo para la evaporación y condensación, pero también para otras transformaciones alotrópicas, como por ejemplo procesos de cristalización selectivos. En caso de un empleo para una evaporación y condensación y para conseguir menos pérdida de presión es preferible que las distancias entre sí de las paredes laterales de los conductos aumenten o disminuyan desde la entrada del fluido caloportador hasta la salida del fluido caloportador.

15 Para una utilización especialmente eficaz del reactor resulta conveniente montar placas mezcladoras entre las placas realizadas según la presente invención, sirviendo estas últimas para la regulación de la temperatura de las placas mezcladoras. Las placas mezcladoras pueden tener geometrías diferentes. Para un tiempo de permanencia controlado y una reacción de precipitación definida, como por ejemplo para procesos de cristalización selectivos, es ventajoso utilizar placas mezcladoras con conductos rectos e ininterrumpidos. Pero también se pueden mezclar en la placa mezcladora a una temperatura definida al menos dos caudales previamente separados. Para ello se utilizan conductos con una estructura tal, que conduzca los caudales hacia una zona definida de la placa mezcladora y los mezcle de forma muy intensa. Las placas mezcladoras pueden presentar también recubrimientos catalíticos, que aceleren de forma selectiva la reacción química.

25 Los bloques intercambiadores de calor herméticamente cerrados según la presente invención ya no necesitan los pesados bastidores convencionales para la fijación y conexión de las bridas, sino que solamente deben tener contacto con un adecuado sistema de bridas en los taladros de alimentación. En una realización de la presente invención el intercambiador de calor de placas incluye por tanto un sistema cerámico o metálico de bridas para la entrada y salida de fluidos caloportadores en la parte superior y/o inferior (tapa y/o fondo) del intercambiador de calor de placas. Para el sellado del sistema de bridas se utiliza en aplicaciones de alta temperatura preferentemente un sellante a base de mica.

Descripción abreviada de las figuras adjuntas

Figura 1 representa la vista en planta de una placa de un intercambiador de calor, utilizada según la presente invención, de material cerámico sinterizado;

35 Figura 2 representa la vista en planta de una placa mezcladora, utilizada según la presente invención; y las

Figuras 3a y 3b son fotografías de intercambiadores de calor de placas según la presente invención, incluyendo sistemas de bridas.

40 Tal como se representa en la figura 1, una placa 1 utilizada según la presente invención presenta un sistema de conductos 2, que permite un recorrido del fluido caloportador básicamente en forma de serpentín en la superficie de la placa. Las paredes laterales 3 de los conductos 2 constan en esta figura de nervios con un ancho de 3 mm, que tienen varias aberturas 4 con un ancho de 3,5 mm. La placa dispone además de una primera abertura de entrada 5 así como de una primera abertura de salida 6, ambos en forma de un taladro con un radio de 30 mm, para un fluido caloportador. Además, se han previsto en la placa una segunda abertura de entrada 7 y una segunda abertura de salida 8, que sirven de paso para abastecer una cámara adyacente con otro fluido caloportador. La segunda

45 abertura de entrada y la segunda abertura de salida constan cada una de taladros con un radio de 32 mm. La longitud total de la placa tiene en esta forma de realización 500 mm y su ancho es de 200 mm. Como se puede apreciar, el sistema de conductos tiene en esta forma de realización simetría especular, lo que permite el apilamiento alternante de las placas, giradas 180°, de modo que las aberturas de entrada se encuentran alternadamente en el lado izquierdo y derecho.

50 La figura 2 representa una placa mezcladora 9 utilizada según la presente invención, con una primera abertura de entrada 10 para un primer fluido caloportador y una segunda abertura de entrada 11 para un segundo fluido caloportador. Los desviadores 12 reúnen ambos fluidos caloportadores de tal modo que se produzca una mezcla intensa de estos últimos. El fluido caloportador mezclado sale por la abertura de salida 13.

Las figuras 3a y 3b representan la forma de fijar bridas metálicas en un monolito cerámico.

Ejemplos

El siguiente ejemplo sirve para una explicación detallada de la presente invención.

Ejemplo de aplicación de un intercambiador de calor

5 Se fabrica un intercambiador de calor cerámico con placas del mismo tipo que el representado en la figura 1. Las placas tienen una longitud de 500 mm, un fondo con un espesor de 3 mm y conductos con una altura de 3,5 mm. Las paredes laterales tienen aberturas con un ancho de 3 mm. Para la fabricación del bloque intercambiador se utilizan cuatro placas según la presente invención y una placa-tapa, siendo todos los componentes de carburo de silicio sinterizado con una distribución granulométrica bimodal. Todas las placas cerámicas se apilan y se unen por adherencia de materiales a un bloque monolítico sin soldaduras. Las placas tienen una configuración tal dentro del bloque, que dos caudales contracorrientes puedan intercambiar calor. El bloque intercambiador de carburo de silicio sinterizado y herméticamente cerrado está provisto de cuatro bridas metálicas con un diámetro interior de 50 mm. El intercambiador de calor funciona con medios acuosos. Con un caudal de 1.000 l/h se produce una pérdida de presión de 100 mbar y se transmiten 6.000 W/m<sup>2</sup>K.

10

**DOCUMENTOS MENCIONADOS EN LA DESCRIPCIÓN**

*Esta lista de los documentos facilitados por el solicitante solo se incluye para la información del lector y no forma parte del documento de patente europeo. La lista ha sido confeccionada con máximo esmero; no obstante, la Oficina Europea de Patentes no se hace responsable de posibles errores u omisiones.*

**5 Documentos de patente mencionados en la descripción**

- FR 2314461 A
- DE 2841571 C2
- DE 19717931 C1
- EP 1544565 A2
- EP 00774471 B1

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Intercambiador de calor de placas que comprende varias placas (1) con conductos (2) para el fluido caloportador, cuya forma sea tal que resulte un recorrido del fluido caloportador por la superficie de cada placa básicamente en forma de serpentín, caracterizado porque las paredes laterales (3) de los conductos (2) disponen de una pluralidad de aberturas (4) que producen un arremolinado del fluido caloportador.
2. Intercambiador de calor de placas según la reivindicación 1, provisto de unas placas (1) de material cerámico, preferentemente de carburo de silicio sinterizado (SSiC), carburo de silicio reforzado con fibras, nitruro de silicio o combinaciones de ellos.
- 10 3. Intercambiador de calor de placas según la reivindicación 2, siendo el material cerámico sinterizado de carburo de silicio sinterizado con una distribución granulométrica bimodal y opcionalmente hasta un 35 % vol. de otros componentes como grafito, carburo de boro u otras partículas cerámicas.
- 15 4. Intercambiador de calor de placas según la reivindicación 3, en el que el carburo de silicio sinterizado tiene una distribución granulométrica bimodal de entre un 50 y 90 % vol. de cristalitas de SiC prismáticas en forma de laminillas con una longitud de entre 100 y 1.500  $\mu\text{m}$ , así como entre un 10 y 50 % vol. de cristalitas de SiC prismáticas en forma de laminillas con una longitud de entre 5 y menos de 100  $\mu\text{m}$ .
- 20 5. Intercambiador de calor de placas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que los conductos (2) en las placas están unidos con una primera abertura de entrada (5) y una primera abertura de salida (6) para un primer fluido caloportador.
6. Intercambiador de calor de placas según la reivindicación 5, en el que la placa está provista de una segunda abertura de entrada (7) y una segunda abertura de salida (8) para un segundo fluido caloportador que alimente una placa adyacente.
7. Intercambiador de calor de placas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que una placa de un primer tipo de placa contiene un sistema de conductos para un primer fluido caloportador y una placa adyacente de un segundo tipo de placa contiene un sistema de conductos para un segundo fluido caloportador.
- 25 8. Intercambiador de calor de placas según la reivindicación 7, en el que unas placas del primer tipo de placa y unas placas del segundo tipo de placa están apiladas en cualquier orden.
9. Intercambiador de calor de placas según por lo menos cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el sistema de conductos presenta simetría espejular.
- 30 10. Intercambiador de calor de placas según por lo menos cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que dentro de una placa están previstos al menos dos sistemas de conductos por separado para diferentes fluidos caloportadores, entre los cuales se pretende que tenga lugar una transmisión de calor.
11. Intercambiador de calor de placas según la reivindicación 10, en el que los distintos fluidos caloportadores tienen flujos contracorrientes en sistemas de conductos separados.
- 35 12. Intercambiador de calor de placas según por lo menos cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que las placas (1) presentan un espesor de fondo comprendido entre 0,2 y 20 mm, preferentemente unos 3 mm.
13. Intercambiador de calor de placas según por lo menos cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que las paredes laterales (3) de los conductos (2) presentan una altura de entre 0,2 y 30 mm, preferentemente comprendida entre 0,2 y 10 mm, y en particular de entre 0,2 y 5 mm.
- 40 14. Intercambiador de calor de placas según por lo menos cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que las aberturas (4) de las paredes laterales (3) tienen un ancho de entre 0,2 y 20 mm, preferentemente de entre 2 y 5 mm.
15. Intercambiador de calor de placas según por lo menos cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en el que las placas (1) están apiladas y unidas mediante unas juntas perimetrales.
- 45 16. Intercambiador de calor de placas según por lo menos cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en el que las placas (1) están apiladas y unidas por adherencia de materiales a un bloque monolítico sin soldaduras.
17. Intercambiador de calor de placas según por lo menos cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, en el que por lo menos dos de las placas (1) están apiladas y unidas por adherencia de materiales a un bloque monolítico sin soldaduras y por lo menos dos de tales bloques monolíticos están unidos mediante juntas perimetrales.
- 50 18. Intercambiador de calor de placas según por lo menos cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, que incluye un sistema cerámico o metálico de bridas para la entrada y salida de fluidos caloportadores en la parte superior y/o inferior del intercambiador de calor de placas.

19. Procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor de placas según por lo menos cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15 y 17, según el que las distintas placas o bloques monolíticos se apilan y se unen entre sí mediante juntas perimetrales.
- 5 20. Procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor de placas según por lo menos cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14 y 16, según el que se apilan las distintas placas y se unen a un bloque monolítico sin soldaduras mediante un proceso de soldadura por difusión en atmósfera de gas inerte o en vacío y una temperatura de por lo menos 1.600°C y en caso necesario con la aplicación de una carga.
21. Utilización de un intercambiador de calor de placas según por lo menos cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18 como intercambiador de calor de alta temperatura y/o para el uso con medios corrosivos.
- 10 22. Utilización de un intercambiador de calor de placas según por lo menos cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18 como reactor con al menos dos circuitos hidráulicos separados.
23. Utilización de un intercambiador de calor de placas según lo menos cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18 como reactor, de modo que se prevean entre las placas (1) una o varias placas mezcladoras (9) adicionales que tienen un sistema de conductos distinto al de las otras placas (1).
- 15 24. Utilización según la reivindicación 23, de modo que las placas mezcladoras (9) contengan conductos paralelos cuyas paredes laterales no tengan aberturas.
25. Utilización según la reivindicación 23, de modo que el sistema de conductos de las propias placas mezcladoras (9) permita la mezcla de por lo menos dos caudales previamente separados.
- 20 26. Utilización según por lo menos cualquiera de las reivindicaciones 23 a 25, en la que las placas mezcladoras (9) disponen de un recubrimiento catalítico.

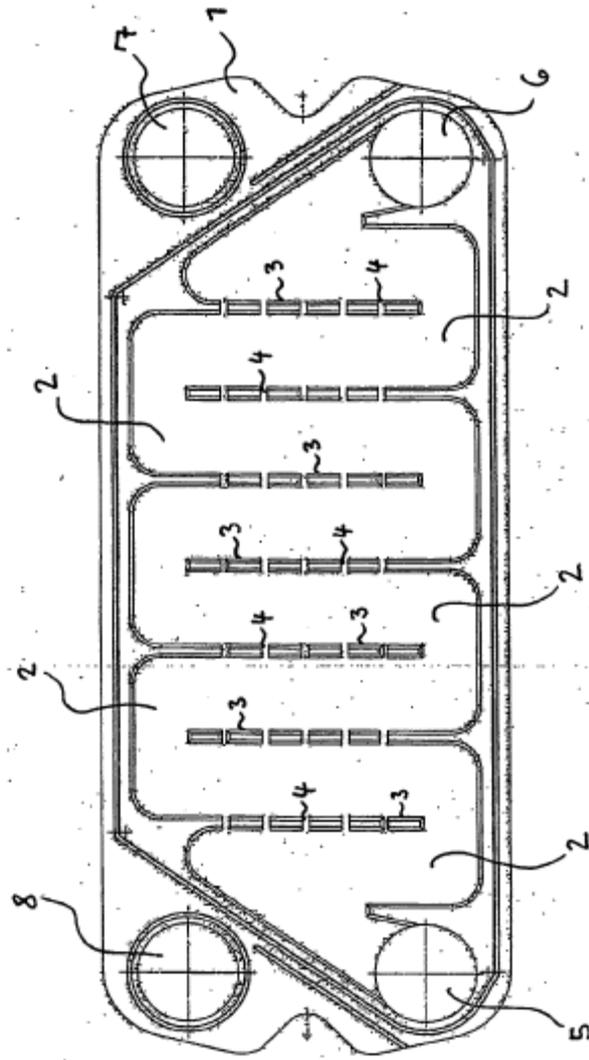


Figura 1

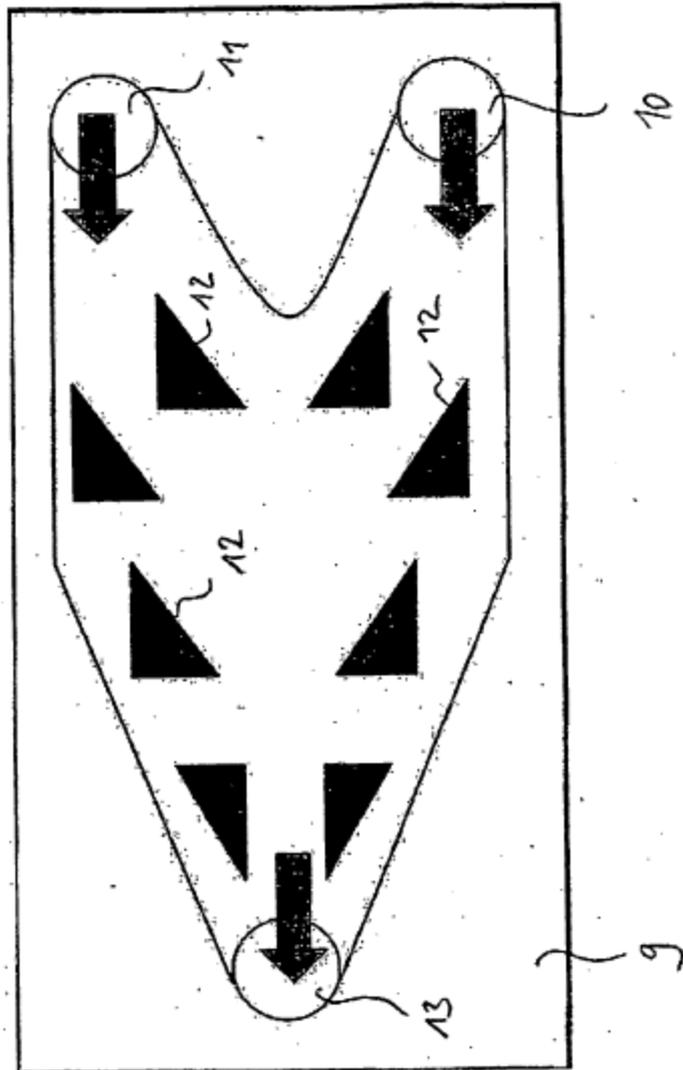
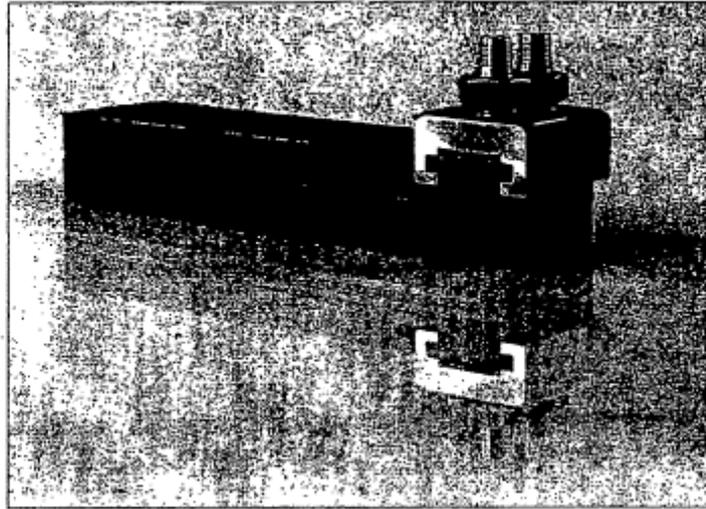
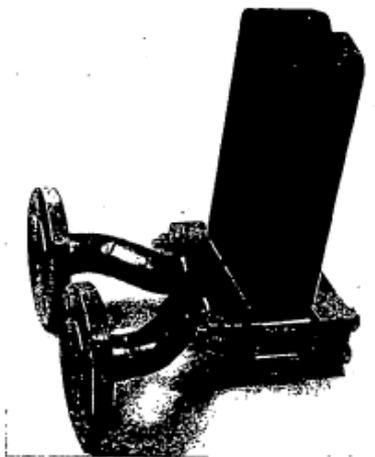


Figura 2



**Figura 3a**



**Figura 3b**