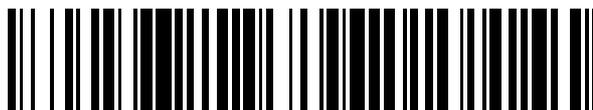


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 370 509**

51 Int. Cl.:  
**F25B 35/04** (2006.01)  
**F28F 13/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06707360 .1**  
96 Fecha de presentación: **02.03.2006**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1859209**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.11.2007**

54 Título: **PROCEDIMIENTO PARA LA FABRICACIÓN DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR DE ADSORCIÓN.**

30 Prioridad:  
**15.03.2005 DE 102005012214**  
**07.12.2005 DE 102005058624**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**19.12.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**19.12.2011**

73 Titular/es:  
**SorTech AG**  
**Zscherbener Landstr. 17**  
**06126 Halle (Saale), DE**

72 Inventor/es:  
**MITTELBACH, Walter;**  
**Arnold, Manfred Prof. Dr. y**  
**Frank, Wiily, Dr.**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

**ES 2 370 509 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

Procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor de adsorción

La presente invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor de adsorción, en especial de un intercambiador de calor de adsorción que comprende una estructura de intercambiador de calor que se llena de un material sorbente sólido presintetizado.

Los intercambiadores de calor de adsorción comprenden una estructura de intercambiador de calor que sirve para el suministro y la evacuación de energía térmica y que está en contacto térmico con un material sorbente que usa el cambio de fase de un medio de trabajo, un llamado sortivo, para el enlace y la liberación de calor latente. Así, por ejemplo, mediante la condensación de un medio de trabajo en forma de vapor se libera calor y, a la inversa, la energía térmica suministrada a la estructura de intercambiador de calor se puede usar para volver a evaporar el sortivo. Para la ejecución del cambio de fase del sortivo se usan mayormente materiales sólidos, los llamados materiales sorbentes. Los materiales sorbentes de este tipo se caracterizan por su estructura de poros abiertos con una gran relación entre superficie y volumen. Los valores típicos de superficie de los materiales sorbentes pueden alcanzar 100 m<sup>2</sup>/g de material sorbente. Los espacios vacíos interiores en estos materiales presentan dimensiones moleculares. En esto se basa el efecto de los materiales sorbentes para alojar átomos extraños o moléculas extrañas en su estructura microporosa y llevarlos así de la fase gaseosa a un estado enlazado. Ejemplos de materiales sorbentes usados en intercambiadores de calor de adsorción son las arcillas, como la bentonita, el gel de sílice o las zeolitas. En estos materiales sorbentes se usa normalmente como medio de trabajo el agua que presenta un alto calor de condensación de 2000 kJ/kg y constituye además un medio de trabajo posible de manipular sin problemas.

En sentido estricto, el medio de trabajo sujeto a un cambio de fase se identifica con dos términos técnicos distintos. El medio de trabajo que se va a adsorber y que aún no ha sido adsorbido, se denomina sortivo, mientras que, por el contrario, el medio de trabajo adicionado o depositado (adsorbido) se identifica como sorbato. A fin de reducir la pluralidad de conceptos distintos en esta descripción, el medio de trabajo se identifica aquí como sortivo, independientemente de su estado de fase, incluso en el estado en el que está adsorbido en el material sorbente (llamado también sorbente o agente de sorción).

Aplicaciones típicas de intercambiadores de calor de adsorción son los acumuladores de calor latente y las bombas de calor de adsorción. Los primeros sirven para acumular energía térmica y los segundos usan materiales sorbentes en la técnica de bombas de calor.

Si se suministra energía térmica desde el exterior a un intercambiador de calor de adsorción, por ejemplo, mediante la circulación de un líquido portador de calor, el calor, que fluye desde el exterior, se ha de transmitir de manera efectiva al material sorbente para liberar el medio de trabajo adsorbido que se encuentra aquí. Para el caso contrario, para la desacumulación de energía térmica, es decir, una dirección de flujo de energía hacia afuera del intercambiador de calor de adsorción, la energía térmica liberada por la condensación del medio de trabajo en el material sorbente se ha de volver a evacuar del intercambiador de calor de adsorción hacia el exterior. Como los materiales sorbentes conocidos presentan una mala conductibilidad térmica, se fabrican intercambiadores de calor de adsorción usualmente como combinación de una estructura de intercambiador de calor con alta conductibilidad térmica y el material sorbente que sirve para el enlace y la liberación del medio de trabajo. Las estructuras de intercambiador de calor están hechas mayormente de materiales metálicos, por ejemplo, cobre, aluminio o acero inoxidable, aunque son posibles también otros materiales de alta conductibilidad térmica, como cerámicas o determinados plásticos.

Los intercambiadores de calor presentan al menos en zonas parciales cuerpos huecos para la circulación de un medio portador de calor que, sin embargo, no entra usualmente en contacto directo con el material sorbente. La estructura de intercambiador de calor entra a su vez en contacto térmico con el material sorbente. En el caso más simple, esto ocurre en forma de un producto a granel, estando disponible mayormente el material sorbente en forma de polvo o en forma de pellets debido a la mezcla con un aglutinante. Este tipo de construcción fácil de realizar presenta, sin embargo, varias desventajas. Así, por ejemplo, existe mayormente una mala transmisión de calor entre el material sorbente y las paredes de la estructura de intercambiador de calor. Ésta se empeora en aquellas zonas del material sorbente que no se encuentran en contacto directo con la estructura de intercambiador de calor.

Otro problema radica en suministrar el sortivo en forma de vapor lo mejor posible al material sorbente. Sin embargo, esto presupone la existencia de estructuras continuas de canal en el material sorbente para el transporte convectivo del medio de trabajo en forma de vapor, de manera adicional a la estructura microporosa. Si el material sorbente se introduce en el caso más simple en forma de un producto a granel en una estructura prefabricada de intercambiador de calor, como se menciona arriba, se ha de tener en cuenta aquí que un sistema de canal de este tipo en el material sorbente se mantenga para el sortivo en forma de vapor. Esto presupone que el material sorbente no se compacte fuertemente. Por tanto, para solucionar este problema se usa casi siempre, en vez de un material sorbente en polvo, uno de forma granulada o en forma de pellets. Sin embargo, esto tiene la desventaja de que debido al contacto mayormente por puntos entre los granos individuales del material sorbente se empeora a su vez la conducción de calor desde y hacia la estructura de intercambiador de calor.

Por consiguiente, para la construcción de intercambiadores de calor de adsorción eficientes existe un conflicto de intereses. Por una parte, es necesario el mejor contacto térmico posible entre el material sorbente y la estructura de intercambiador de calor. Por la otra parte, se ha de mantener la estructura de poros abiertos de los materiales sorbentes y se ha de configurar adicionalmente en el material sorbente un sistema de canales macroscópicos para el transporte del sortivo gaseoso. Para solucionar este problema se conocen intercambiadores de calor de adsorción, en los que al menos partes de la estructura de intercambiador de calor se forman a partir de placas de metal o láminas de metal delgadas que se proveen previamente de un revestimiento hecho de materiales sorbentes. Por el documento JP 11300147 A, por ejemplo, se conoce la fabricación de una lámina revestida, en cuya superficie están incrustadas partículas de sorbente al menos parcialmente en una capa de adhesivo. Estas partículas de sorbente están cubiertas de manera adicional con una película colocada de forma plana. Para la construcción de un intercambiador de calor de adsorción, las láminas revestidas de este modo se pliegan en forma de una estructura de panel.

Por el documento DE 41 29 700 C2 se conoce además un procedimiento para la fabricación de elementos de intercambiador de calor de adsorción. En este caso, un elemento de intercambiador de calor se construye a partir de una pluralidad de placas planas, soportando cada una de estas placas un revestimiento con una capa de adhesivo y partículas inorgánicas de adsorbente situadas aquí. Para el acabado del elemento de intercambiador de calor se ondula una parte de estas placas y se forma un sistema de apilado a partir de una sucesión de una placa ondulada y una placa plana respectivamente. El punto inicial para la fabricación de las placas planas son láminas de aluminio con un espesor de material de 30  $\mu\text{m}$ , sobre las que se aplica en ambos lados una capa de adhesivo con un grosor de 10-30  $\mu\text{m}$  mediante rodillos. Para esto se usa un adhesivo del grupo de acetato de polivinilo. Este adhesivo se seca primero parcialmente de modo que la capa de adhesivo sea adhesiva pero no esté solidificada aún. A continuación, las partículas sintéticas de zeolita con un diámetro  $< 100 \mu\text{m}$  se aplican por soplado sobre la capa de adhesivo, quedando incrustadas las partículas de zeolita esencialmente por completo en la capa de adhesivo y originándose una carga con zeolita de 12  $\text{g}/\text{m}^2$ . En otra etapa del procedimiento tiene lugar un calentamiento de corta duración, aproximadamente de 10 segundos, a una temperatura de 100 - 250  $^{\circ}\text{C}$ . Debido a este proceso rápido de calentamiento se liberan los gases enlazados en los poros de las partículas de zeolita y se configuran así canales para el intercambio posterior de gas entre las partículas incrustadas de zeolita y la superficie del revestimiento. Para mejorar la configuración de los canales se propone añadir agentes adicionales de expansión al adhesivo. La capa de adhesivo se solidifica y se seca después en un dispositivo calefactor de secado.

La construcción de intercambiadores de calor de adsorción a partir de láminas ya revestidas con material sorbente tiene la ventaja de que es posible una configuración cuidadosa de la zona de contacto entre la pared de la estructura de intercambiador de calor y el material sorbente. Además, mediante el diseño tridimensional correspondiente de las estructuras de lámina se puede prever un sistema adecuado de canal para el sortivo en forma de vapor. Sin embargo, la desventaja de este tipo de procedimiento es que, además de las etapas adicionales de trabajo para el revestimiento, es costoso también el procesamiento ulterior de las láminas después de aplicarse el revestimiento. Debido a los materiales sorbentes aplicados, las láminas se tienen que manipular con cuidado. Además, la estabilidad estática de las láminas, mayormente delgadas, está limitada. Ambos factores dificultan un diseño lo más libre posible en la configuración de una estructura de intercambiador de calor. Se ha de tener en cuenta también que los revestimientos conocidos de lámina están limitados respecto a su carga con material sorbente. Densidades de carga mayores presuponen partículas mayores de sorbente que, sin embargo, se pueden manipular sólo de forma limitada mediante los procedimientos conocidos de revestimiento de lámina.

Asimismo, del documento JP 2000018767 A se conoce un procedimiento para la fabricación de intercambiadores de calor de adsorción, en el que en primer lugar se configura una estructura de intercambiador de calor que después se llena de material sorbente y adhesivo. Para evitar el problema descrito antes, en la estructura de intercambiador de calor se introduce un producto a granel de material sorbente y de un adhesivo termoplástico. Tanto el material sorbente como el adhesivo están disponibles de forma granulada, ajustándose entre sí los tamaños de grano del material sorbente con los del adhesivo. En una etapa siguiente de calentamiento, el adhesivo se funde y une entre sí por puntos los granos individuales del sorbente granulado en cada caso. Si el grano del adhesivo termoplástico se ha seleccionado con un tamaño suficientemente pequeño, siguen existiendo también después de la etapa de fusión del adhesivo espacios intermedios entre los granos individuales del sorbente granulado, que están previstos para el transporte del sortivo gaseoso. Este procedimiento constituye una mejora para el producto a granel tanto en relación con la conductibilidad térmica entre los granos de sorbente como respecto a la solidificación mecánica del material sorbente. No obstante, en este tipo de sistema también existe el problema de que no se crea un sistema adecuado de canal para un transporte suficiente del sortivo gaseoso. Adicionalmente existen zonas en el material sorbente que debido a la introducción, primero suelta, del producto a granel presentan una cierta distancia respecto a la pared de la estructura de intercambiador de calor y, por tanto, sólo pueden contribuir de manera claramente deficiente a la transmisión de calor desde y hacia la estructura de intercambiador de calor.

El documento DE 101 41 524 A1 describe la fabricación de una superficie de intercambiador de calor con el fin de configurar una película delgada de líquido sobre ésta. Para el revestimiento de la superficie se usa arena (silicato, silicato de aluminio, óxido de silicio) que se aplica sobre una superficie mediante un agente adhesivo y en especial un adhesivo. Además, el material sorbente se introduce en la estructura de intercambiador de calor, pudiéndose retirar partes débilmente adhesivas y no adhesivas de material sorbente de la estructura de intercambiador de calor.

El documento US 3 713 281 da a conocer el pegado de un intercambiador de calor en forma de chapa ondulada o en forma de una rejilla de alambre con un material sorbente, como el gel de sílice, que se fija en el soporte mediante una resina epoxi. Antes de llenarse el intercambiador de calor con el material sorbente no se produce una capa sólida de adhesivo que se funda y se endurezca. En su lugar, este documento parte de una capa líquida de adhesivo que se seca en un cierto tiempo, aplicándose el material sorbente sobre la capa de adhesivo que es adhesiva aún, pero no está endurecida.

La invención tiene el objetivo de proporcionar un procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor de adsorción que parta de una estructura de intercambiador de calor, diseñada primero libremente y construida por separado, que se pone en contacto después con un material sorbente. El sistema combinado de estructura de intercambiador de calor y material sorbente debe presentar una alta conductividad térmica entre las paredes de la estructura de intercambiador de calor y el material sorbente y posibilitar además un transporte lo más eficiente posible del sortivo gaseoso hacia la estructura microporosa del material sorbente. El procedimiento para la fabricación del intercambiador de calor de adsorción se debería caracterizar también por una realización simple y posibilitar la fabricación de intercambiadores de calor de adsorción con una alta capacidad de adsorción/desorción del sortivo.

Este objetivo se consigue mediante las reivindicaciones independientes. Configuraciones ventajosas se derivan de las reivindicaciones subordinadas.

Para la realización del objetivo, los inventores reconocieron primero que el material sorbente granulado con un tamaño suficiente de grano se ha de pegar sobre las superficies interiores de una estructura de intercambiador de calor de modo que los granos individuales de granulado del material sorbente se incrusten sólo parcialmente en esta capa de adhesivo, es decir, que una parte esencial de su superficie pueda interactuar aún con la fase gaseosa del sortivo y simultáneamente cada uno de estos granos de granulado esté en contacto térmico suficiente con las paredes de la estructura de intercambiador de calor. En una configuración ventajosa no debería haber granos de granulado del material sorbente sin una unión adhesiva de este tipo con las paredes de la estructura de intercambiador de calor. De este modo se crea un sistema de canales macroscópicos en el intercambiador de calor de adsorción que se puede usar para un transporte eficiente del sortivo gaseoso.

El punto inicial para la fabricación de un intercambiador de calor según la invención es en primer lugar una estructura de intercambiador de calor fabricada por separado. Ésta se fabrica según el procedimiento conocido con materiales de alta conductividad térmica. En este sentido han resultado adecuados los sistemas de metal, por ejemplo, de cobre, aluminio o acero fino. Para esto son posibles también materiales de cerámica o sistemas combinados de material. Las estructuras adecuadas de intercambiador de calor crean un sistema de circulación para un medio portador de calor que está unido con la zona exterior del intercambiador de calor de adsorción. Para calentar las estructuras de intercambiador de calor se pueden incrustar adicionalmente en éstas alambres calefactores u otras fuentes de calor. A fin de crear una superficie lo más grande posible hacia el sistema de material sorbente se prefiere una estructura laminar o en forma de panel, que puede ser también de tipo esponjoso o espumoso. Partiendo de esta estructura de intercambiador de calor, fabricada primero por separado, se lleva a cabo entonces un revestimiento interior con materiales sorbentes de la siguiente forma:

En una primera etapa del procedimiento se aplica una capa de adhesivo sobre la pared del intercambiador de calor que está dirigida hacia el material sorbente y que se identifica a continuación como pared interior. Para esto se usa un adhesivo que configura primero una capa sólida. Para la realización de estas capas de adhesivo se pueden usar procedimientos diferentes, por ejemplo, inmersión, chorreo o pulverización. Las etapas del procedimiento para el revestimiento con adhesivo se pueden repetir además a fin de ajustar un grosor óptimo de capa. En este sentido es ventajoso en especial ajustar la viscosidad del adhesivo aplicado, por ejemplo, mediante una regulación de la temperatura o mediante un enriquecimiento o una evaporación con disolvente. Alternativamente es posible también aplicar el adhesivo en estado sólido en polvo sobre las paredes del intercambiador de calor. Este tipo de revestimiento con polvo es válido en especial sobre estructuras planas de intercambiador de calor. Además, el intercambiador de calor se puede llenar primero de adhesivo en polvo que después se activa a su vez en zonas cercanas a la pared del intercambiador de calor al calentarse la estructura de intercambiador de calor, de modo que se obtiene una adherencia a la zona cercana a la pared y es posible retirar a continuación el adhesivo en polvo, no adherente, de las zonas alejadas de la pared, por ejemplo, mediante vibración, soplado o aclarado. Independientemente del adhesivo seleccionado o del procedimiento de aplicación seleccionado, la capa de adhesivo se ha de adherir a la zona cercana a la pared al menos de forma tan estable que en la etapa siguiente del procedimiento, en la que el material sorbente se introduce en el intercambiador de calor, no se produzca una mezcla del adhesivo con el material sorbente que afecte el funcionamiento.

Los adhesivos adecuados se caracterizan por una fusión por encima de una primera temperatura y un endurecimiento por encima de una segunda temperatura mayor que la primera temperatura. En especial la resina epoxi ha resultado ser un adhesivo adecuado. Un adhesivo a base de resina epoxi se funde por encima de una primera temperatura que es típicamente de 50 - 70°C. Por encima de una segunda temperatura en el intervalo de 100 - 200°C se produce un endurecimiento, teniendo lugar en el adhesivo de resina epoxi una reticulación y endureciéndose ésta para formar un durómetro de alta estabilidad a la temperatura y una temperatura vítrea correspondientemente alta.

En la primera etapa del procedimiento para la configuración de la capa sólida de adhesivo sobre la pared interior se usa en caso de un adhesivo a base de resina epoxi preferentemente un disolvente, como acetona, metilacetona o cloruro de metilo, para fluidificar primero el adhesivo. Para la aplicación de este adhesivo fluidificado se sumerge la estructura de intercambiador de calor en la solución de resina epoxi. El adhesivo sobrante se retira aún en estado líquido de la estructura de intercambiador de calor y la capa de adhesivo se seca primero para formar una capa sólida de adhesivo, es decir, una capa que ya no es esencialmente adhesiva. Para ajustar el grosor de capa de la capa adhesiva se puede adaptar la viscosidad del adhesivo, por ejemplo, mediante el ajuste del porcentaje de disolvente o de la temperatura. Es posible además aplicar varias capas de adhesivo mediante una repetición de las etapas de trabajo mencionadas antes. Asimismo, otros procedimientos posibles para la aplicación de la capa de adhesivo son pulverizar o pintar la estructura de intercambiador de calor con el adhesivo. En vez de una fluidificación con disolvente, se puede obtener también una reducción de la viscosidad hasta el estado líquido mediante la adaptación de la temperatura del adhesivo y/o de la estructura de intercambiador de calor. Después de aplicarse el adhesivo se solidifica la capa de adhesivo. Esto se logra a su vez mediante una reducción de la temperatura o un tiempo de espera suficiente hasta la evaporación del disolvente.

Si una estructura de intercambiador de calor, preparada de este modo, se llena de un material sorbente granulado, no se crea esencialmente, sin un tratamiento térmico adicional, una unión adhesiva entre las partículas introducidas de sorbente y la capa de adhesivo que cubre la pared interior de la estructura de intercambiador de calor. Esto tiene la ventaja de que la unión adhesiva se puede realizar así de forma controlada y sólo en aquellas partículas de sorbente que se encuentran en contacto directo con la pared interior de la estructura de intercambiador de calor. Con este fin se suministra calor a la capa de adhesivo, lo que es posible mediante la introducción de la estructura de intercambiador de calor en un armario térmico y/o un horno o mediante la irradiación de infrarrojos. Este aporte de calor o energía se puede identificar también como aporte de energía del exterior. Se tiene en cuenta también, por ejemplo, un calentamiento inductivo de la estructura de intercambiador de calor. Es posible también el calentamiento del interior mediante el suministro de un medio portador de calor con una temperatura correspondiente a la estructura de intercambiador de calor. En otra configuración se puede alimentar material sorbente calentado.

A este respecto, el calentamiento se controla en relación con el tiempo de duración y el desarrollo de temperatura seleccionado de modo que a partir del grosor promedio del adhesivo y del tamaño de grano seleccionado del material sorbente granulado, las partículas de sorbente contiguas a la pared de la estructura de intercambiador de calor se humedecen en su zona de contacto con el adhesivo fundido, sobresaliendo simultáneamente, sin embargo, con partes esenciales de su superficie de la capa de adhesivo. Por consiguiente, las partículas penetran en la capa de adhesivo, pero no quedan encerradas completamente por ésta, de modo que pueden realizar un intercambio con el sortivo, es decir, son accesibles para la adsorción y la desorción del sortivo y, por tanto, para la conversión del calor latente.

La temperatura se eleva después en la estructura de intercambiador de calor por encima de la segunda temperatura, en la que tiene lugar un endurecimiento de la capa de adhesivo. En caso de un adhesivo de resina epoxi se produce a continuación una reticulación definitiva y la transformación en un durómero. Cuando finaliza este proceso de reticulación o endurecimiento por encima de la segunda temperatura, se obtiene una unión adhesiva estable, en particular estable a la temperatura, de las partículas granuladas de sorbente contiguas a la pared de la estructura de intercambiador de calor, sin afectar su capacidad de interacción con la atmósfera en el interior del intercambiador de calor de adsorción, es decir, un intercambio efectivo con el sortivo.

En otra etapa preferida del procedimiento se pueden retirar de la estructura de intercambiador de calor las partículas de sorbente que no están pegadas en la zona de la pared. Esto se puede llevar a cabo, por ejemplo, con medidas mecánicas, por ejemplo, vibración, o mediante la aplicación de una presión negativa. Con estas medidas se crean espacios vacíos y canales macroscópicos, a través de los que puede circular el sortivo gaseoso. De este modo tiene lugar un transporte suficiente de sortivo en forma gaseosa hacia las partículas de sorbente pegadas en las paredes de la estructura de intercambiador de calor. Éstas tienen un contacto térmico, suficientemente bueno, con la estructura de intercambiador de calor, por lo que el calor latente liberado o enlazado mediante el cambio de fase del sortivo puede entrar y salir de manera también efectiva a través de la estructura de intercambiador de calor.

En una configuración alternativa del procedimiento según la invención no se activa la capa de adhesivo, aplicada en la zona cercana a la pared, para la creación de una unión con el material sorbente. En su lugar, ya se garantiza mediante la etapa del procedimiento de la aplicación de adhesivo sobre el intercambiador de calor la distribución local deseada del adhesivo en la zona cercana a la pared. Esto se puede llevar a cabo, por ejemplo, llenado la estructura de intercambiador de calor con un adhesivo en polvo que obtiene su poder adhesivo en la zona cercana a la pared mediante un calentamiento de la estructura de intercambiador de calor, permaneciendo el adhesivo en la zona alejada de la pared esencialmente en estado no adhesivo y en forma de polvo. La parte no adhesiva se puede retirar a continuación del intercambiador de calor. Esto se logra mejor con medidas mecánicas de apoyo, como vibración, soplado o aclarado. La capa plana de adhesivo en la zona cercana a la pared conserva sus propiedades adhesivas, es decir, para esta configuración no es necesaria una activación después de haberse introducido el material sorbente.

El procedimiento de fabricación, según la invención, de intercambiador de calor de adsorción se describe detalladamente a continuación por medio de figuras. Muestran:

Figura 1 una sección parcial de un intercambiador de calor de adsorción, fabricado con el procedimiento según la invención, que comprende una estructura de intercambiador de calor con material sorbente granulado que se adhiere de forma adhesiva;

Figura 2 una estructura de intercambiador de calor;

5 Figura 3 la estructura de intercambiador de calor de la figura 2 después de aplicarse una capa rígida de adhesivo;

Figura 4 la estructura de intercambiador de calor de la figura 3 llena con el material sorbente granulado; y

Figura 5 el intercambiador de calor de la figura 4 después de ejecutarse la etapa de calentamiento para fundir y endurecer la capa de adhesivo y después de eliminarse las partículas de sorbente que no se adhieren de forma adhesiva.

10 En la figura 2 está representada de forma esquemática y simplificada una estructura de intercambiador de calor con láminas 2.1, 2.2 hechas de un material con una alta conductividad térmica. Para esto se usa normalmente un metal, por ejemplo, cobre, aluminio o acero fino. La estructura de intercambiador de calor presenta preferentemente además espacios vacíos 3.1, 3.2 para la circulación de un medio portador de calor (WTM). Estos se encuentran unidos típicamente con la zona exterior no representada en detalle en la figura 2. Con el medio portador de calor (WTM), que circula en estos espacios vacíos 3.1, 3.2, se suministra calor al futuro intercambiador de calor de adsorción o se evacua de éste. Una estructura de intercambiador de calor de este tipo se asigna típicamente a un depósito que es estanco para la fase gaseosa del sortivo y encierra así un espacio de trabajo que en la presente solicitud se identifica como zona interior 4 y sirve para alojar el material sorbente y el sortivo S.

15 El tipo de cierre de esta zona interior respecto a la zona exterior depende a su vez del uso del intercambiador de calor de adsorción. Así, por ejemplo, es posible también que éste se incorpore a un sistema que permita el paso del sortivo de una primera zona, en la que se encuentra el intercambiador de calor de adsorción, a una segunda zona.

20 En el presente ejemplo de realización, la estructura de intercambiador de calor comprende en la zona interior 4 nervios de refrigeración de tipo laminar que presentan una distancia entre láminas de 4 mm. Ésta y otras estructuras de intercambiador de calor se llenaron de material sorbente con partículas de diferente tamaño. En otros ensayos se usaron estructuras de intercambiador de calor con distancias entre láminas de 1,6 mm, 2,3 mm, 4 mm y 6 mm, variándose el tamaño de las partículas del material sorbente granulado y adaptándose a las distancias respectivas entre láminas. Las distancias entre láminas de las estructuras de intercambiador de calor se adaptaron a partir de una distancia mínima de 4 mm al tamaño respectivo de las partículas. Los materiales usados para las láminas fueron el cobre y el aluminio. En este caso se trata preferentemente de láminas estructuradas, es decir, onduladas o dentadas, para proporcionar la relación más alta posible entre superficie y volumen.

25 Partiendo de una estructura de intercambiador de calor según la figura 2, que se ha fabricado por separado, ésta se recubre en correspondencia con una primera etapa del procedimiento para el revestimiento interior de una capa de adhesivo que humedece la pared interior y forma una capa sólida antes de llenarse con el material sorbente. Por una capa sólida de adhesivo de este tipo se entiende en la presente solicitud una gran pérdida del poder adhesivo que se obtiene usualmente mediante un secado suficientemente largo o un ajuste adecuado de la temperatura de la capa de adhesivo. En correspondencia con un primer ejemplo de configuración se usa como adhesivo un adhesivo de resina epoxi que se mezcló con un disolvente, por ejemplo, acetona, para la aplicación de una capa de adhesivo sobre la pared interior de la estructura de intercambiador de calor. Esta mezcla de resina epoxi y disolvente se introduce en la zona interior 4 de la estructura de intercambiador de calor, a continuación se retira el adhesivo sobrante de la zona interior mediante escurrido, de modo que con preferencia una capa de adhesivo esencialmente continua se coloca sobre la pared interior de la estructura de intercambiador de calor, sin obstruirse la estructura laminar. Es decir, se prefiere que la capa de adhesivo siga el contorno de la pared interior, sin reducir esencialmente la superficie de la pared interior de la estructura de intercambiador de calor. En caso de un adhesivo de resina epoxi con porcentajes de disolvente se produce después de un tiempo de espera suficiente una evaporación del disolvente y, por tanto, una solidificación de la capa de adhesivo, de modo que una capa sólida de adhesivo 5 cubre la pared interior al finalizar esta etapa del procedimiento. En el presente ejemplo de realización, esta etapa de solidificación o secado se acelera mediante un tratamiento con una temperatura a 50°C. Este secado posterior se lleva a cabo durante un período de tiempo de 3 horas aproximadamente.

30 El grosor de capa de la capa de adhesivo se ajusta a la distribución granulométrica de las partículas de sorbente. Si se usan, por ejemplo, partículas de sorbente de un intervalo de tamaño de 10 - 1000 µm y con preferencia de 20 - 50 µm, el espesor de la capa de adhesivo se adapta de modo que al crearse una unión adhesiva con las partículas de sorbente la humedad sólo parcialmente. A tal efecto, en una configuración preferida se ajusta el grosor de capa en un intervalo de un tercio a dos tercios de los diámetros de partícula y en especial del diámetro promedio de partícula. En una configuración especialmente preferida, el espesor de aplicación de la capa de adhesivo corresponde en promedio a la mitad del tamaño de partícula de las partículas de sorbente, es decir, en caso de partículas de sorbente esencialmente redondas se considera para el grosor de capa del adhesivo esencialmente su radio. En caso de partículas esféricas de sorbente con una distribución de tamaño de 100 - 200 µm, se aplica, por tanto, preferentemente un grosor promedio de capa para la capa de adhesivo de 50 µm.

En la figura 4 está representada otra etapa del procedimiento, a saber el llenado con material de adsorción en forma granulada. Como material de adsorción se puede usar, por ejemplo, zeolita o gel de sílice fabricado de forma sintética. El carbón activo se tiene en cuenta también como material de adsorción. Según un primer ejemplo de realización se usa una granulometría del material sorbente de 0,8 - 1,0 mm. En otras configuraciones se usaron para intercambiadores de calor según la invención partículas de sorbente con una distribución según tamaño de 100 - 200  $\mu\text{m}$  y de 1 - 2 mm. Ventajosamente se puede garantizar un llenado suficiente también de los espacios vacíos pequeños en la estructura de intercambiador de calor con medidas mecánicas, por ejemplo, vibración o una cierta presión de apriete. En caso de que la estructura de intercambiador de calor esté configurada de modo que la zona interior 4 no quede encerrada completamente por una estructura de tipo depósito antes de introducirse el material sorbente, este tipo de estructura de intercambiador de calor se puede envolver con un molde a medida recubierto con papel siliconado. Este tipo de estructura de intercambiador de calor, abierta al menos parcialmente en la zona de recubrimiento, se puede introducir a continuación en una etapa subsiguiente del procedimiento en un depósito adecuado que sirve para encerrar una zona de trabajo que contiene el material sorbente y el sortivo.

Inmediatamente después de introducirse el material sorbente en forma de un producto a granel ya no existe esencialmente un contacto adhesivo entre la capa sólida de adhesivo 5 y el material sorbente 6. Esto se obtiene sólo mediante otra etapa de tratamiento térmico, posibilitando la selección del perfil de temperatura un control exacto en la configuración de la unión adhesiva entre la capa de adhesivo inicialmente dura y las partículas de sorbente 6.1 contiguas directamente. Para la ejecución de esta etapa del procedimiento, el adhesivo 5 aplicado en forma de una capa sólida debe seguir presentando la propiedad de fluidificarse por encima de una primera temperatura T1 y solidificarse por encima de una segunda temperatura T2 mayor que la primera temperatura T1. Esta propiedad requerida se puede obtener mediante un adhesivo de resina epoxi. En caso de una resina epoxi, la primera temperatura T1, a la que se funde el adhesivo, se sitúa usualmente en un intervalo de 60 - 66°C en el presente ejemplo de realización. Como segundo umbral de temperatura, que provoca el endurecimiento definitivo de la capa de adhesivo, es suficiente para la resina epoxi una temperatura de 120 - 140°C y en especial de 120°C. Al recorrerse una rampa de temperatura de una temperatura por debajo de la primera temperatura a una temperatura por encima de la segunda temperatura tiene lugar primero una fusión de la capa de adhesivo 5 inicialmente sólida. El adhesivo humedece así las partículas de sorbente 6.1 directamente contiguas, con preferencia de modo que éstas sobresalen aún con la mayor parte de su superficie de la capa de adhesivo. Durante otro aumento de la temperatura se supera entonces la segunda temperatura. En caso de un adhesivo de resina epoxi se produce una reticulación y se forma un durómero estable a la temperatura. Según el ejemplo de realización representado aquí, el calentamiento para la fusión de la capa de adhesivo, el pegado de las partículas de sorbente contiguas a la pared y el endurecimiento definitivo se obtiene al calentarse la estructura de intercambiador de calor mediante un suministro de líquido portador de calor a una temperatura de 180°C durante un período de tiempo de 30 minutos.

En otra etapa del procedimiento se retiran de la zona interior 4 las partículas de sorbente no pegadas, es decir, alejadas de la pared. Esto se puede apoyar a su vez con medidas mecánicas adecuadas, por ejemplo, vibración. El resultado es una estructura de intercambiador de calor con un revestimiento interior de material sorbente, como está dibujado esquemáticamente en la figura 5. Las partículas de sorbente recubren sólo la pared interior y están pegadas respectivamente en esta pared interior, estando configurado el pegado sólo por puntos, es decir, las partículas de sorbente sobresalen con partes esenciales de la capa de adhesivo y pueden realizar un intercambio mediante su superficie no tratada, esencialmente intacta, con un sortivo suministrado. Exceptuando la zona directa de pared, en la zona interior 4 no se encuentran partículas pegadas de sorbente según una configuración preferida. Esto posibilita al sortivo fluir sin obstáculos hacia las partículas de sorbente, es decir, en la zona interior 4 quedan libres zonas suficientemente grandes para el transporte convectivo del sortivo en forma de vapor. Este flujo sin obstáculos del sortivo S hacia las partículas de sorbente 6.1 en las paredes interiores, que debido a la unión adhesiva presentan un buen contacto térmico, está representado nuevamente de manera esquemática en la figura 1. Los demás números de referencia corresponden a los de las figuras 2 a 5. Otra ventaja de la configuración de una capa de adhesivo primero rígida sobre las paredes interiores de la estructura de intercambiador de calor radica en que mediante la configuración de una capa cerrada se crea a la vez también una protección contra la corrosión de las partes metálicas de la estructura de intercambiador de calor. Este tipo de protección para el material del intercambiador de calor no se obtiene para productos a granel de material sorbente según el estado de la técnica ni para partículas de sorbente pegadas sólo por puntos entre sí. Además del recubrimiento esencialmente completo de la pared interior de la estructura de intercambiador de calor es necesario también para una protección suficiente contra la corrosión que la capa de adhesivo esté esencialmente cerrada, es decir, que no sea porosa. Esto se obtiene mediante la configuración de una capa de adhesivo que primero es sólida y que a continuación se funde y endurece debido a un tratamiento térmico.

Son posibles otras configuraciones de la invención. Así, por ejemplo, se puede variar el tipo de material sorbente. En correspondencia con una configuración ventajosa de la invención se usan zeolitas que presentan una granulometría de 0,2 - 0,3 mm para el revestimiento de un intercambiador de calor latente con una distancia entre láminas de 2 mm. Por consiguiente, se prefiere una adaptación del tamaño del grano del material sorbente al diseño geométrico de la estructura de intercambiador de calor. Por consiguiente, para una estructura de intercambiador de calor adaptada de forma correspondiente son ventajosos también materiales sorbentes con un tamaño de grano menor, por ejemplo, 100 - 200  $\mu\text{m}$ , así como aquellos con un tamaño de grano grande aproximadamente de 1 - 2 mm. Se prefiere especialmente una distribución geométrica homogénea, ya que esto conduce una capa homogénea con

5 material sorbente que se adhiere de forma adhesiva a la pared interior de la estructura de intercambiador de calor. En correspondencia con otra variante se pueden mezclar también, sin embargo, diferentes tamaños de grano del material sorbente. Se pueden usar, por ejemplo, distribuciones granulométricas bimodales según el tamaño del grano, lo que es ventajoso en especial en caso de una granulometría grande. Con el procedimiento según la invención se pueden pegar también partículas mayores de sorbente con un diámetro de 1 - 2 mm y superiores en las paredes interiores de la estructura de intercambiador de calor, lo que posibilita revestimientos con 60 - 500 g de material sorbente por m<sup>2</sup>. Las partículas grandes de sorbente de este tipo sobresalen en gran medida de la capa de adhesivo y proporcionan, por consiguiente, al sortivo una superficie grande no cubierta de manera estanca a la difusión. Mediante el uso de partículas de sorbente pequeñas adicionales se pueden cubrir los espacios intermedios creados entre estas partículas grandes de sorbente en la pared interior de la estructura de intercambiador de calor, lo que aumenta una vez más la densidad de carga del material sorbente.

15 Con el procedimiento según la invención se pueden usar también partículas de sorbente, conformadas de manera irregular, para el revestimiento de estructuras de intercambiador de calor. Es posible también usar el material sorbente en forma de fragmentos con un tamaño aleatorio de grano y una distribución granulométricas ampliamente dispersa. Esto comprende también el uso de porcentajes en polvo y fragmentos mayores, así como una mezcla correspondiente de estos. Así, por ejemplo, es posible humedecer sólo parcialmente tanto las partículas menores como las partículas mayores en cada caso con la capa de adhesivo, lo que se puede obtener en especial mediante una fusión cercana únicamente a la superficie o mediante un recorrido rápido de la zona fundida a la zona de endurecimiento del adhesivo. Además, las propiedades de humectación del adhesivo se pueden adaptar también al material sorbente seleccionado de modo que se logre un pegado de las partículas de sorbente en las paredes de la estructura de intercambiador de calor, porque amplias partes de sus superficies puedan realizar un intercambio sin obstáculos con el sortivo.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor de adsorción, **caracterizado por** las siguientes etapas de procedimiento:
- 5           1.1 fabricación de una estructura de intercambiador de calor;  
           1.2 configuración de una capa de adhesivo (5) sobre la estructura de intercambiador de calor, usándose para la capa de adhesivo (5) un adhesivo que se funde por encima de una primera temperatura y se endurece por encima de una segunda temperatura mayor que la primera temperatura;  
           1.3 introducción de un material sorbente (6) en la estructura de intercambiador de calor, siendo sólida la capa de adhesivo (5) antes de la introducción;
- 10           1.4 después de la introducción del material sorbente (6) en la estructura de intercambiador de calor, la capa de adhesivo (5) se lleva a una temperatura por encima de la primera temperatura, fundiéndose la capa de adhesivo (5) y configurándose una unión adhesiva con el material sorbente contiguo directamente con la capa de adhesivo (5);
- 15           1.5 calentamiento de la capa de adhesivo (5) a una temperatura por encima de la segunda temperatura para el endurecimiento de la capa de adhesivo (5);  
           1.6 retirada de partes no adhesivas o débilmente adhesivas del material sorbente (6) de la estructura de intercambiador de calor.
2. Procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor de adsorción según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el material sorbente (6) tiene forma granulada al introducirse en la estructura de intercambiador de calor.
- 20
3. Procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor de adsorción según al menos una de las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado porque** el adhesivo para la producción de una capa de adhesivo (5) sobre la estructura de intercambiador de calor es líquido en el estado inicial o se fluidifica al mezclarse con un disolvente o el adhesivo para la fabricación de la capa de adhesivo (5) se aplica en estado sólido en polvo sobre la estructura de intercambiador de calor.
- 25
4. Procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor de adsorción según al menos una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** se usa adhesivo de resina epoxi como adhesivo.
5. Procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor de adsorción según al menos una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** la capa de adhesivo (5) sólida se produce mediante la introducción de una mezcla líquida de adhesivo y disolvente en la estructura de intercambiador de calor y/o a una temperatura en la que el adhesivo está fundido.
- 30
6. Procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor de adsorción según al menos una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el material sorbente (6) comprende gel de sílice, zeolita, arcilla y/o carbón activo.
- 35
7. Procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor de adsorción según al menos una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** el material sorbente (6) presenta un tamaño de grano  $\geq 0,1$  mm y con preferencia  $\geq 0,2$  mm.
8. Procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor de adsorción según al menos una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** el adhesivo se endurece por encima de la segunda temperatura reticulándose.
- 40
9. Procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor de adsorción según al menos una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** la capa de adhesivo (5) sólida se configura de modo que esencialmente toda la superficie interior de la estructura de intercambiador de calor queda cubierta con una capa cerrada.
- 45
10. Procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor de adsorción según al menos una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** el calentamiento de la estructura de intercambiador de calor a una temperatura por encima de la primera temperatura y/o a una temperatura por encima de la segunda temperatura se produce mediante el suministro de un medio portador de calor calentado a la estructura de intercambiador de calor y/o un aporte de energía del exterior, en especial un aporte de energía de radiación, produciéndose en especial en un horno, y/o por calentamiento inductivo.
- 50
11. Procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor de adsorción según al menos una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** el material sorbente (6) se calienta antes de introducirse en la estructura de intercambiador de calor.

Fig 1

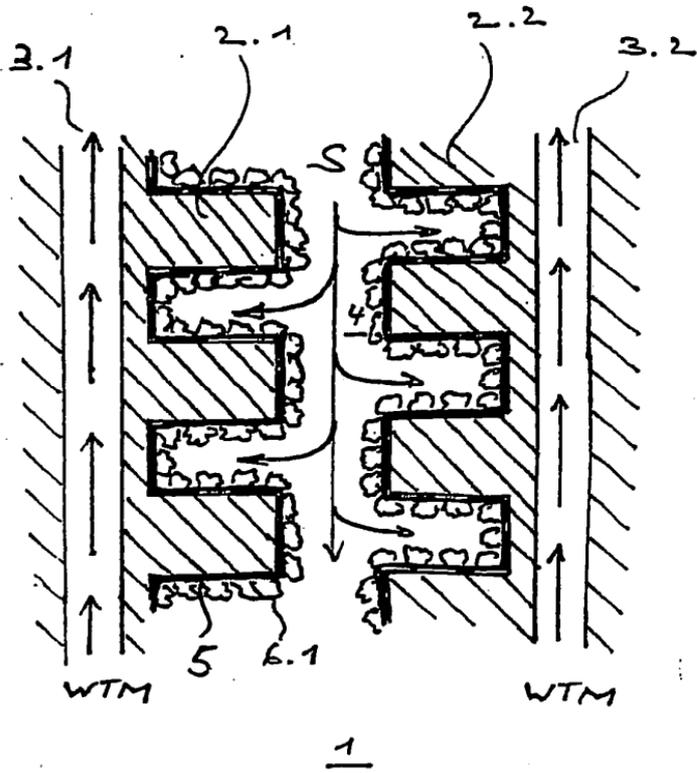


Fig. 2

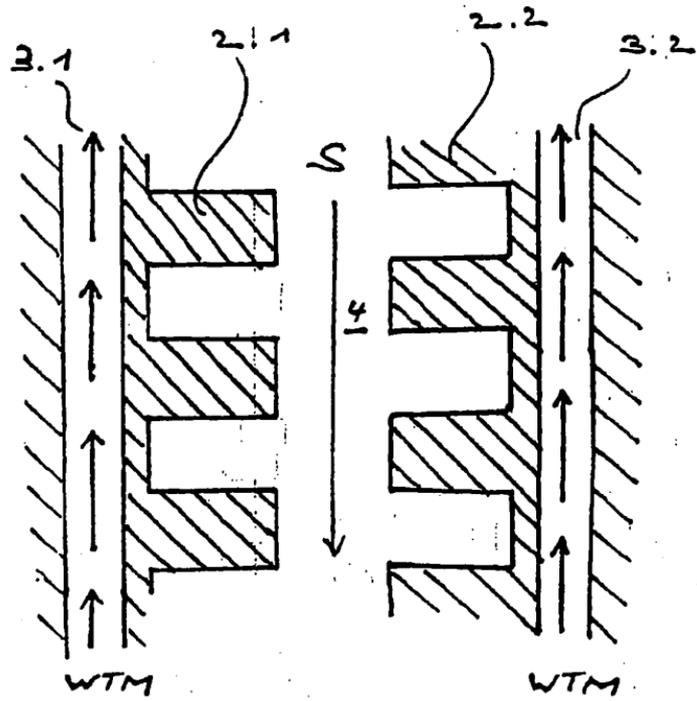


Fig. 3

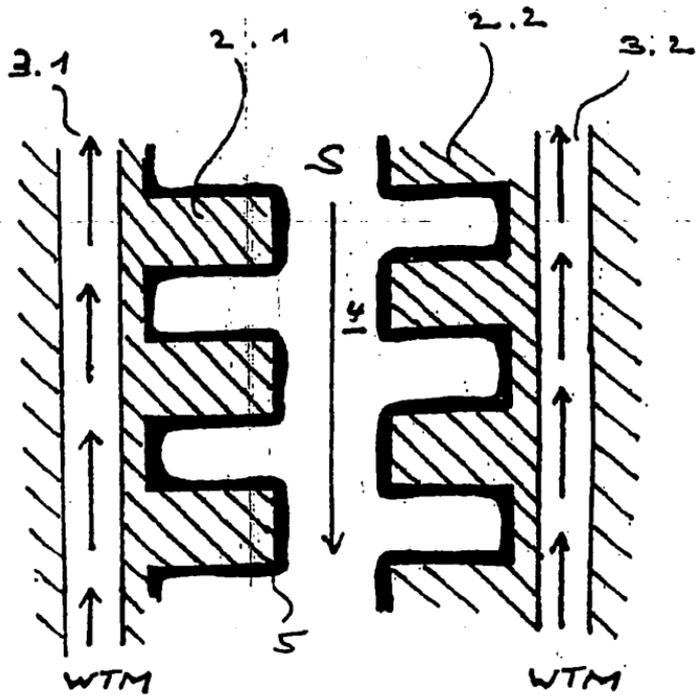


Fig. 4

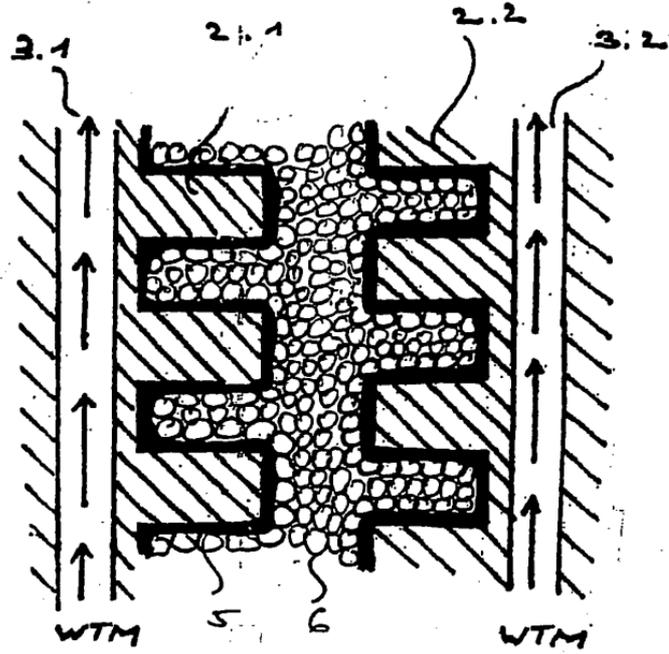


Fig. 5

