

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 635 324**

51 Int. Cl.:

B01J 19/32 (2006.01)

B01D 3/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.12.2011 E 11192586 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.05.2017 EP 2468395**

54 Título: **Procedimiento de intercambio de materia y relleno estructurado para una carga de líquido pequeña**

30 Prioridad:

22.12.2010 EP 10196386

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

03.10.2017

73 Titular/es:

**SULZER CHEMTECH AG (100.0%)
Sulzer-Allee 48
8404 Winterthur, CH**

72 Inventor/es:

**WICKI, WERNER;
DUSS, MARKUS y
AUSNER, ILJA**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 635 324 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 de intercambio de materia y relleno estructurado para una carga de líquido pequeña

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de intercambio de materia y a un relleno estructurado, que es usado en el procedimiento de intercambio de materia para una carga de líquido pequeña. En particular, el aparato de intercambio de materia puede estar configurado como aparato de absorción o columna de destilación.

10 Los rellenos estructurados son usados como piezas montadas posteriormente en aparatos de intercambio de materia, tales como por ejemplo columnas de destilación o columnas de absorción. Los mismos sirven para mejorar el intercambio de materia entre gases y líquidos, en particular en aplicaciones en las cuales la carga de líquido es reducida y/o la tensión superficial del líquido es elevada. Un relleno estructurado está construido típicamente a partir de elementos de pared delgada en una disposición predefinida regular sobre la cual el líquido se encuentra como gotas o película. Estos elementos de pared delgada están dispuestos en el aparato de intercambio de materia de manera que a través de los mismos pueda fluir un gas. El gas entra en contacto con el líquido, que está presente en la superficie de los elementos de pared delgada, cuando fluye a través del aparato de intercambio de materia. Durante este contacto un componente enriquecido en el gas puede ser intercambiado en el líquido o viceversa, es decir, puede tener lugar un intercambio de materia.

15 La cantidad de materia intercambiada por unidad de tiempo es proporcional a la superficie límite entre el gas y el líquido. La superficie límite es mayor cuanto mayor es la proporción de la superficie del relleno que se humecta por el líquido.

20 Para el procedimiento de intercambio de materia, es decir, por ejemplo el procedimiento de destilación o procedimiento de absorción, se usan rellenos estructurados para generar la mayor superficie de intercambio de materia posible entre dos fluidos. Para esta finalidad un fluido fluye directamente sobre la superficie de relleno como líquido y el otro fluido fluye en contracorriente como fase gaseosa en los canales del relleno formados por los elementos de pared delgada. Ambos fluidos están en contacto directo uno con otro y en sus superficies de interfase intercambian energía y/o materia entre sí. Por este motivo resulta necesario para un óptimo intercambio de materia y/o intercambio de energía que el líquido se encuentre sobre toda la superficie de relleno puesta a disposición para formar una superficie interfase lo más extensa posible.

30 Sin embargo, precisamente esta necesidad no es siempre satisfecha por ejemplo en todos los casos para cargas específicas de líquido reducidas. Una carga de líquido reducida significa que precisamente se conduce justo líquido a través del aparato de intercambio de materia en tal medida que la superficie del relleno del relleno estructurado es humectada por el líquido en el mejor de los casos como película, lo cual significa que toda la superficie de relleno del relleno forma una superficie interfase. El caudal volumétrico de líquido por unidad de superficie de columna se entiende que es la carga de líquido L. Particularmente en aplicaciones con cargas de líquido muy pequeñas en combinación con líquidos de baja capacidad de humectación, los cuales tienen elevada tensión superficial, lo cual significa por ejemplo para sistemas acuosos, suele ocurrir que solamente una fracción de la superficie de relleno es humectada con el líquido y, por lo tanto, se reduce drásticamente la superficie interfase para el transporte de energía y de materia.

35 Una buena capacidad de humectación está dada por rellenos estructurados que tienen una estructura de canales cruzados de capas de tejido plisadas. Una estructura de canales cruzados de este tipo se describe a modo de ejemplo en el documento DE 1442714.

40 De acuerdo con el documento GB 451014 han resultado particularmente ventajosos los tejidos con materiales fibrosos que presentan una elevada capilaridad debido a la muy pequeña separación entre las fibras y por este motivo tienen una excelente capacidad de humectación. Los materiales fibrosos de este tipo pueden estar compuestos, por ejemplo, de vidrio o basalto de acuerdo con el documento EP 531255 A1. Para garantizar la estabilidad mecánica de un relleno estructurado a partir de un material fibroso, las fibras son tejidas junto con otros materiales tales como alambres de acero o plástico, como se ilustra en el documento DE 1442714 o en DE 2434082 o también tensados sobre una correspondiente construcción en forma de marco, como se detalla en el documento DE 1769739.

45 Los rellenos de tejido también son usados de manera ventajosa para la aplicación en sistemas acuosos. Por ejemplo, una pluralidad de rellenos a partir de tejidos de metal puro para la destilación de un sistema acuoso se mencionan en el documento EP 2119713 A1. En el documento US 7411098 se proponen rellenos de tejido de metal para la destilación acuosa.

50 Del documento EP-A- 1477224 se conoce un relleno de canales cruzados que está construido a partir de un tejido de metal y que se opera con una carga de líquido específica reducida. La carga de fluido específica se determina por la relación de la carga de líquido L respecto a la superficie específica a del relleno. La relación de L/a se encuentra de acuerdo con el documento EP-A- 1477224 por debajo de un valor máximo de 10 l/mh. La superficie específica a está definida como la relación de la superficie del relleno con respecto al volumen que se ocupa por el relleno. La relación L/a se denomina también carga de borde. Por regla general, una elevada carga de borde conduce a una buena humectación de la superficie del relleno, puesto que una determinada cantidad de líquido incide sobre una

zona pequeña de la superficie del relleno. Sin embargo, una pequeña carga de borde tiene lugar para la misma carga de líquido y zona mucho más extensa de la superficie del relleno y en el caso normal conduce a una humectación significativamente peor de la superficie del relleno puesta a disposición.

5 Sin embargo, se ha podido mostrar que un relleno de este tipo a partir de un tejido de metal genera una película en forma de una banda estrecha sobre la superficie de relleno, lo cual significa que solamente una proporción muy pequeña de la superficie de relleno es humectada cuando la carga de líquido es pequeña y/o el líquido tiene una elevada tensión superficial, es decir, preferentemente una tensión superficial mayor que 30 mN/m, en particular mayor que 50 mN/m.

10 El documento EP 0 416 649 A describe una capa de tejido para un relleno estructurado, de acuerdo con el cual las bandas con actividad capilar en la trama tienen un buen comportamiento de humectación, es decir, el líquido puede distribuirse mejor en dirección horizontal. Lo antedicho se obtiene por medio de hilos de trama a partir de material no metálico. El relleno o elementos de relleno de columna obtienen de acuerdo con el documento EP 0 416 649 A una capacidad de autoseparación y hacen innecesarios distribuidores de líquido independientes. La capa de tejido de acuerdo con el documento EP 0 416 649 A nunca ha encontrado aplicación comercial de acuerdo con búsquedas
15 llevadas a cabo por el solicitante. Por otro lado, se requiere en principio un distribuidor de líquido para distribuir la fase líquida uniformemente sobre el relleno, por lo cual las ventajas citadas en el documento EP 0 416 649 A aparentemente no han podido demostrarse en la práctica. Una comparación de la invención con la capa de tejido con la capa de tejido del documento EP 0 416 649 A no es, por lo tanto, posible debido a los motivos mencionados.

20 Un elemento de relleno para un reactor catalítico también está ilustrado en el documento EP1 308 204 A1 que ilustra un relleno de canales cruzados. Una capa de tejido está dispuesta entre capas adyacentes del relleno de canales cruzados. La capa de tejido sirve para llevar a cabo la catálisis y está configurada como una capa intermedia. La capa intermedia puede presentar un perfil ondulado y configurar un relleno de canales cruzados junto con una capa adyacente, que sirve como relleno de soporte. Los hilos de urdimbre y los hilos de trama de esta capa intermedia pueden contener filamentos de fibra. El problema a resolver de acuerdo con el documento EP1 308 204 A1 ha sido
25 proporcionar una capa por medio de la cual se puede llevar a cabo la catálisis, por lo cual no se requiere incrementar la capacidad de humectación de la superficie del relleno. Para ello tendrían que estar previstas capas de tejido de configuración similar, las cuales deberían ser dispuestas en forma próxima entre sí y que hagan contacto entre sí en puntos de contacto para influenciarse mutuamente. Esta influencia no es posible para un elemento de relleno de acuerdo con el documento EP1 308 204 A1, puesto que no se han previsto capas de tejido adyacentes. Las capas
30 de tejido están dispuestas entre membranas de forma estable, es decir, no están dispuestas de manera adyacente unas con respecto a otras.

Por esta razón, el objeto de la presente invención consiste en proporcionar un procedimiento de intercambio de materia, así como un relleno estructurado para llevar a cabo el procedimiento de intercambio de materia, así como un aparato de intercambio de materia que contiene este relleno estructurado, en donde la proporción de la superficie
35 de relleno humectada puede ampliarse por medio del relleno estructurado.

El objeto se soluciona por medio de un procedimiento de intercambio de materia, que comprende las siguientes etapas: suministrar un primer fluido y un segundo fluido a un aparato de intercambio de materia, en donde el aparato de intercambio de materia comprende un recipiente, que tiene una zona de cabeza, una zona de base y una zona de intercambio de materia, en donde el primer fluido es puesto en contacto con el segundo fluido en al menos la zona
40 de intercambio de materia, en donde la zona de intercambio de materia está dispuesta entre la zona de cabeza y la zona de base y la zona de intercambio de materia contiene un relleno estructurado que tiene una pluralidad de capas adyacentes unas con respecto a otras de un tejido, que comprende filamentos de fibra de un material no metálico, que están configuradas como hilos de trama, en el que entre los filamentos de fibra de material no metálico están dispuestos alambres de metal, en el que los hilos de trama presentan un espesor de hilado de al menos
45 100 g/1000 m y los hilos de trama comprenden al menos 20 hilos/25,4 mm. El aparato de intercambio de materia se opera con una carga de líquido de como máximo 3 m³/m²/h, preferentemente con una carga de líquido de como máximo 0,5 m³/m²/h. Las capas adyacentes están dispuestas unas al lado de otras. En particular, uno del primer o el segundo fluido presenta una tensión superficial de al menos 30 mN/m, preferentemente de al menos 50 mN/m.

50 Según el procedimiento de acuerdo con los anteriores ejemplos de realización, el fluido contiene agua, aminas, amidas, en particular dimetilformamida, alcoholes monohídricos o polihídricos, en particular alcoholes de ácidos grasos, monoetilenglicol, dietilenglicol, trietilenglicol, tetraetilenglicol, monómeros de plásticos, en particular MDI (difenilmetano diisocianato), DMT (dimetil tereftalato) ácidos carboxílicos, en particular ácidos grasos, ésteres, en particular ésteres de ácidos grasos o mezclas de al menos dos de los componentes previamente mencionados.

Un relleno estructurado para un aparato de materia de acuerdo con la presente invención tiene una zona de cabeza
55 y una zona de base. El relleno estructurado contiene una pluralidad de capas adyacentes unas con respecto a otras que configuran en cada caso una cara superior que está enfrentada a la zona de cabeza y configuran en cada caso una cara inferior. La cara inferior está enfrentada a la zona de base. La capa presenta un elemento de pared que se extiende entre la cara superior y la cara inferior. El elemento de pared está configurado como un tejido que contiene filamentos de fibra de un material no metálico, que están configurados como hilos de trama, presentando los hilos de
60 trama un espesor de hilado de al menos 100 g/1000 m y los hilos de trama comprenden al menos 20 hilos/25,4 mm.

De acuerdo con un ejemplo de realización preferente, al menos dos filamentos de fibra a partir de material no metálico están dispuestos directamente unos al lado de otros. En particular, la superficie específica del relleno es de $0 \text{ m}^2/\text{m}^3$ hasta como máximo $500 \text{ m}^2/\text{m}^3$.

5 Están dispuestos alambres de metal entre los filamentos de fibra de material no metálico. Los hilos de trama pueden estar entretreídos por hilos de urdimbre, en donde al menos una parte de los hilos de urdimbre están configurados como alambres de metal. Los filamentos de fibra de material no metálico pueden contener vidrio, basalto o un polímero. Los alambres de metal contienen preferentemente acero inoxidable, titanio, hastelloy, dúplex, tantalio o pueden tener un recubrimiento. El recubrimiento puede servir, en particular, para incrementar la resistencia a la corrosión.

10 El relleno estructurado de acuerdo con un ejemplo de realización preferente tiene una capa con una pared que presenta un perfil en forma ondulada, a través del que está configurada una pluralidad de canales abiertos que se extienden de la cara superior del relleno al lado inferior del relleno, en donde los canales comprenden un primer seno de onda, una primera cresta de onda y una segunda cresta de onda. La primera cresta de onda y la segunda cresta de onda delimitan el primer seno de onda. La primera y la segunda cresta de onda presentan un primer pico y
15 un segundo pico.

El aparato de intercambio de materia contiene en particular un relleno estructurado de acuerdo con uno de los ejemplos de realización previamente mencionados. El aparato de intercambio de materia puede estar configurado en particular como un aparato de absorción o como una columna de destilación.

20 El aparato de intercambio de materia puede presentar una zona de cabeza, una zona de base y una zona de intercambio de materia dispuesta entre la zona de cabeza y la zona de fondo, en donde está dispuesto un distribuidor de fluido en el aparato de intercambio de materia de manera que el primer fluido puede ser distribuido sobre la cara superior del relleno estructurado con el distribuidor de fluido, pudiendo aplicarse el primer fluido sobre las superficies de pared de las capas del relleno estructurado como película y, a ese respecto, puede ser puesto en contacto con un segundo fluido que fluye a contracorriente con respecto al primer fluido. El fluido contiene en particular agua, aminas, amidas, en particular dimetilformamida, alcoholes monohídricos o polihídricos, en particular
25 alcoholes de ácidos grasos, monoetilenglicol, dietilenglicol, trietilenglicol, tetraetilenglicol, monómeros de plásticos, en particular MDI (difeniilmetano diisocianato), DMT (dimetil tereftalato), ácidos carboxílicos, en particular ácidos grasos, ésteres, en particular ésteres de ácidos grasos. El fluido también puede contener en particular mezclas de al menos dos de los componentes anteriormente mencionados. En este sentido el término polihídrico también comprende en particular el término bivalente, es decir, también un diol.
30

Un relleno estructurado de acuerdo con una de los siguientes ejemplos de realización conduce a una explotación mejorada de la superficie de relleno en comparación con los tejidos de metal usados hasta ahora.

Puesto que los tejidos de metal puro solamente tienen una baja capilaridad, la capa contiene un tejido que contiene filamentos de fibra de un material no metálico que están configurados como hilos de trama.

35 Adicionalmente, los tejidos de metal puros son significativamente más costosos en cuanto a su adquisición en comparación con un relleno de tejido con al menos una proporción de filamentos de fibra.

La invención contiene un procedimiento de intercambio de material con un relleno estructurado de acuerdo con la invención, fabricado a partir de un tejido compuesto por alambres de metal y filamentos de fibra, el cual en particular en aplicaciones de destilación y de absorción con cargas de líquido extremadamente pequeñas de como máximo
40 $3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$, preferentemente de como máximo $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ y sistemas acuosos conduce a un incremento de la superficie interfase y, por lo tanto, posibilita un mayor intercambio de energía y/o un intercambio de materia mejorado en comparación con rellenos estructurados convencionales. El relleno de tejido híbrido es, en particular, ventajoso para aplicaciones en las cuales la carga de borde es menor que 10 l/mh , en particular menor que 2 l/mh . El valor límite inferior para la carga de borde se encuentra de manera ventajosa en al menos $0,2 \text{ l/mh}$.

45 A continuación se explica la presente invención haciendo referencia a los dibujos. Muestran:

la Figura 1 un aparato de intercambio de materia que contiene un relleno estructurado de acuerdo con invención

la Figura 2 un ejemplo de realización de un relleno estructurado de acuerdo con la invención

la Figura 3 una representación de la humectación de un relleno estructurado convencional

50 la Figura 4 una representación de la humectación de un relleno estructurado de acuerdo con la presente invención

la Figura 5 una representación de la distribución del líquido del relleno de acuerdo con la invención, en comparación con un relleno del estado de la técnica.

la Figura 6 una comparación del rendimiento de separación del relleno de acuerdo con invención con respecto al estado de la técnica

la Figura 7 una comparación de un relleno de chapa, un relleno de tejido de metal y un relleno de tejido híbrido para la absorción de DMF

la Figura 8 una variante del relleno de acuerdo con la invención

5 La Figura 1 ilustra un aparato de intercambio de materia que contiene un relleno estructurado 7. El relleno estructurado 7 comprende varias capas 10, 100 que configuran un cuerpo de relleno. Un medio para el intercambio de materia entre dos fases fluidas se entenderá como relleno estructurado 7. El relleno estructurado 7 se usa en un aparato de intercambio de materia 2. El aparato de intercambio de materia puede estar realizado en particular como una columna 5, la cual puede usarse para una destilación, rectificación, absorción o desorción.

10 El aparato de intercambio de materia tiene una zona de cabeza y una zona de fondo. El relleno estructurado 7 contiene al menos una capa 10, 100 que configura una cara superior que está enfrentada a la zona de cabeza y una cara inferior que está enfrentada a la zona de fondo. La capa presenta un elemento de pared que se extiende entre la cara superior y la cara inferior.

15 Por regla general, el relleno estructurado 7 se compone de una pluralidad de capas 10, 100 que están asociadas entre sí en una relación geométrica regularmente repetitiva. La distancia entre capas adyacentes puede ser seleccionada como ejemplo para esta relación geométrica. La distancia entre capas adyacentes puede tener periódicamente el mismo valor debido a la relación geométrica de manera que de la sumatoria de las capas resulte una estructura que se caracteriza por las mismas distancias de separación o al menos periódicamente iguales distancias de separación. La periodicidad se encuentra en todo el relleno estructurado, por lo que el relleno obtiene una estructura regular. La estructura puede estar configurada en particular como perfil en forma ondulada.

20 Las capas 10, 100 de acuerdo con la Figura 1 se componen de elementos de pared delgada que presentan un perfil en forma ondulada. El perfil en forma ondulada se caracteriza por una secuencia que se sucede periódicamente de elevaciones, es decir, crestas de onda y valles de onda, es decir, senos de onda. Este perfil en forma ondulada puede estar configurado en particular como pliegue con un perfil en forma de zigzag con cantos inclinados unos con respecto a otros o con crestas de onda y/o valles de onda con un radio. Las capas se disponen unas con respecto a
25 otras de manera que los perfiles en forma ondulada de dos capas adyacentes están inclinados en un ángulo con respecto a la dirección de flujo principal. Por este motivo, los perfiles en forma ondulada de las capas adyacentes 10, 100 están dispuestos en forma cruzada unos con respecto a otros.

30 La primera capa 10 y la segunda capa 100 se componen en cada caso de un elemento de pared, que está formado como tejido que contiene filamentos de material no metálico. Un elemento de pared de este tipo puede comprender a este respecto toda la capa o, si no, formar solo una parte de la misma. El elemento de pared puede presentar la forma de una placa plana. Como alternativa a ello, el elemento de pared puede comprender un perfil en forma ondulada, en particular un perfil en zigzag o un perfil en forma ondulada con crestas y fondos de valle redondeados.

35 La primera capa 10 y la segunda capa 100 están representadas en la Figura 1 en una vista que muestra la cara superior 8 del relleno 7. La cara superior 8 del relleno está dispuesta de manera esencialmente normal con respecto a la dirección de flujo principal 6. Con dirección de flujo principal 6 se denomina la dirección de flujo en la que fluye un fluido más volátil, en particular un gas que fluye hacia arriba en la columna sin piezas montadas posteriormente, es decir, en dirección de la cabeza de la columna 5. La dirección opuesta a la dirección de flujo principal es la dirección en la cual fluye un fluido menos volátil, es decir, generalmente un líquido que fluye a través de la columna sin inserciones, es decir, en caída libre. La dirección de flujo puede desviarse localmente de la dirección de flujo
40 principal en el relleno, puesto que el flujo puede desviarse por las capas del relleno.

45 La primera capa 10 del relleno estructurado 7 presenta un perfil en forma ondulada, estando configurada una pluralidad de canales abiertos 12, 14, 16 por el perfil en forma ondulada. Los canales comprenden un primer seno de onda 22, un primer pico de onda 32 y un segundo pico de onda 42. El primer pico de onda 32 y el segundo pico de onda 42 delimitan el primer seno de onda 22. El primer pico de onda 32 y el segundo pico de onda 42 presentan una primera cresta 33 y una segunda cresta 43. El primer seno de onda 22 presenta un fondo de valle 23. El primer seno de onda 22 presenta un fondo de valle 23, siendo la distancia normal desde la primera cresta 33 hasta el fondo de valle 23 del seno de valle 22 igual a la distancia normal desde la segunda cresta 43 hasta el fondo de valle 23 del seno de onda 22.

50 La distancia normal entre la primera cresta 33 del primer pico de onda 32 y el fondo del valle 23 del primer seno de onda 22 se denomina también altura de onda. La altura de onda es igual a la distancia normal. En una capa de acuerdo con el ejemplo de realización mostrado de la invención, la altura de onda es esencialmente constante, es decir, se encuentra en el intervalo de las tolerancias habituales, que se encuentran en el intervalo de 0,5 mm.

55 La segunda capa del relleno estructurado 7 presenta un perfil en forma ondulada, en donde el perfil en forma ondulada está configurado al igual que el perfil de la capa 10, pero está inclinado con un ángulo diferente con respecto a la dirección de flujo principal.

En la Figura 2 está representado un recorte de un elemento de pared de una capa de un relleno estructurado de acuerdo con la invención. Capas plisadas individuales en forma de laminillas forman una estructura de canales

- 5 cruzados en donde son posicionadas unas al lado de otras como se ilustra en la Figura 1. La capa 10 se compone de alambres de metal en la una dirección de tejido y de filamentos de fibra de un material no metálico, por ejemplo de filamentos de fibra de vidrio o de basalto, en la otra dirección de tejido. Los alambres de metal son de manera ventajosa hilos de urdimbre, los filamentos de fibra forman de manera ventajosa los hilos de trama. A este respecto, los alambres de metal aseguran una suficiente capacidad de deformación mecánica y estabilidad de las capas plisadas y los filamentos de fibra la elevada capilaridad, que conduce a la humectabilidad deseada.
- Los hilos de trama presentan un espesor de hilado de al menos 100 g/1000 m, lo cual corresponde a 100 tex. Los hilos de trama para este espesor de hilado comprenden al menos 20 hilos/25,4 mm (= 1 pulgada).
- 10 Los filamentos de fibra del material no metálico pueden contener en particular filamentos de fibra de vidrio, basalto o de polímeros. Adicionalmente a los filamentos de fibra de material no metálico, los alambres de metal pueden ser entretrejidos para incrementar la resistencia de la capa contra influencias químicas, tales como por ejemplo corrosión, influencias térmicas, tal por ejemplo temperatura, o influencias mecánicas, tal como por ejemplo presión. Los alambres de metal pueden presentar acero inoxidable, titanio, hastelloy, dúplex, tantalio o un recubrimiento.
- 15 Para mejorar la capacidad de humectación, al menos dos filamentos de fibra de material no metálico pueden estar dispuestos directamente uno al lado de otro. También pueden estar dispuestos de manera ventajosa también tres, de manera particularmente preferente cinco filamentos de fibra directamente unos al lado de otros como se muestra en la Figura 2. Los alambres de metal pueden estar dispuestos a su vez entre una pluralidad de filamentos de fibra de material no metálico. Cuando están dispuestos tres filamentos de fibra directamente unos al lado de otros, el relleno de tejido híbrido está configurado en particular como tejido de sarga de tres, y cuando cinco filamentos de
- 20 fibra están dispuestos directamente uno al lado de otro, el tejido híbrido está configurado en particular como tejido de sarga de cinco.
- Los hilos de trama son entretrejidos por los hilos de urdimbre, estando al menos una parte de los hilos de urdimbre configurados como alambres de metal. La orientación de los hilos de trama se efectúa preferentemente en dirección principal de flujo.
- 25 En función de lo bien que se humecte la capa de tejido, se hace evidente en un ensayo de humectación con un gotero de agua, que está representado en las Figuras 3 y 4: una capa no plisada con un mero tejido de metal y una capa no plisada de tejido de acuerdo con la invención se tensan perpendicularmente y en el borde superior se aplica con un gotero a las mismas gotas de agua de manera selectiva. En este contexto no plisado significa que la capa tiene una superficie plana. Para esta capa de tejido de meros alambres de metal se ha podido constatar que las
- 30 gotas de agua se mueven predominantemente sobre la superficie del tejido y no son absorbidas por dicho tejido, véase la Figura 3. La expansión del escurrimiento de las gotas es reducida y el ancho del escurrimiento de las gotas corresponde aproximadamente con el ancho en el punto de aplicación de las gotas a lo largo de toda la trayectoria del escurrimiento de las gotas.
- 35 En contraposición a ello, en la capa de tejido con filamentos de fibra, el escurrimiento de las gotas se expande sobre el tejido, como se ilustra en la Figura 4. Desde el punto de aplicación de las gotas el agua se aspira hacia el tejido y se expande dentro y sobre el tejido. El escurrimiento no solamente tiene lugar sobre la superficie del tejido, sino predominantemente también tiene lugar en el interior del tejido. Para la aplicación está circunstancia significa una mayor superficie interfase y un tiempo de retención incrementado del líquido en el relleno.
- 40 Cuando el caudal volumétrico del líquido aumenta, el líquido en exceso fluye a lo largo de la correspondiente superficie exterior del tejido. En este sentido, el tiempo de retención del líquido sobre el tejido se reduce desde algunos minutos hasta unos pocos segundos. Por consiguiente, en particular para sistemas en los cuales la velocidad del intercambio de materia depende esencialmente de la velocidad de alojamiento en el líquido, no puede tener lugar un intercambio de materia, o solo puede tener lugar en forma parcial, de manera que se requiere ya sea una mayor altura de relleno o bien se debe disponer una pluralidad de rellenos. Un sistema de este tipo también se
- 45 denomina limitante del líquido, puesto que es la velocidad de alojamiento del componente de intercambio en el líquido la que determina la cantidad de materia intercambiada por unidad de tiempo.
- La Figura 5 muestra la distribución de un flujo de líquido sobre la cara inferior de varias capas plisadas de un relleno estructurado para un tejido de metal y un tejido mixto con hilos de trama, que contienen filamentos de fibra de fibras de vidrio. En este sentido, una capa plisada se entiende una capa con un perfil en forma ondulada, al igual que se ha descrito en relación con la Figura 1. El líquido que fluye tiene preferentemente una elevada tensión superficial, pudiendo ser el líquido en particular agua. La distribución del líquido por la longitud del borde de la capa se muestra en la abscisa. La longitud del borde es el ancho de la capa, es decir, la extensión de la capa en un plano que discurre en forma normal con respecto a la dirección principal de flujo, es decir, discurre en dirección del eje longitudinal del aparato de intercambio de materia.
- 50 La cantidad de agua que es recolectada y medida en una zona determinada de la longitud del borde se ha ilustrado sobre la ordenada. El punto de aplicación del líquido se encuentra aproximadamente en el centro de la abscisa.
- Una línea vertical muestra el lugar de la entrada del líquido a la capa de relleno, es decir, de forma análoga al punto de aplicación de las Figuras 3 o 4.

La distribución del líquido está representada para el tejido de metal como una línea continua, mientras que para el tejido híbrido la distribución de líquido está representada como una línea discontinua. El flujo de líquido se desvía por los canales inclinados de la estructura de canales cruzados, como se muestra en la Figura 3 o la Figura 5. De manera interesante, el líquido experimenta sobre el tejido de metal solamente una desviación con respecto a la

5 dirección del flujo principal y ciertamente en la dirección de los canales abiertos de la capa plisada sobre la cual se ha aplicado el líquido. Una transición del flujo de líquido a las capas adyacentes aparentemente no tiene lugar. La distribución del líquido se encuentra en una zona estrecha que corresponde al comportamiento de flujo mostrado en la Figura 3.

10 El líquido sobre el tejido híbrido no se distribuye de acuerdo con una dirección preferida, teniendo lugar más bien la distribución relativamente de manera uniforme por la mitad izquierda y derecha del borde y de las inclinaciones de los canales vecinos en aproximadamente proporciones iguales. De ello se puede deducir la conclusión de que el líquido experimenta una expansión mejorada debido a los filamentos de fibra. Los filamentos de fibra se humectan por el líquido formándose una corriente de líquido dentro de los filamentos de fibra, así como sobre las superficies de la capa del relleno. Las capas adyacentes absorben el líquido más fácilmente en los puntos de contacto. Por lo

15 tanto, el líquido puede pasar más fácilmente de una capa a una capa adyacente y por esta razón se distribuye mejor el líquido por la capa.

El efecto de absorción no está presente en el relleno de tejido de metal. Por esta razón, en este tejido tiene lugar una peor distribución del flujo de líquido, lo que es confirmado por la distribución unilateral del líquido en la Figura 5 para el tejido de metal.

20 Otro ensayo se ha llevado a cabo en una columna de destilación con 250 mm de diámetro interior y varios metros de altura de relleno; el sistema de ensayo muy ampliamente conocido cis/trans-decalina (U. Onken, W. Artl: "Recommended test mixtures for distillation columns", The Institution of Chemical Engineers, 1990) es separado por destilación a 10 mbar de presión en cabeza y reflujo total. La particularidad de esta baja presión en cabeza, respectivamente este elevado vacío, es la aparición de cargas de líquido muy pequeñas en el intervalo de como

25 máximo $3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$, preferentemente de como máximo $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$. Se ha encontrado para este intervalo un rendimiento de separación claramente mejorado para el relleno de tejido con filamentos de fibra frente a los meros rellenos de tejido de igual geometría que la representada en la Figura 6. La Figura 6 muestra el número de etapas de separación por metro NTSM en función de la velocidad del fluido más volátil dentro de la columna, lo cual es expresado por el factor F. El factor F está dado por la raíz de la densidad del segundo fluido multiplicado por la

30 velocidad, con la cual el segundo fluido fluye a través del aparato de transferencia de materia. En este sentido, el segundo fluido es el fluido más volátil cuya dirección de flujo discurre de la zona de base a la zona de cabeza del aparato de intercambio de materia. La línea continua muestra el número de etapas de separación por metro (NTSM) para un relleno estructurado, que está configurado como mero tejido de metal, mientras que la línea discontinua muestra el NTSM para un relleno estructurado de igual dimensión geométrica y forma, que está realizado como

35 tejido con filamentos de fibra.

Tanto para el relleno de tejido de metal, así como para el relleno de tejido con filamentos de fibra de un material no metálico, se aplica que para factores F menores se incrementa el número de las etapas de separación teóricas por metro.

40 El relleno de tejido con filamentos de fibra de un material no metálico se caracteriza por un elevado número de etapas de separación teóricas por metro. Con ello se demuestra que se logra un mayor rendimiento de separación mediante este relleno estructurado.

Otro ejemplo de aplicación es la sección de lavado de un aparato de absorción de CO_2 . Un aparato de absorción de este tipo está configurado típicamente como columna de absorción. Frecuentemente se usan aminas en una columna de absorción para la separación de CO_2 de las corrientes de gas de escape. Estas poseen ciertamente una

45 baja presión de vapor, encontrándose sin embargo en pequeñas concentraciones en el gas de escape liberado por CO_2 , de manera correspondiente a la presión de vapor de la amina usada. Para reducir esta descarga de aminas no deseada se instalan al final de tales columnas de absorción las denominadas secciones de lavado, en las cuales la amina nuevamente se separa por lavado de la corriente de gas de escape con agua.

Tales secciones de lavado trabajan típicamente en un relleno estructurado a elevadas cargas de agua para causar una humectación suficiente del relleno estructurado. El agua es conducida en un circuito para asegurar la elevada

50 carga de agua. Este circuito también se denomina como recirculación (bombear en circuito cerrado). El suministro de agua fresca debe mantenerse bajo de manera que se pueda mantener el balance de agua y no se produzcan grandes caudales de aguas residuales. A este respecto, el líquido es recolectado en el extremo inferior del relleno estructurado, extraído como corriente lateral y en su mayor parte distribuido de nuevo uniformemente en el extremo superior del relleno estructurado por medio de distribuidores de líquido al relleno estructurado. La corriente de gas no puede ser purificada a una concentración de amina discrecionalmente pequeña por la recirculación del líquido acuoso cargado con amina. Si se operara la sección de lavado descrita exclusivamente con agua fresca, las cargas de líquido resultantes serían tan pequeñas que resultaría una altura de relleno muy grande. También se incrementaría la pérdida de presión debido a la gran altura de relleno requerida, lo cual conduciría a mayores costes

60 de operación en el caso de la aplicación descrita.

Estas secciones de lavado pueden ser ahora operadas en forma eficiente con cargas de líquido muy pequeñas con un relleno estructurado de acuerdo con la presente invención: ahora se conduce agua a través del relleno estructurado en una medida tal para asegurar una humectación suficiente. La carga de líquido se encuentra entre 0,03 m³/m²h y 0,5 m³/m²h. Puesto que las aminas tienen una presión de vapor muy pequeña y son muy solubles en agua, con una cantidad de agua reducida, libre de amina, se puede lograr, sin embargo, una concentración de amina significativamente más baja en la corriente de gas que sale que con la recirculación descrita anteriormente. Adicionalmente la pérdida de presión de la sección de lavado se reduce a un mínimo debido al uso del relleno estructurado de acuerdo con la invención. Además, se originan ahorros adicionales con respecto a los costes de inversión y de operación, puesto que no se necesita bomba de circulación y el líquido no tiene que ser recolectado y extraído en el extremo inferior del relleno estructurado.

De acuerdo con otro ejemplo de realización preferente, la absorción de dimetilformamida (DMF) a partir del aire se lleva a cabo en agua. Puesto que DMF es altamente soluble en agua, solamente se requieren pequeñas cantidades de agua para la absorción. El agua es puesta en contacto con un gas que contiene el DMF para llevar a cabo la absorción. Cuando mayor es la superficie de contacto entre agua y gas, más rápida puede ser intercambiado el DMF al agua desde el gas. Esta superficie de contacto corresponde a la superficie de intercambio de materia. La materia, en este caso DMF, se transporta sobre toda la superficie de intercambio de materia del gas al agua. La superficie de intercambio de materia es puesta típicamente a disposición por el relleno estructurado. El agua se distribuye a lo largo del relleno estructurado configurando una película delgada, que cubre la superficie del relleno estructurado.

El resultado de esta medición está representado en la Figura 7, que muestra el número de las unidades de transferencia por metro (NTUM) como función del factor de absorción (A/m) para distintos tipos de rellenos. El factor de absorción especifica la relación entre el gradiente de la línea de operación A y la línea de equilibrio m en el diagrama de equilibrio (diagrama x-y). En este sentido, el gradiente de la línea de operación A es calculado a partir de la relación de la corriente molar del fluido menos volátil con respecto al flujo molar del fluido más volátil.

Como tipos de relleno se denominan un relleno estructurado de acuerdo con la invención, a continuación denominado relleno de tejido híbrido GlasG, un relleno de tejido de metal, denominado a continuación MetallG, y un relleno de chapa, denominado a continuación BlechP.

La siguiente tabla especifica las superficies específicas a de los tipos de relleno usados:

Tipo	a [m ² /m ³]	Construcción
GlasG □	250	Tejido con filamentos de fibra de vidrio
MetallG ◇	450	Tejido de metal
BlechP Δ	250	Chapa

El gráfico muestra que el relleno de tejido híbrido presenta un rendimiento de absorción similar a un relleno de tejido de metal. Este rendimiento del relleno de tejido híbrido es logrado, sin embargo, con aproximadamente la mitad de la superficie específica.

En comparación, el relleno de chapa provee un número reducido de etapas de separación por metro o NTUM (número de unidades de transferencia por metro) con la misma superficie específica que el relleno de tejido híbrido, pudiendo ser ello explicado por la menor humectación del relleno de chapa.

De la relación de la superficie específica 2:1 para MetallG:BlechP se podría esperar que el número de las etapas teóricas de separación por metro deberían ser aproximadamente dos veces más grande para el relleno de tejido de metal NTUM (MetallG) que el número de etapas de separación teóricas por metro NTUM (BlechP). El número de etapas de separación teórica por metro para el relleno de tejido de metal NTUM (MetallG) es sin embargo solamente 1,6 veces el número de las etapas de separación teóricas NTUM para el relleno de chapa (BlechP). Esto puede ser explicado por una menor explotación de la superficie específica que se debe a la menor carga de borde para el tejido de metal MetallG.

La carga de borde es mayor para el relleno de chapa BlechP que para un relleno de tejido de metal del tipo MetallG, siendo la carga de líquido L la misma en ambos casos, sin embargo la superficie de BlechP es considerablemente menor que aquella de MetallG, lo cual también está documentado en el estado de la técnica mencionado en la introducción.

De acuerdo con la teoría NTUM (GlasG) debería ser el mismo que NTUM (BlechP), puesto que las superficies específicas son idénticas. Los resultados logrados de acuerdo con la Figura 7 muestran para NTUM, sin embargo, un factor de 1,5 entre estos rellenos. Puesto que este factor no puede ser explicado obviamente por la diferencia de la superficie específica, la mejora se debería haber logrado a través del uso de un tejido que incluye filamentos de fibra de material no metálico y por este motivo tiene una humectación mejorada.

Para el relleno de tejido híbrido de tipo GlasG, los filamentos usados como hilos de trama tienen un espesor de hilado según se indica en la siguiente lista: fibras de vidrio (GF, 136 tex) que tienen un espesor de hilado de 136 g/1000 m o fibras de basalto (BF, 577 tex) 577g/1000m. La disposición de los filamentos para la configuración del tejido será explicada en el siguiente listado:

- 5 De acuerdo con una primera variante, el tejido se compone de una fibra de vidrio (GF) con un espesor de hilado según lo indicado más arriba e incluye alambres de metal de acero inoxidable dispuestos periódicamente entre las fibras de vidrio, siendo el espesor de alambre de los alambres de metal de 0,16 mm. La densidad del tejido en esta disposición importa 0,616 kg/m². En este caso 70,6 hilos/25,4 mm (= 1 pulgada) son dispuestos en la dirección de urdimbre y 40,9 hilos/25,4 mm (= 1 pulgada) son dispuestos en la dirección de trama.
- 10 De acuerdo con la segunda variante, el tejido se compone de una fibra de basalto (BF) que tiene un espesor de hilo según se ha indicado más arriba, y alambres de metal de acero inoxidable dispuestos periódicamente entre las fibras de vidrio, en donde el espesor de alambres de los alambres de metal asciende a 0,16mm. La densidad del tejido asciende a 0,923 kg/m² en esta disposición. En este caso 70,6 hilos/25,4 mm (= 1 pulgada) están dispuestos en la dirección de urdimbre y 25,7 hilos/25,4 mm (= 1 pulgada) están dispuestos en la dirección de trama.
- 15 En forma sorprendente para un tejido que comprende al menos uno de los dos filamentos de fibra mencionados más arriba se puede encontrar un número de etapas de separación teóricas por metro casi tan alto que para el relleno de tejido de metal (MetallG) con aproximadamente el doble de superficie específica.

- 20 Un ejemplo de realización particularmente ventajoso de un relleno de tejido híbrido se muestra en la Figura 8. Una capa del relleno de tejido híbrido mostrado en la Figura 8 tiene una zona de borde inferior, una zona media y una zona de borde superior. Las zonas de borde están ubicadas en la cara superior y la cara inferior de la capa cuando la capa es insertada como parte componente del relleno estructurado en un aparato de intercambio de materia. Las zonas de borde están configuradas de manera que el ángulo con respecto a la dirección de flujo principal sea menor que en la zona media. En particular, el ángulo se puede incrementar continuamente desde un valor mínimo hasta que sea alcanzado el ángulo de inclinación de los canales de la zona media con respecto a la dirección de flujo principal. La resistencia de flujo de las correspondientes zonas de borde es reducida con respecto a la zona media debido al diseño particular de las zonas de borde superior e inferior.

El valor mínimo del ángulo puede ascender, en particular, a 0° de manera que la tangente en la curvatura del canal en el borde es paralela a la dirección de flujo principal.

- 30 En la Figura 8 también se muestran diferentes combinaciones de filamentos de material no metálico y alambres de metal. Por ejemplo, los filamentos de fibra 51, 52 pueden estar dispuestos en forma alternativa con respecto a los alambres de metal 50. En forma alternativa a lo anteriormente descrito, como ya se ilustrado en la Figura 2, los filamentos de fibra 53, 54, 55, 56, 57 pueden estar dispuestos en forma directamente adyacente. También es posible disponer un número menor que cinco de filamentos de fibra dispuestos en forma mutuamente adyacente, por ejemplo tres filamentos de fibra, denominados en la Figura 8 con 58, 59, 60, o dos filamentos de fibra, denominados en la Figura 8 con 61, 62.

En resumen, se ha demostrado de esta manera que el relleno de tejido híbrido es muy adecuado para líquidos que no se distribuyen tan fácilmente sobre rellenos estructurados típicos. Además, el relleno de tejido híbrido es adecuado para aplicaciones con cargas de líquido muy pequeñas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de intercambio de materia, que comprende las etapas: suministrar un primer fluido y un segundo fluido a un aparato de intercambio de materia, en donde el aparato de intercambio de materia comprende un recipiente que tiene una zona de cabeza, una zona de base y una zona de intercambio de materia, en donde el primer fluido es puesto en contacto con el segundo fluido en al menos la zona de intercambio de materia, en donde la zona de intercambio de materia está dispuesta entre la zona de cabeza y la zona de base y la zona de intercambio de materia tiene un relleno estructurado que contiene una pluralidad de capas adyacentes unas con respecto a otras de un tejido que comprende filamentos de fibra de un material no metálico, que están configurados como hilos de trama, en donde entre los filamentos de fibra de material no metálico están dispuestos alambres de metal, **caracterizado porque** los hilos de trama presentan un espesor de hilado de al menos 100 g/1000 m, los hilos de trama comprenden al menos 20 hilos/25,4 mm y el aparato de intercambio de materia es accionado con una carga de líquido de como máximo 3 m³/m²/h .
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el aparato de intercambio de materia es accionado con una carga de líquido de como máximo 0,5 m³/m²/h.
3. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en donde uno del primer fluido o del segundo fluido presenta una tensión superficial de al menos 30 mN/m, preferentemente de al menos 50 mN/m.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde el fluido contiene agua, aminas, amidas, en particular dimetilformamida, alcoholes monohídricos o polihídricos, en particular alcoholes de ácidos grasos, monoetilenglicol, dietilenglicol, trietilenglicol, tetraetilenglicol, monómeros de plásticos, en particular MDI (difeniometano diisocianato), DMT (dimetil tereftalato), ácidos carboxílicos, en particular ácidos grasos, ésteres, en particular ésteres de ácidos grasos o mezclas de al menos dos de los componentes.
5. Empaque estructurado para un aparato de intercambio de materia con una zona de cabeza y una zona de base, en donde el relleno estructurado contiene una pluralidad de capas adyacentes unas con respecto a otras que configuran en cada caso una cara superior, que está enfrentada a la zona de cabeza, y una cara inferior, que está enfrentada a la zona de base, en donde la capa presenta un elemento de pared que se extiende entre la cara superior y la cara inferior, el elemento de pared está configurado como un tejido que contiene filamentos de fibra de un material no metálico, que están configurados como hilos de trama, en donde entre los filamentos de fibra de material no metálico están dispuestos alambres de metal, **caracterizado porque** los hilos de trama presentan un espesor de hilado de al menos 100 g/1000 m y los hilos de trama comprenden al menos 20 hilos/25,4 mm.
6. Empaque estructurado de acuerdo con la reivindicación 5, en donde al menos dos filamentos de fibra de un material no metálico están dispuestos directamente unos al lado de otros.
7. Empaque estructurado de acuerdo con las reivindicaciones 5 o 6, en donde la superficie específica del relleno es de 0 m²/m³ hasta como máximo 500 m²/m³.
8. Empaque estructurado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en donde los hilos de trama están entretejidos por hilos de urdimbre, en donde al menos una parte de los hilos de urdimbre están configurados como alambres de metal.
9. Empaque estructurado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, en donde los filamentos de fibra de material no metálico comprenden vidrio, basalto o un polímero.
10. Empaque estructurado de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 a 9, en donde los alambres de metal contienen acero inoxidable, titanio, hastelloy, dúplex, tantalio o presentan un recubrimiento.
11. Empaque estructurado de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 a 10, en donde la pared de la capa presenta un perfil ondulado a través del que está configurada una pluralidad de canales abiertos, que se extienden de la cara superior del relleno a la cara inferior del relleno, en donde los canales comprenden un primer seno de onda, una primera cresta de onda y una segunda cresta de onda, en donde la primera cresta de onda y la segunda cresta de onda delimitan el primer seno de onda, en donde la primera y la segunda crestas de onda presentan un primer pico y un segundo pico.
12. Dispositivo de intercambio de materia, que contiene un relleno estructurado de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 a 11.
13. Dispositivo de intercambio de materia de acuerdo con la reivindicación 12, que está configurado como aparato de absorción o como columna de destilación.

Fig.1

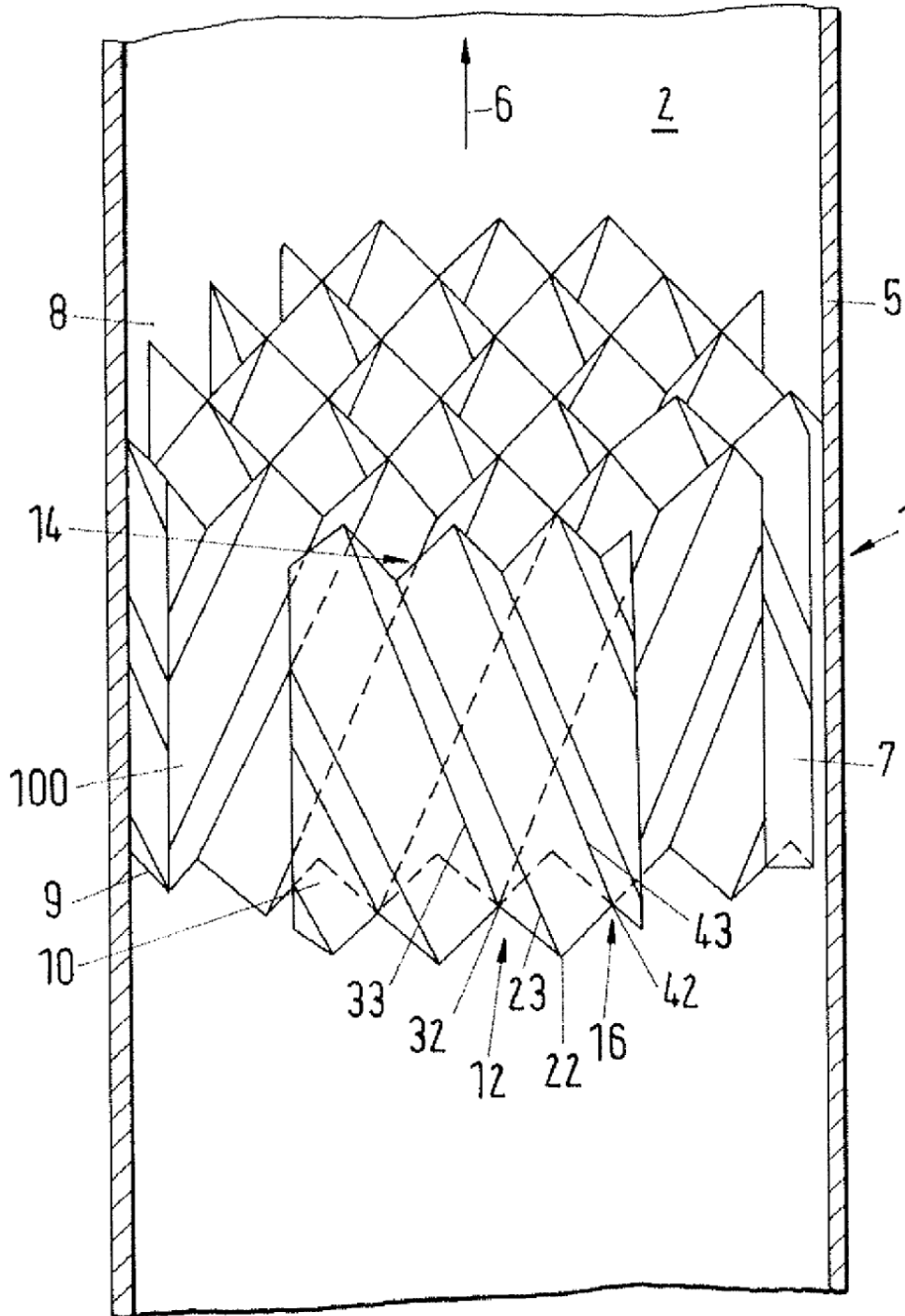


Fig.2

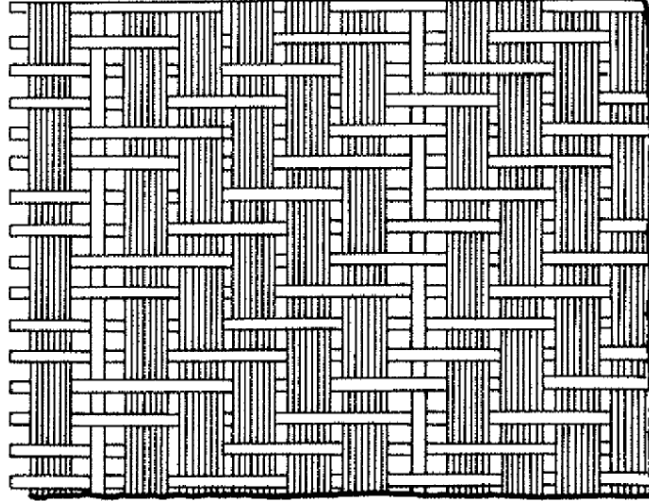


Fig.3

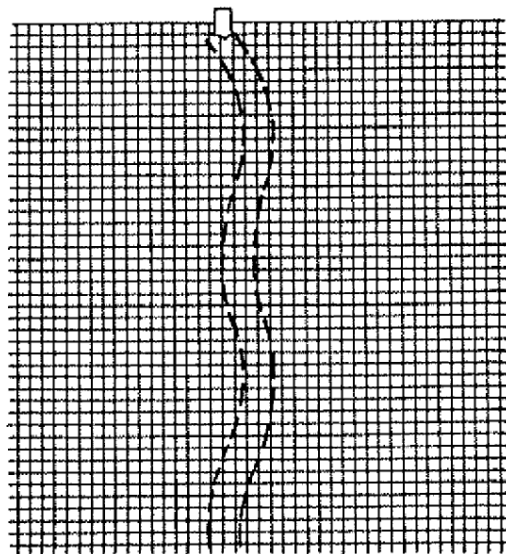


Fig.4

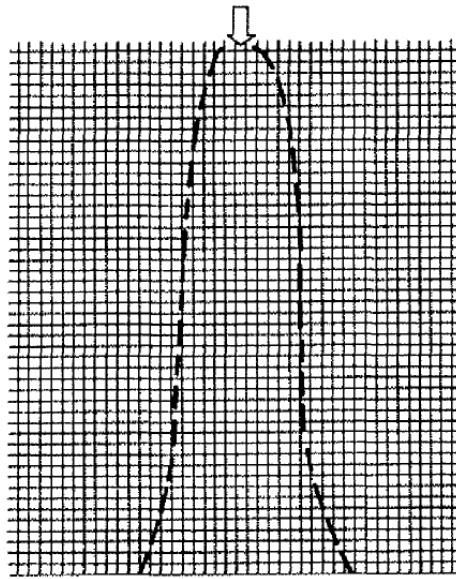


Fig.5

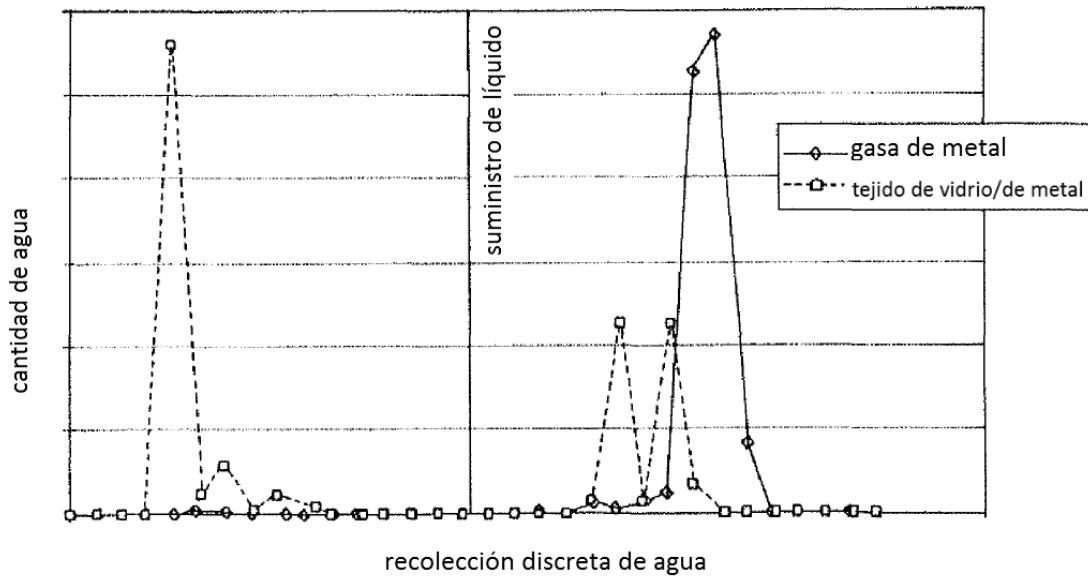


Fig.6

cis-/trans - decalina, 10 mbar a, reflujo total

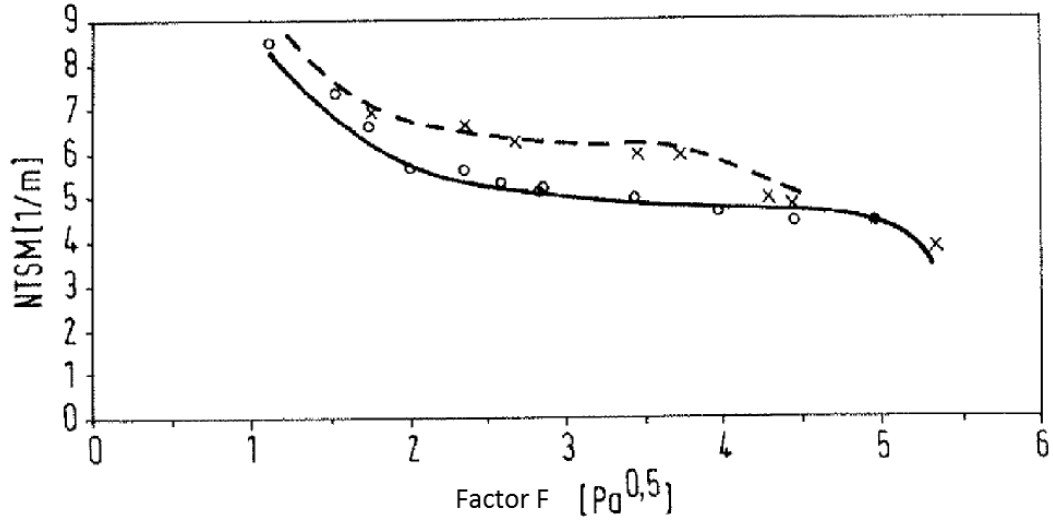


Fig.7

Absorción de DMF con cargas de líquido reducidas

