

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 407 255**

51 Int. Cl.:

B01J 35/04 (2006.01)

B01J 37/02 (2006.01)

B01J 19/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.07.2010** **E 10169898 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2013** **EP 2407241**

54 Título: **Estructura y montaje de un catalizador para aumentar la efectividad de procesos químicos catalíticos.**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.06.2013

73 Titular/es:

WAGNER, EDMUND, DR.-ING. (100.0%)
Erich-Ollenhauer-Strasse 32E
65187 Wiesbaden, DE

72 Inventor/es:

WAGNER, EDMUND

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 407 255 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

Estructura y montaje de un catalizador para aumentar la efectividad de procesos químicos catalíticos

Este invento se refiere a un catalizador monolítico de combustible sólido para la realización de una reacción química catalítica heterogénea en un fluido de reacción.

- 5 La catálisis se emplea ampliamente en la técnica de procesos químicos para acelerar reacciones o desplazar equilibrios de reacción en una determinada dirección. Un tipo de catalizador es el catalizador de combustible sólido, que cataliza heterogéneamente la reacción de gases o líquidos. Ejemplos para tales catálisis son por ejemplo la síntesis Fischer-Tropsch (FTS), el proceso Sabatier, el procedimiento Haber-Bosch o una multiplicidad de otras reacciones, que se desarrollan con catalizadores de combustible sólido. El catalizador puede por ejemplo emplearse en un reactor de lecho
- 10 fijo en forma de una carga o paquete de partículas de combustible sólido. Las partículas de la carga o del paquete pueden componerse del material catalizador o estar recubiertas con él. Una alternativa a ello son los reactores monolíticos, en los cuales el catalizador está construido de una sola pieza o de piezas de construcción unidas fijas unas con otras, que en conjunto forman un cuerpo de catalizador continuo.

- 15 Un inconveniente de los reactores monolíticos en comparación con los reactores de lecho fijo es que los reactores monolíticos por su construcción por principio en forma de bloque tienden a una mala relación superficie a volumen. Para evitar este inconveniente, tales catalizadores por eso frecuentemente son fabricados con una multiplicidad de aberturas de paso, de manera que al pasar a través del reactor un fluido de reacción se presente una superficie catalíticamente activa lo más grande posible (véase Güttel y otros, "Reaktoren für die Fischer-Tropsch-Synthese", *Chemie Ingenieur Technik*, 2007, 79, N° 5, páginas 531-543).

- 20 Otro inconveniente de los reactores monolíticos convencionales es que un reactor usualmente se compone sólo de un material o está recubierto con sólo un determinado material catalíticamente activo. Un reactor monolítico semejante no puede por eso ser empleado sin más para reacciones en las cuales para conseguir una catálisis óptima sean necesarias diversas sustancias catalíticamente activas.

- 25 El documento US 2002/0013224 describe un catalizador monolítico, cuyo monolito comprende un material catalizador activo, que es soportado por una estructura de varias capas, comprendiendo la estructura de varias capas una pila de piezas metálicas porosas delgadas, estando una parte de las superficies de estas piezas metálicas unidas unas con otras mediante una conexión térmicamente conductora.

- 30 El documento DE 103 35 967 A1 describe un reactor para reacciones en fase gaseosa en presencia de un catalizador en forma de partículas, estando compuesto el reactor de una o varias placas de agujeros, que presentan aberturas que atraviesan totalmente las placas, en las cuales puede ser alojado el catalizador en forma de partículas.

El documento US 6,746,651 B1 describe una pila de placas metálicas muy delgadas para proporcionar una gran superficie para la descomposición catalítica de un fluido, estando previstos sobre la superficie flujo abajo de cada placa huecos a través de los cuales puede tener lugar entre las placas un flujo lateral del fluido.

- 35 El problema del invento es por lo tanto evitar los inconvenientes mencionados y crear un catalizador monolítico de combustible sólido en el cual puedan desarrollarse simultáneamente diversas reacciones catalíticas.

- Este problema es solucionado porque se proporciona un catalizador monolítico de combustible sólido para la realización de una reacción química catalítica heterogénea en un fluido de reacción, el cual pasa a través del catalizador y contiene al menos un educto, presentando el catalizador al menos una abertura de paso para el paso del fluido de reacción a través del catalizador, presentando el catalizador una estructura por capas de al menos dos capas dispuestas planas una sobre otra, desarrollándose la al menos una abertura de paso a través de las capas de la estructura y estando al menos la
- 40 superficie que en una primera capa de la estructura define al menos una parte de la sección de pared interior de la al menos una abertura de paso compuesta de un primer material catalíticamente activo, y estando al menos la superficie que en una segunda capa de la estructura define al menos una parte de una sección de pared interior de la al menos una
- 45 abertura de paso compuesta de un segundo material catalíticamente activo, de manera que el fluido de reacción al pasar a través del catalizador es puesto en contacto con al menos dos materiales catalíticamente activos distintos.

- En la superficie del catalizador se presentan en relación con la reacción catalítica fisioadsorción y quimioadsorción (véase Ertl, *Reaktionen an Oberflächen: Vom Atomaren zum Komplexen*, *Angewandte Chemie* 2008-120/19, páginas 3582 y siguientes). La ventaja de la estructura por capas del catalizador según el invento consiste en que distintas zonas del cuerpo del catalizador pueden ser fabricadas de distintos materiales. De esta manera puede formarse un reactor
- 50 monolítico que en las superficies de las aberturas de paso que entran en contacto con el fluido de reacción puede proporcionar diferentes materiales catalíticamente activos para la reacción del fluido que pasa a través de la abertura de paso.

Las capas son colocadas unas sobre otras de manera que dos superficies de las capas, que son atravesadas por en cada caso al menos una abertura de paso, se apoyan unas sobre otras en esencia estancas a los fluidos. Las aberturas de

paso en las capas individuales están dispuestas de manera que el fluido de reacción puede fluir desde una abertura de paso en una primera capa a una abertura de paso en la segunda capa que se apoya sobre la primera capa.

En una forma de realización del invento el número de capas del catalizador monolítico de combustible sólido dispuestas planas una sobre otra en la estructura por capas está situado en el intervalo de 10 a 1000.

- 5 La superficie que en dos capas adyacentes de la estructura define al menos una parte de la sección de pared interior de la al menos una abertura de paso, en determinadas secciones del catalizador puede estar compuesta del mismo material catalíticamente activo, mientras que la superficie de la abertura de paso en una segunda capa de la estructura anterior o siguiente a estas dos capas está compuesta de un segundo material catalíticamente activo.

- 10 En distintas secciones del catalizador pueden emplearse diferentes materiales catalíticamente activos en distintos órdenes de sucesión apropiados. Mediante la adecuada elección de los materiales en la superficie de las aberturas de paso en las respectivas capas en diferentes secciones del catalizador monolítico de combustible sólido y por lo tanto en el desarrollo de la reacción a lo largo de las aberturas de paso puede ser catalizada en cada caso una otra parte de una reacción.

- 15 En otra forma de realización pueden disponerse también sólo unas pocas, por ejemplo dos o tres, sustancias distintas catalíticamente activas, en cada caso en la superficie de una capa, y las capas con las diferentes superficies disponerse apiladas unas sobre otras en un modelo de repetición en el catalizador monolítico de combustible sólido, para construir un catalizador casi homogéneo de distintos materiales catalíticamente activos. Por ejemplo pueden cambiarse dos u otro número hasta máximo diez sustancias catalíticamente activas en las superficies de las capas consecutivas. También pueden seguirse dos o más capas que proporcionen el mismo material catalítico. La sucesión de las capas catalíticas también puede ser elegida a voluntad sin modelo de repetición, para posibilitar determinadas catálisis convenientes en
20 distintas secciones del catalizador.

Las capas consecutivas pueden proporcionar alternamente o en cualquier orden de sucesión dos o más materiales catalíticos distintos en la abertura de paso.

- 25 En una forma de realización del invento al menos alguna de las capas de la estructura se compone totalmente del material catalíticamente activo de esta capa. Un catalizador semejante puede componerse por ejemplo de láminas o chapas de una sustancia catalíticamente activa.

- Puesto que los materiales catalizadores son parcialmente muy caros, por razones de costes puede ser conveniente emplear como capa un soporte económico y revestir éste totalmente o sólo en partes de las aberturas de paso con un material catalíticamente activo, no estando excluido que el propio soporte del revestimiento pueda tener algún efecto catalítico, pero no el deseado especialmente en la sección del catalizador. Por consiguiente en una forma de realización
30 del invento, en al menos una parte de las capas de la estructura, sólo la superficie que en las capas define al menos una parte de la sección de pared interior de la al menos una abertura de paso se compone de un material catalíticamente activo. Preferentemente en todas las capas de la estructura, sólo la superficie que en las capas define al menos una parte de la sección de pared interior de la al menos una abertura de paso se compone de un material catalíticamente activo. El precio del catalizador monolítico de combustible sólido de esta manera puede reducirse considerablemente. Para el
35 revestimiento entran en consideración por ejemplo procesos apropiados conocidos de la técnica de los recubrimientos.

En determinadas formas de realización los materiales catalíticamente activos están elegidos entre el hierro, cobre, cobalto, platino, rutenio, rubidio e iridio, así como aleaciones o combinaciones de los metales citados.

- 40 En otra forma de realización las capas presentan distintos espesores de capa, de manera que mediante la elección de los espesores de capa y opcionalmente del número de capas con igual velocidad de reacción presentan diferentes tiempos de tratamiento del fluido de reacción para los distintos materiales catalíticos.

En ciertas circunstancias distintas etapas de la reacción, que posiblemente se desarrollan una tras otra, deben ser catalizadas tiempos distintamente largos. Para ello puede ser conveniente realizar más gruesas algunas de las capas, para así provocar una más larga duración de tratamiento del fluido frente a las respectivas placas.

- 45 En el presente invento mediante rebajes continuos coincidentes o por lo menos dispuestos en solape unos tras otros se forma una abertura de paso en las capas situadas unas sobre otras, de manera que el fluido de reacción puede fluir desde un rebaje en una primera capa en el rebaje dispuesto después coincidente o por lo menos en solape en la capa que se apoya sobre la primera capa y de esta manera finalmente a través de todo el catalizador monolítico de combustible sólido.

- 50 En otra forma de realización en al menos una sección de la al menos una abertura de paso la superficie que en una primera capa de la estructura define al menos una parte de una sección de pared interior de la abertura de paso, con respecto a la superficie que en una segunda capa dispuesta plana sobre ella define al menos una parte de la sección de pared interior de la abertura de paso está dispuesta desplazada, de manera que así en la al menos una sección de la abertura de paso, definida por estas dos capas, existen aristas independientes en el interior de la abertura de paso.

Una estructura semejante puede obtenerse mediante el apilado de chapas en solape parcial de rebajes en las capas individuales, que están realizadas con aristas vivas. La ventaja de una disposición semejante es que un fluido que fluye a

través de las aberturas de paso forma turbulencias en las aristas vivas, por lo que tiene lugar un mejor mezclado del fluido y un intercambio más fuerte entre la superficie del catalizador y el fluido de reacción.

Preferentemente una gran parte de la superficie de las capas de la estructura está atravesada con una multiplicidad de aberturas de paso individuales, para conseguir un aprovechamiento del volumen del catalizador lo mejor posible y una buena relación superficie a volumen. La superficie de los rebajes individuales con respecto a la superficie de la capa puede estar en una relación de 1 a 10, 1 a 100, 1 a 1000 y hasta 1 a 10.000 o más allá o en relaciones situadas entre los valores citados.

En otra forma de realización al menos una abertura de paso se desarrolla helicoidal entre el principio de la abertura de paso en un extremo del catalizador y la salida de la abertura de paso en el otro extremo del catalizador. Mediante esta medida se alarga el recorrido del fluido a través de una abertura de paso a través del catalizador, sin que varíe su altura de construcción. Se puede obtener con ello un catalizador comparativamente plano.

La estructura helicoidal de la abertura de paso puede realizarse estando dispuestas las aberturas de paso en las capas individuales desplazadas unas con respecto a otras, de manera que cuando éstas están apiladas unas sobre otras dan por resultado una abertura de paso helicoidal. La hélice puede ser una hélice cilíndrica o cónica. Varias aberturas de paso helicoidales previstas en un cuerpo de catalizador pueden estar dispuestas de manera que penetren en su cilindro envolvente, sin que sin embargo las aberturas de paso individuales estén unidas unas con otras. Esto puede conseguirse siendo iguales la dirección y la cantidad del desplazamiento de al menos dos, preferentemente de todas las aberturas de paso en capas superpuestas para dos aberturas de paso helicoidales adyacentes.

En una forma de realización alternativa del invento con abertura de paso helicoidal la al menos una abertura de paso está formada en un lado por un rebaje en la pared interior de un cilindro hueco o cono hueco que se desarrolla a través de la estructura por capas del catalizador y en un segundo lado por un cuerpo insertable con ajuste de precisión en el cilindro hueco o cono hueco, presentando opcionalmente el cuerpo insertable con ajuste de precisión una pared exterior plana o presentando en su pared exterior un rebaje, que en el estado insertado viene a quedar situado de manera que él junto con el rebaje en la pared interior del cilindro hueco o cono hueco configura la al menos una abertura de paso.

De esta manera puede realizarse una construcción de catalizador plana con aberturas de paso helicoidales, sin que se necesiten aberturas de paso en el propio bloque catalizador. La estructura helicoidal está aplicada en el cilindro hueco o cono hueco. La estructura está realizada para eso por ejemplo como rosca de una o varias entradas. El cilindro hueco o cono hueco insertado puede presentar la misma construcción por capas que el bloque catalizador.

En otra forma de realización el número de aberturas de paso para el paso del fluido de reacción a través del catalizador está situado en el intervalo de 1 a 1000. Mediante un número grande de aberturas de paso se obtiene una superficie activa grande del catalizador. Pueden también emplearse 10.000 o más aberturas de paso, por ejemplo cuerpos en panel.

Otro aspecto del invento se refiere a una instalación para la realización de reacciones químicas catalíticas heterogéneas en un fluido de reacción, comprendiendo la instalación un catalizador según el invento.

En todavía otra forma de realización de la instalación, la instalación comprende varios reactores Fischer-Tropsch o reactores Sabatier conectados en paralelo en disposición modular aditiva, con un catalizador según el invento. Adicionalmente pueden estar integrados en la instalación electrolizadores y/o dispositivos para la obtención de CO₂ con igual construcción e igual tamaño.

En todavía otra forma de realización de la instalación se realiza en ésta la síntesis Fischer-Tropsch. En la instalación puede realizarse también la síntesis Sabatier.

En la realización de la síntesis Fischer-Tropsch o de la síntesis Sabatier en la instalación la presión y la temperatura pueden elegirse de manera que existan agua y/o dióxido de carbono y/u otros materiales en estado supercrítico. La catálisis puede ser mejorada de este modo.

En otra forma de realización de la instalación ésta presenta adicionalmente un dispositivo para la obtención del educto CO₂ a partir de aire y/o adicionalmente un dispositivo para la obtención del educto (H₂) por medio de electrolisis de agua. De esta manera la instalación se hace independiente del suministro directo con los citados eductos. Puede por lo tanto ser instalada autosuficiente en lugares en los cuales están disponibles corriente eléctrica, aire y agua. La instalación puede constituirse aún más autosuficiente procediendo la corriente para la instalación de energías renovables, por ejemplo fotovoltaica, energía eólica o biomasa.

Otro aspecto del invento se refiere a un procedimiento para construir un catalizador según el invento, en el cual capas que al menos parcialmente presentan superficies catalíticamente activas de material igual o diferente son colocadas planas unas sobre otras.

Este procedimiento puede realizarse empleándose procedimientos de plakeado apropiados conocidos, o siendo comprimidas pilas de chapas con medidas apropiadas, o depositando capas unas sobre otras en vacío, por ejemplo por metalizado por vaporización o metalizado por bombardeo iónico u otros procedimientos de PVD o CVD, o siendo

precipitadas galvánicamente unas sobre otras, o siendo construido un bloque catalizador de manera que sean sinterizadas capas pulverizadas aplicadas unas sobre otras.

Puede construirse un apilamiento de láminas o chapas con abertura de paso siendo perforadas las chapas o láminas para realizar las aberturas de paso, por ejemplo mediante corte por láser, luego siendo apiladas y por ejemplo mediante apriete, soldadura blanda o soldadura fuerte, unidas formando un catalizador monolítico. Las capas también pueden ser aplicadas por procedimientos de plaqueado u otros procedimientos de unión apropiados, familiares a un experto, por ejemplo imprimación.

En otra forma de realización del procedimiento para la realización de la al menos una abertura de paso se produce un rebaje en la pared interior de un cilindro hueco o cono hueco que se desarrolla a través de la estructura por capas del catalizador y en el cilindro hueco o cono hueco se inserta con ajuste de precisión un cuerpo, presentando el cuerpo insertado con ajuste de precisión una pared exterior plana y/o en su pared exterior un rebaje, que en el estado insertado viene a quedar situado de manera que él junto con el rebaje en la pared interior del cilindro hueco o cono hueco configura la al menos una abertura de paso.

De esta manera puede conseguirse que en el bloque catalizador se preparen cilindros huecos o conos huecos fáciles de fabricar, a la par que los rebajes sobre el contorno exterior del cuerpo insertado pueden ser realizados comparativamente con facilidad incluso con desarrollo complicado. De esta manera puede evitarse tener que producir formas complicadas sobre la superficie de aberturas de paso estrechas.

En otra forma de realización la instalación se implementa como se describe a continuación. La instalación presenta adicionalmente un dispositivo para la obtención del educto CO_2 a partir del aire. El principio para la obtención del CO_2 a partir del aire es conocido por M. Specht y A. Bandi (publicación periódica "Forschungsverbund Sonnenenergie" Themen 94/95), pero el proceso es mejorado por un catalizador según el invento.

En una primera etapa de la instalación se aspira aire con un compresor y se transporta a un absorbedor. El absorbedor es alimentado con lejía de potasa, que absorbe dióxido de carbono del aire introducido. El aire residual que queda tras la absorción es retirado del proceso. Mediante la absorción de dióxido de carbono en la lejía de potasa se forma carbonato potásico. Del absorbedor sale por lo tanto una mezcla de lejía de potasa y carbonato potásico. Con una bomba la solución que sale del absorbedor se vuelve a llevar parcialmente de nuevo a la entrada de éste. La parte no vuelta a llevar es transferida a una etapa de desgasificación de dióxido de carbono. En esta etapa el dióxido de carbono es extraído del carbonato potásico, ligándose el potasio con ácido sulfúrico formando sulfato potásico. En ello se libera dióxido de carbono. En una etapa de electrodiálisis el sulfato potásico es reciclado formando de nuevo ácido sulfúrico, le es retirado el potasio y éste bajo adición de agua es transformado en lejía de potasa. En ello son liberados oxígeno e hidrógeno. El oxígeno es retirado del proceso, mientras que el hidrógeno es empleado de nuevo en una segunda etapa de la instalación. La lejía de potasa es llevada de nuevo al absorbedor como medio de absorción preparado para más dióxido de carbono. Al dióxido de carbono que de esta manera fue extraído del aire L puede añadirse dióxido de carbono reciclado del proceso de combustión, en tanto que éste exista.

En la segunda etapa de la instalación a partir de agua y del dióxido de carbono obtenido como se ha descrito se produce metanol y otros hidrocarburos. La etapa comprende un intercambiador de calor, una etapa de electrolisis a alta temperatura y un reactor con otro intercambiador de calor. El agua es vaporizada por el intercambiador de calor en el reactor mediante el calor naciente libre en la reacción. El vapor de agua se mezcla con el dióxido de carbono alimentado y se calienta en el intercambiador de calor. La mezcla calentada de dióxido de carbono y vapor es alimentada a la etapa de electrolisis a alta temperatura, en la cual de ella se obtienen monóxido de carbono, hidrógeno y oxígeno. Estos gases son llevados al intercambiador de calor, en el cual el calor de los gases de producto citados es alimentado de nuevo a los gases de educto. Además en el intercambiador de calor se disocia el oxígeno. El gas de síntesis de monóxido de carbono e hidrógeno es conducido a un segundo compresor, en el cual es alimentado también el hidrógeno resultante en la electrodiálisis en la primera etapa. En una forma de realización especial el compresor se encarga de que los gases de reacción pasen al estado supercrítico. El gas de síntesis comprimido es conducido al reactor, que comprende un catalizador según el invento. En el reactor se realiza la síntesis Fischer-Tropsch o la síntesis Sabatier. En el caso de la última se puede prescindir de la fabricación de monóxido de carbono en la etapa de electrolisis a alta temperatura. Mediante la síntesis se producen metanol y otros hidrocarburos como producto de base de la instalación.

Otras ventajas, características y posibilidades de aplicación del invento resultan tanto de la siguiente descripción de formas de realización preferidas como de las Figuras correspondientes a ellas. Muestran:

- La Figura 1A: esquemáticamente un catalizador según el estado de la técnica,
- las Figuras 1B y 1C: distintas formas de realización del catalizador según el invento,
- la Figura 2A: una realización del catalizador según el invento con aberturas de paso helicoidales,
- 5 la Figura 2B: una vista de una superficie de un catalizador según el invento, en la cual están practicadas aberturas de paso,
- la Figura 2C: un fragmento de la superficie de una abertura de paso helicoidal en sección,
- la Figura 3A: una hélice con varios parámetros asignables,
- la Figura 3B: una representación en perspectiva de una hélice con un parámetro asignable,
- 10 la Figura 4: una sección transversal a través de un fragmento de un catalizador según el invento, estando mostrada en el fragmento una abertura de paso con una estructura helicoidal de la superficie de la abertura de paso.
- la Figura 5A: una abertura de paso con un cuerpo insertado con ajuste de precisión, con lo que se producen aberturas de paso helicoidales,
- 15 la Figura 5B: un cuerpo con una estructura helicoidal en su superficie, que está previsto para la inserción en una abertura de paso,
- la Figura 6: una representación esquemática de una instalación en la cual se emplea un catalizador según el invento.

La Figura 1A muestra un catalizador convencional 1 con aberturas de paso 2 según el estado de la técnica. Las flechas en las aberturas de paso indican la dirección de flujo de un fluido a través del catalizador.

- 20 La Figura 1B muestra un catalizador monolítico 1 según el invento, que está construido de capas. En esta forma de realización las capas a y b varían en diferentes materiales. Las aberturas de paso 2 son recorridas por un fluido en la dirección de las flechas.

- 25 La figura 1C muestra una sección transversal a través de otra forma de realización del catalizador monolítico 1 según el invento. En esta forma de realización las capas están configuradas de diferente espesor y pueden componerse de varios materiales distintos. A manera de ejemplo dos capas de materiales diferentes están designadas con a y b. La elección del espesor de las capas y del material de las capas puede ser adaptada al desarrollo de la reacción, de manera que en distintas etapas de la reacción en cada caso tenga lugar la catálisis óptima. El medio fluye a través de las aberturas de paso 2 en la dirección de las flechas dibujadas.

- 30 En la Figura 2A está representada una sección transversal de otra forma de realización del catalizador 1 según el invento. Las aberturas de paso 2 aquí están realizadas en forma de meandros. Los meandros tienen la misma forma y están dispuestos de manera que bucles individuales de los meandros se desarrollan paralelos unos a otros, de manera que se obtiene un buen aprovechamiento del volumen y del catalizador 1. Mediante la realización en forma de meandros de las aberturas de paso 2 se obtiene un alargamiento del recorrido de un fluido a través del catalizador 1. El catalizador 1 puede ser realizado así con menor altura para la misma longitud de los canales de paso. El catalizador 1 también aquí está
- 35 construido de capas.

La Figura 2B muestra una vista en planta del catalizador 1 que está mostrado en la Figura 2A. En las aberturas de paso 2 y en el borde del catalizador pueden reconocerse las diferentes capas. Un catalizador 1 semejante puede, como también se desprende de la Figura 2A, estar construido de chapas de la misma forma, que están apiladas unas sobre otras desplazadas unas con respecto a otras.

- 40 En la Figura 2C está representado un fragmento de una sección transversal a través de las aberturas de paso 2 en forma de meandros. La superficie de la abertura de paso 2 se encuentra en el lado derecho en la Figura 2C. En la forma de realización según la Figura 2C las capas están apiladas unas sobre otras, estando rebajes realizados con aristas vivas dispuestos desplazados unos con respecto a otros en las chapas. De esta manera se produce en el interior de la abertura de paso 2 un perfil con aristas vivas 3. Las aristas 3 provocan la formación de turbulencias en las aristas, lo cual es
- 45 ventajoso para el mezclado del fluido. De este modo se mejora la catálisis.

Las aberturas de paso 2 en forma de meandros en el catalizador monolítico 1 mostradas en las Figuras 2A, 2B y 2C alternativamente pueden ser realizadas también helicoidales. Esto sin embargo ya no podría ser representado sin más mediante una simple sección transversal.

- 50 La Figura 3A muestra una hélice en la cual están dibujados el ángulo de pendiente α y la pendiente k. Otros parámetros que pueden emplearse en el diseño de aberturas de paso helicoidales para la determinación de la longitud del recorrido

del fluido a través del catalizador son el diámetro d y el paso h de la hélice, así como opcionalmente también una variación de la pendiente, que está indicada esquemáticamente por diferentes medidas del paso a' , b' , c' , y d' . Las aberturas de paso a través de un catalizador según el invento pueden por lo tanto presentar una pendiente que varía en el desarrollo de la hélice.

5 En la Figura 3B está mostrada una hélice en representación tridimensional, estando dibujado el paso h .

En la Figura 4 está mostrada una sección transversal a través de un tubo 4, que también puede ser un fragmento del catalizador 1 según el invento, estando practicado en el fragmento mostrado un cilindro hueco continuo 8, a través del cual se desarrolla la sección. El cilindro hueco en una forma de realización alternativa también puede estar realizado como cono hueco. En la superficie del cilindro hueco 8 está practicado un rebaje 5 en forma de una hélice, de la cual por razón
10 de la representación de la sección sólo puede verse una mitad. Esta hélice puede ser practicada por ejemplo con un útil, que trabaja como una herramienta de corte de roscas. El cilindro hueco 8 puede ser cerrado con un cuerpo de pared lisa, de manera que se forma una abertura de paso helicoidal con el perfil del rebaje helicoidal 5. En la superficie lateral del cuerpo puede practicarse otro rebaje helicoidal con el mismo paso que el de la hélice en el cilindro hueco 8, disponiéndose los rebajes helicoidales opuestos unos a otros, de manera que forman un conducto común. De este modo resulta una
15 abertura de paso helicoidal que se desarrolla en el rebaje 5 en la pared interior del cilindro hueco 8 en el catalizador 1 y en el rebaje en la pared exterior del cuerpo insertado. Alternativamente los rebajes pueden disponerse en el perímetro desplazados unos con respecto a otros, de manera que no estén situados enfrente y de este modo resulten dos aberturas de paso helicoidales independientes una de otra. La sección transversal del rebaje 5 es ventajosamente de forma semicircular o rectangular.

20 El tubo 4 puede estar construido monolítico de material catalíticamente activo. El cuerpo insertado puede presentar una construcción por capas; alternativamente sin embargo también él puede estar compuesto de material monolítico.

La Figura 5A muestra esquemáticamente un tubo 4 que también puede ser un fragmento de un catalizador 1 según el invento, en el cual está dispuesto un cilindro hueco 8, en el que está insertado con ajuste de precisión un cuerpo 6. Entre el cuerpo insertado 6 y la pared del cilindro hueco 8 en el catalizador 1 se encuentra una abertura de paso helicoidal 2 a
25 través del catalizador. La abertura de paso helicoidal 2 se desarrolla o sólo en un rebaje 5 en la superficie del cuerpo 6, o sólo en un rebaje 7 en la pared del cilindro hueco 8 en el catalizador 1, o en ambos.

En la Figura 5B está mostrado un cuerpo 6 en esencia cilíndrico, que está previsto para la inserción en un cilindro hueco 8 en un catalizador 1. En la superficie cilíndrica de este cuerpo está practicado un rebaje helicoidal 7 de sección transversal rectangular. Éste puede por ejemplo ser realizado con procedimientos conocidos para roscados exteriores. Un cuerpo
30 semejante puede ser insertado en una abertura de paso 2 de pared lisa en un catalizador 1 o en un tubo 4 de material catalizador, desarrollándose entonces la abertura de paso helicoidal resultante de este modo en el rebaje 7 a través del cuerpo insertado 6. El cuerpo 6 mostrado también puede emplearse en un cilindro hueco 8, como está representado en la Figura 4.

La Figura 6 muestra una representación esquemática de una instalación en la cual en el reactor B se emplea un
35 catalizador según el invento. En la instalación a partir de agua H_2O y de CO_2 contenido en el aire se elaboran distintos hidrocarburos. En el componente A1 de la instalación a partir de agua H_2O mediante electrolisis se obtienen oxígeno molecular O_2 e hidrógeno molecular H_2 . El oxígeno O_2 no vuelve a emplearse para el proceso. En el componente A2 de la instalación a partir del aire L se disocia dióxido de carbono CO_2 y el aire restante RL se libera de nuevo del proceso. El componente B de la instalación es un reactor Fischer-Tropsch o alternativamente un reactor para la síntesis Sabatier, que
40 en cada caso comprenden un catalizador según el invento. En el reactor son alimentados hidrógeno H_2 y dióxido de carbono CO_2 . En la reacción se producen oxígeno O_2 , gases de desecho FG, agua H_2O y como productos hidrocarburos CH con longitudes de cadenas de 10 a 30 moléculas de carbono. Los hidrocarburos CH se conducen a un reactor de cracking C, en el cual son craqueados formando gasolina OK, queroseno KE y combustible diesel DK.

Lista de signos de referencia

	1	Catalizador monolítico
	2	Abertura de paso
	3	Aristas en la abertura de paso
5	4	Tubo de material catalizador
	5	Rebaje helicoidal
	6	Cuerpo
	7	Rebaje
	8	Cilindro hueco o cono hueco
10	11	Compresor
	12	Absorbedor
	13	Bomba
	14	Etapas de desgasificación de CO ₂
	15	Etapas de electrodialisis
15	16	Electrolisis a alta temperatura
	17	Intercambiador de calor
	18	Reactor
	19	Segundo compresor
	O ₂	Oxígeno molecular
20	H ₂	Hidrógeno molecular
	H ₂ O	Agua
	CO	Monóxido de carbono
	CO ₂	Dióxido de carbono
	KOH	Lejía de potasa
25	K ₂ CO ₃	Carbonato potásico
	H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
	K ₂ SO ₄	Sulfato potásico
	CH ₃ OH	Metanol
	L	Aire
30	RL	Aire residual
	FG	Gases de desecho
	CH	Hidrocarburos
	OK	Gasolina
	KE	Queroseno
35	DK	Combustible diesel

REIVINDICACIONES

1. Catalizador monolítico de combustible sólido (1) para la realización de una reacción química catalítica heterogénea en un fluido de reacción, el cual pasa a través del catalizador (1) y contiene al menos un educto, presentando el catalizador (1) al menos una abertura de paso (2) para el paso del fluido de reacción a través del catalizador (1),
5 **caracterizado por que** el catalizador (1) presenta una estructura por capas de al menos dos capas (a, b) dispuestas planas una sobre otra, estando las capas colocadas unas sobre otras de manera que sus superficies atravesadas por la al menos una abertura de paso se apoyan unas sobre otras en esencia estancas a los fluidos, y desarrollándose la al menos una abertura de paso (2) a través de las capas (a, b) de la estructura y en ello las aberturas de paso en las capas individuales están dispuestas de manera que el fluido de reacción puede fluir desde una abertura de paso en una primera
10 capa en una abertura de paso en la segunda capa que se apoya sobre la primera capa, estando al menos la superficie que en una primera capa (a) de la estructura define al menos una parte de una sección de pared interior de la al menos una abertura de paso (2) compuesta de un primer material catalíticamente activo, y estando al menos la superficie que en una segunda capa (b) de la estructura define al menos una parte de una sección de pared interior de la al menos una
15 abertura de paso (2) compuesta de un segundo material catalíticamente activo, de manera que el fluido de reacción al pasar a través del catalizador (1) es puesto en contacto con al menos dos materiales catalíticamente activos distintos.
2. Catalizador (1) según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el número de capas (a, b) dispuestas planas unas sobre otras en la estructura por capas del catalizador (1) está situado en el intervalo de 10 a 1000.
3. Catalizador (1) según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** en al menos una parte de las capas (a, b) de la estructura, sólo la superficie que en las capas define al menos una parte de una sección de pared interior de la al menos
20 una abertura de paso (2) se compone de un material catalíticamente activo.
4. Catalizador (1) según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** al menos una parte de las capas (a, b) de la estructura se compone totalmente de un material catalíticamente activo.
5. Catalizador (1) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** los materiales catalíticamente activos están elegidos entre el hierro, cobre, cobalto, platino, rutenio, rubidio e iridio, así como aleaciones o
25 combinaciones de los metales citados.
6. Catalizador (1) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** las capas (a, b) presentan distintos espesores de capa, de manera que mediante la elección de los espesores de capa y opcionalmente del número de capas con igual velocidad de flujo del fluido de reacción pueden ser regulados diferentes tiempos de tratamiento del fluido de reacción para los distintos materiales catalíticos.
- 30 7. Catalizador (1) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** la al menos una abertura de paso (2) se forma mediante rebajes continuos coincidentes o por lo menos dispuestos en solape unos tras otros en las capas (a, b) situadas unas sobre otras.
8. Catalizador (1) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** la al menos una abertura de paso (2) está formada en un lado por un rebaje (5) en la pared interior de un cilindro hueco (8) o cono hueco (8) que se desarrolla a través de la estructura por capas del catalizador, y en el otro lado por un cuerpo (6) insertable con ajuste de
35 precisión en el cilindro hueco (8) o cono hueco (8), presentando opcionalmente el cuerpo (6) insertable con ajuste de precisión una pared exterior plana o presentando en su pared exterior un rebaje (7), que en el estado insertado viene a quedar situado de manera que él junto con el rebaje (5) en la pared interior del cilindro hueco (8) o cono hueco (8) configura la al menos una abertura de paso.
- 40 9. Catalizador (1) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** la al menos una abertura de paso (2) se desarrolla helicoidal entre la entrada de la abertura de paso (2) y la salida de la abertura de paso (2) fuera del catalizador (1).
10. Catalizador (1) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** en al menos una sección de la al menos una abertura de paso (2) la superficie que en una primera capa (a) de la estructura define al menos una
45 parte de una sección de pared interior de la abertura de paso (2), con respecto a la superficie que en una segunda capa (b) dispuesta plana sobre ella define al menos una parte de una sección de pared interior de la abertura de paso (2), está dispuesta desplazada, de manera que así en la al menos una sección de la abertura de paso (2), definida por estas dos capas (a, b), existen aristas independientes (4) en el interior de la abertura de paso (2).
11. Instalación para la realización de reacciones químicas catalíticas heterogéneas en un fluido de reacción, comprendiendo la instalación un catalizador (1) según una de las reivindicaciones 1 a 11.
50
12. Instalación según la reivindicación 12, en la cual la reacción química es la síntesis Fischer-Tropsch.

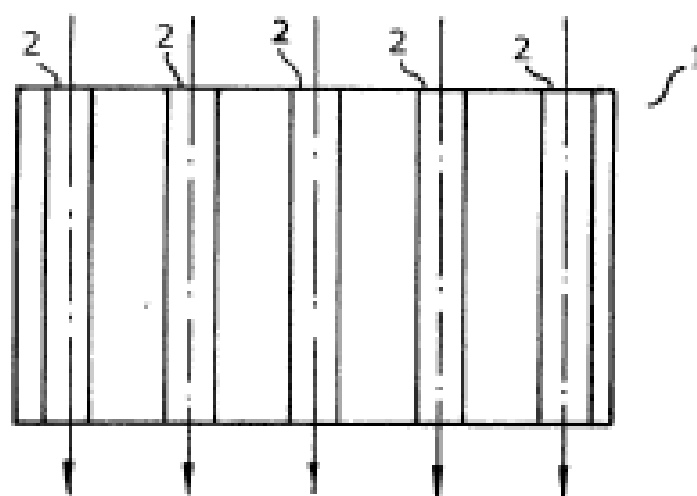
13. Instalación según la reivindicación 13, **caracterizada por que** ella presenta adicionalmente un dispositivo para la obtención del educto CO_2 a partir de aire L y/o adicionalmente un dispositivo para la obtención del educto H_2 por medio de electrolisis de agua H_2O .

5 14. Procedimiento para la construcción de un catalizador (1) según una de las reivindicaciones 1 a 11, en el cual capas (a, b), que presentan superficies al menos en parte catalíticamente activas de diferente material, son colocadas planas unas sobre otras, estando al menos la superficie que en una primera capa (a) de la estructura define al menos una parte de una sección de pared interior de una abertura de paso (2) compuesta de un primer material catalíticamente activo, y estando al menos la superficie que en una segunda capa (b) de la estructura define al menos una parte de una sección de pared interior de una abertura de paso (2) compuesta de un segundo material catalíticamente activo, y estando las capas
10 colocadas unas sobre otras de manera que sus superficies atravesadas por la abertura de paso se apoyan unas sobre otras en esencia estancas a los fluidos, y desarrollándose la al menos una abertura de paso a través de las capas (a, b) de la estructura y en ello las aberturas de paso en las capas individuales están dispuestas de manera que el fluido de reacción puede fluir desde una abertura de paso en una primera capa en una abertura de paso en la segunda capa que se apoya sobre la primera capa.

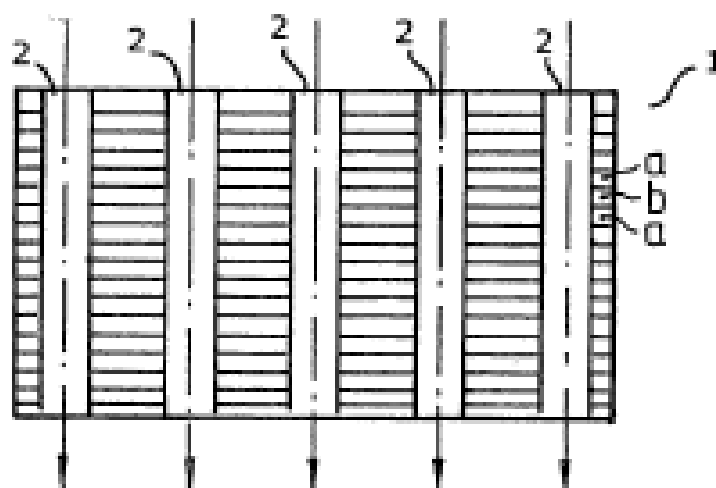
15 15. Procedimiento según la reivindicación 14, en el cual para la realización de la al menos una abertura de paso (2) se produce un rebaje (5) en la pared interior de un cilindro hueco (8) o cono hueco (8) que se desarrolla a través de la estructura por capas del catalizador y en el cilindro hueco (8) o cono hueco (8) se inserta con ajuste de precisión un cuerpo (6), presentando el cuerpo (6) insertado con ajuste de precisión opcionalmente una pared exterior plana o presentando en su pared exterior un rebaje (7), que en el estado insertado viene a quedar situado de manera que él junto
20 con el rebaje (5) en la pared interior del cilindro hueco (8) o cono hueco (8) configura la al menos una abertura de paso (2).

Fig. 1

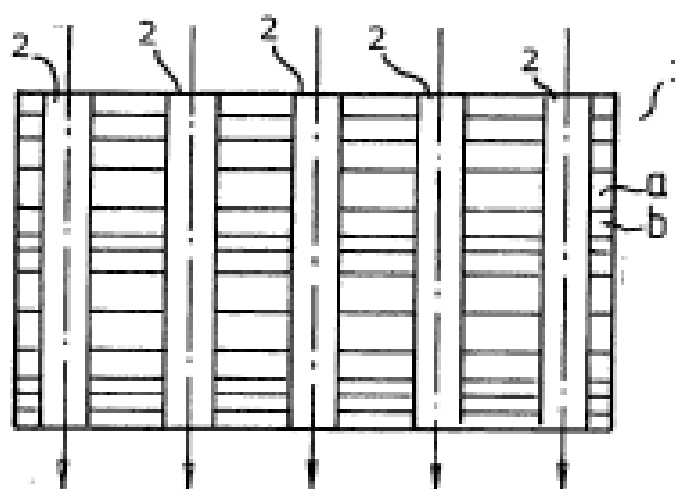
A



B



C



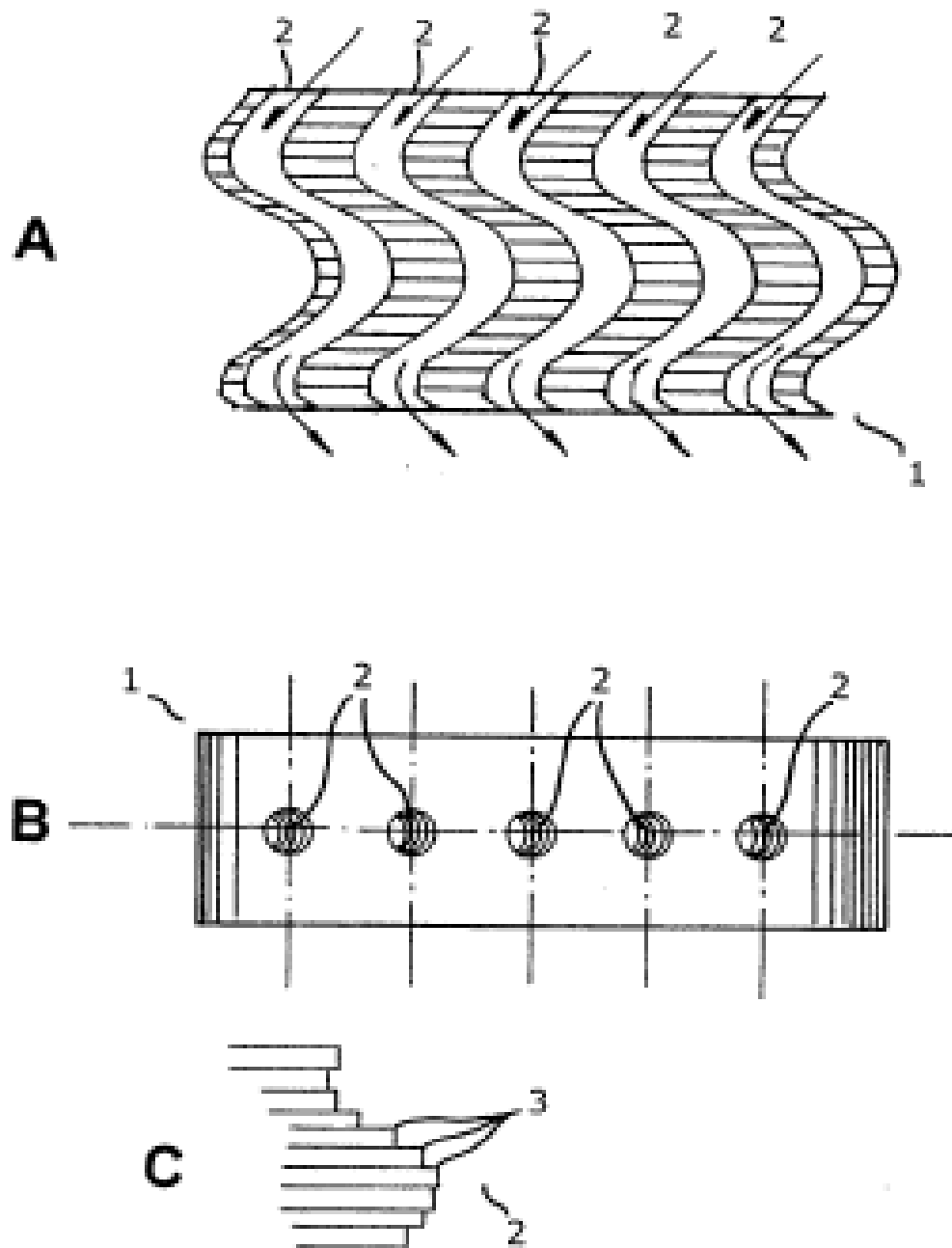


Fig. 2

A

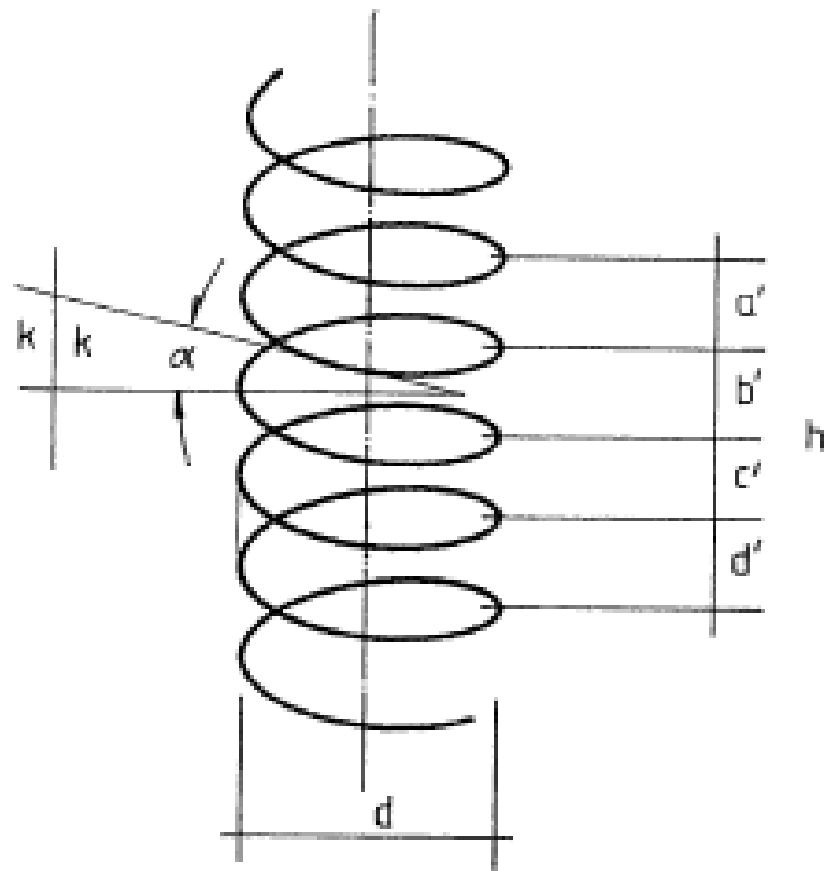
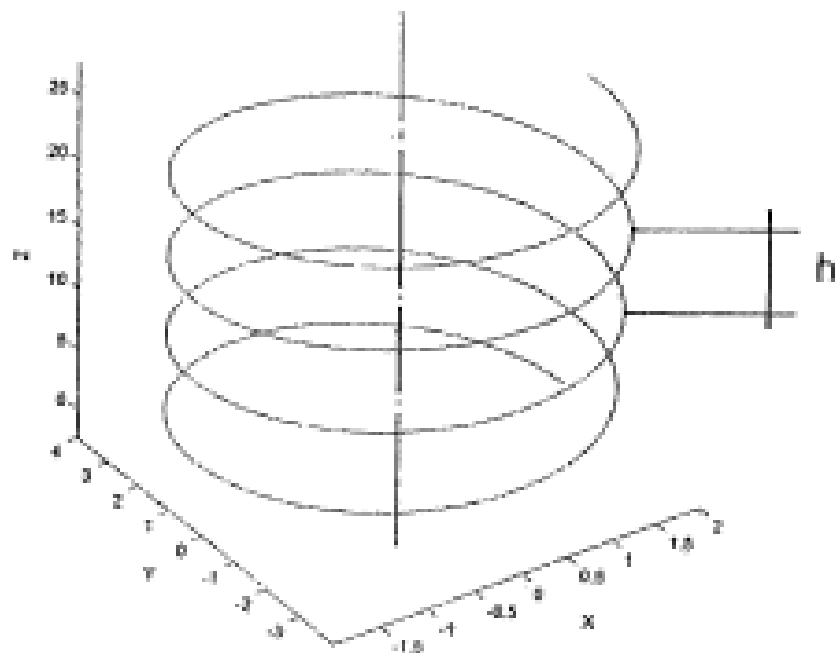


Fig. 3

B



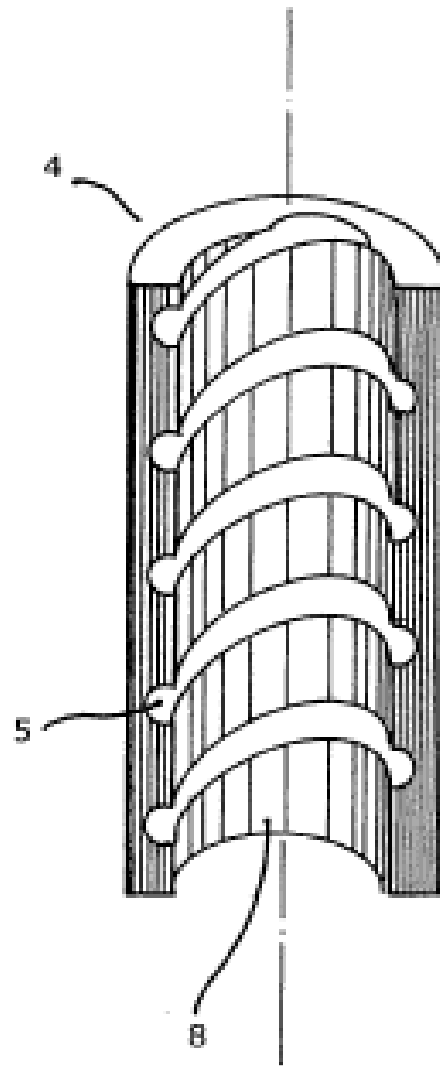


Fig. 4

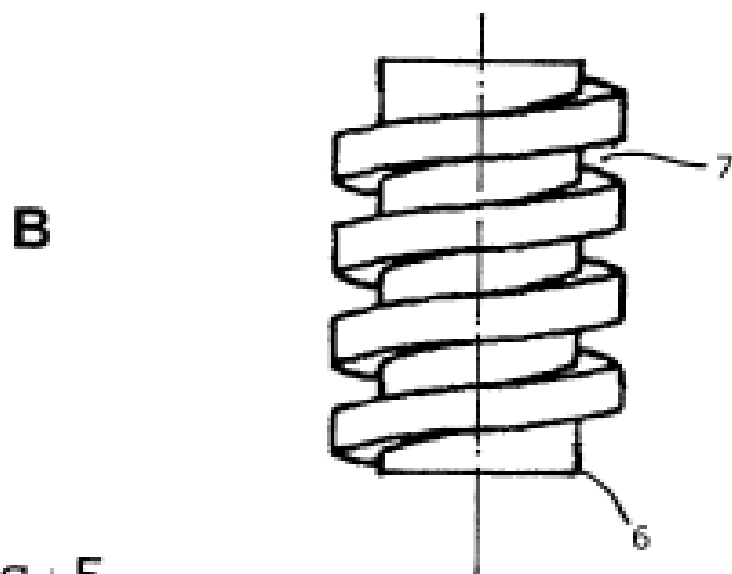
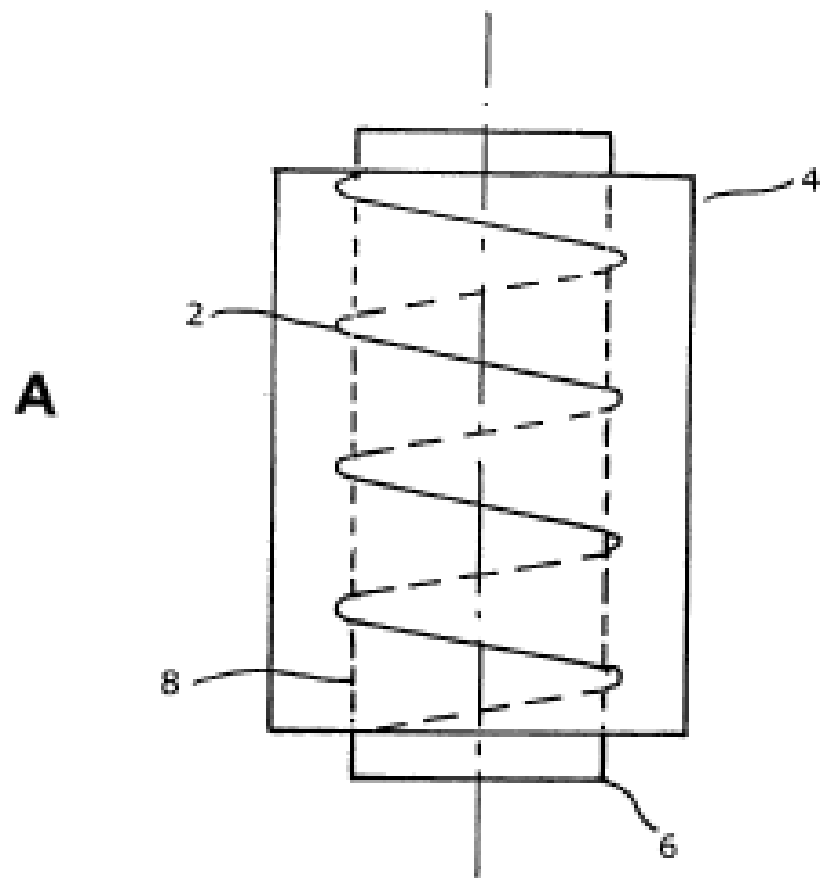


Fig. 5

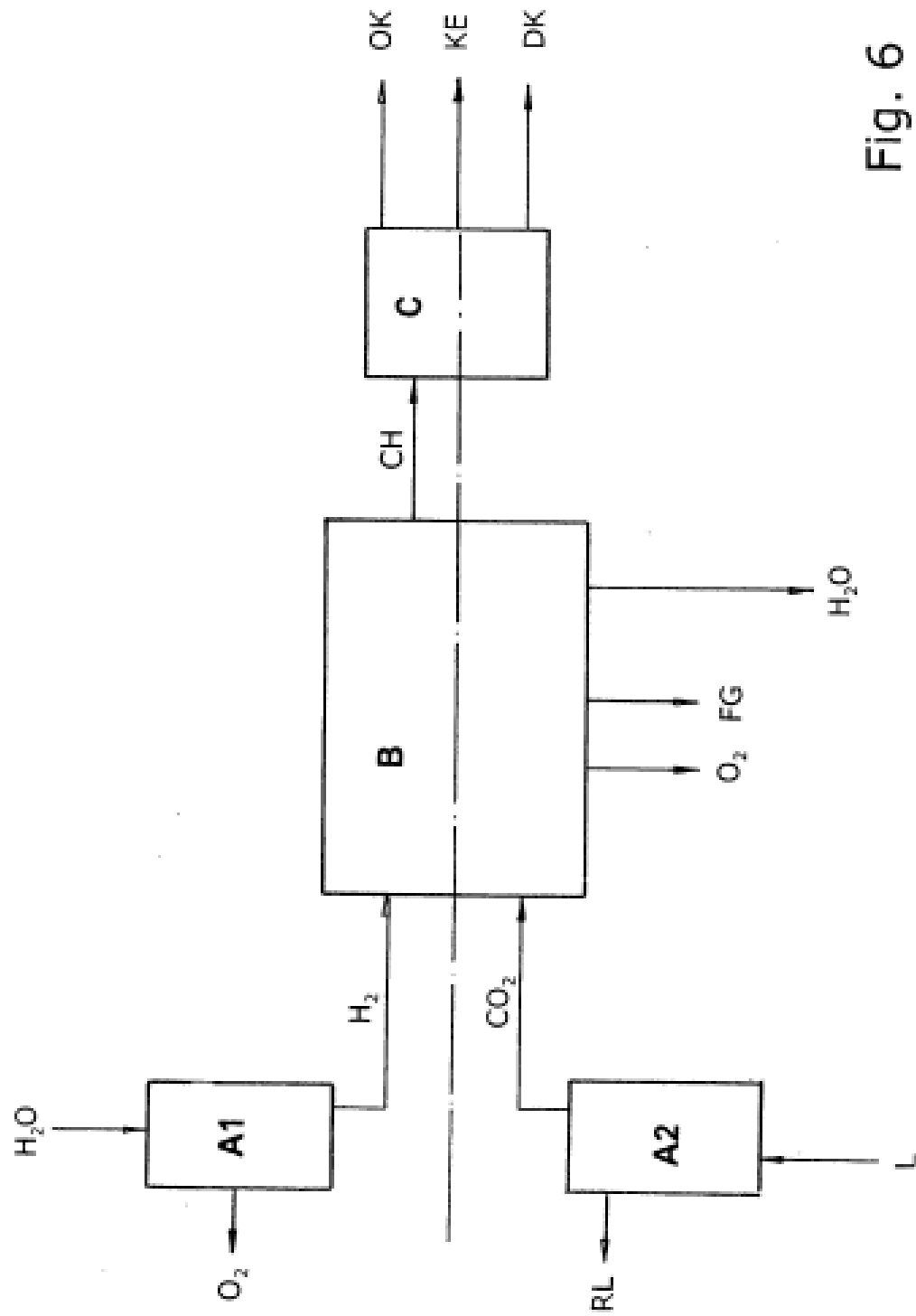


Fig. 6