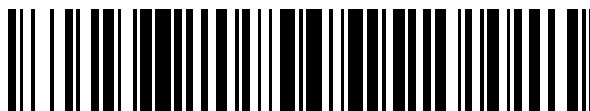


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 582 830**

51 Int. Cl.:

B01J 8/00 (2006.01)

C10K 1/02 (2006.01)

C10J 3/46 (2006.01)

B01D 45/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2011** **E 11194440 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.05.2016** **EP 2606958**

54 Título: **Reactor y procedimiento para la producción de gas de síntesis**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.09.2016

73 Titular/es:

TETZLAFF, KARL-HEINZ (100.0%)
Mörikestr. 6
65779 Kelkheim, DE

72 Inventor/es:

TETZLAFF, KARL-HEINZ

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 582 830 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

Reactor y procedimiento para la producción de gas de síntesis

5 La invención se refiere a un reactor para la producción de gas de síntesis a partir de hidrocarburos gaseosos, en particular gas de pirólisis, y partículas de coque, que comprende al menos un espacio de reacción. Además, la invención se refiere a un procedimiento para la producción de gas de síntesis a partir de hidrocarburos gaseosos, en particular gas de pirólisis, y partículas de coque.

10 Reactores para la producción de gas de síntesis, por ejemplo, a partir de masa biológica, por la que se pueden entender en particular todos los materiales vegetales renovables, son conocidos en diferentes configuraciones. Así, por ejemplo, son conocidos por el documento DE 10 2008 032 A1 un reactor y un procedimiento para la producción de gas de síntesis del que parte la invención. Un reactor adicional para la producción de gas de síntesis se describe en el documento US 2.728.632 A.

15 Por la patente US 4.843.712 es conocido un reactor para la producción de gas de síntesis en un lecho fluidizado.

En la producción de gas de síntesis de masas biológicas sólidas, ésta se implementa en primer lugar a altas temperaturas liberando gas de pirólisis de modo que se convierte en coque. Este proceso se denomina pirólisis. A
20 continuación, el coque se puede usar en forma de partículas finas para su conversión adicional en gas de síntesis. A este respecto, no en último lugar, las partículas de coque sirven para la conversión catalítica de alquitranes contenidos en el gas de pirólisis. Las partículas de coque contienen, además de carbono, componentes inorgánicos que se denominan ceniza y que quedan tras una conversión completa de la parte de carbono de las partículas de coque. La ceniza se produce en forma de partículas de ceniza finas y se separa del gas de síntesis mediante
25 ciclones tras salir del reactor.

Es problemático en los procedimientos conocidos que además de las partículas de ceniza también se descargan partículas de coque del reactor que entonces ya no están disponibles para una disociación catalítica de alquitranes y una conversión adicional. Para aumentar el tiempo de permanencia de las partículas de coque, los volúmenes de
30 reactor se pueden aumentar claramente. Sin embargo, esto conduce a un aumento considerable de los costes de aparato.

Por tanto, la presente invención se basa en el objetivo de configurar y perfeccionar el reactor y el procedimiento del tipo mencionado en cada caso al inicio de modo que se pueda influir de manera controlada en el corte de separación
35 entre las partículas separadas y no separadas. Este objetivo se consigue mediante un reactor de acuerdo con la reivindicación 1 y un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10.

Por tanto, la invención ha reconocido que se puede conseguir de manera muy sencilla y económica una clasificación de partículas de coque y partículas de ceniza. Las partículas se transportan con el flujo de gas al interior de los
40 componentes internos. Las partículas de coque que aún tienen una parte de carbono considerable se separan en los componentes internos y se conducen de vuelta al interior del espacio de reacción. Las partes de carbono que ya sólo tienen partes de carbono pequeñas y partículas de ceniza puras se evacúan con el gas.

Esta separación se basa en las diferentes propiedades de sedimentación de las partículas de coque y las partículas de ceniza. Si no se tienen en cuenta diferencias con respecto a la forma exterior, una partícula sedimenta mejor en la dirección de gravedad cuanto mayor sea su gravedad y cuanto menor sea su resistencia aerodinámica. Dicho de otro modo, partículas pesadas pequeñas sedimentan con más facilidad que partículas ligeras grandes.

Partículas con una parte de carbono elevada (partículas de coque) son básicamente más grandes y más pesadas que partículas con una parte de carbono pequeña (partículas de ceniza). Las partículas con una parte de carbono elevada sedimentan básicamente con más facilidad, esto es, tienen una mayor velocidad de descenso o tienden más a depositarse que partículas con una parte de carbono baja. Esto se aprovecha en los canales de flujo de los componentes internos para la separación de las partículas. Las partículas de coque tienen preferiblemente un diámetro entre 0,01 mm y 30 mm, preferiblemente entre 0,2 mm y 3 mm. En el caso de estos tamaños de partícula
55 se habla también de polvo de coque.

Al proporcionar canales de flujo inclinados para el flujo de múltiples fases de gases, por un lado, y partículas de coque y partículas de ceniza, por otro lado, se puede proporcionar de manera sencilla con respecto al procedimiento y económica una devolución de las partículas de coque que aún no se han convertido lo suficientemente. El tiempo de permanencia de las partículas de coque en el espacio de reacción se aumenta así considerablemente y, aun así, se mantiene la descarga de partículas de ceniza del espacio de reacción, de modo que las partículas de ceniza no se acumulan en el espacio de reacción.

Una ventaja adicional consiste en que, de acuerdo con la invención, el tiempo de permanencia depende de los
65 tamaños de partícula de coque. Partículas de coque grandes permanecen durante más tiempo en el espacio de reacción que partículas de coque pequeñas, ya que las partículas de coque grandes requieren más tiempo hasta

que hayan reaccionado y estén convertidas fundamentalmente en partículas de ceniza.

A este respecto es favorable cuando a través del espacio de reacción fluye el flujo de múltiples fases aproximadamente desde abajo hacia arriba y/o aproximadamente de manera vertical. El flujo en los canales de flujo de los componentes internos es entonces más horizontal, por lo que se provocan la separación de partículas y la devolución de partículas. De manera favorable se puede añadir una reducción de la velocidad de flujo, por ejemplo, como consecuencia de un aumento de la sección transversal de flujo.

En el espacio de reacción, el flujo de múltiples fases es preferiblemente turbulento para obtener una buena retromezcla, de modo que partículas de coque separadas y devueltas al interior del espacio de reacción no se vuelven a transportar inmediatamente al interior de los canales de flujo de los componentes internos. En caso contrario, los componentes internos se podrían sobrecargar y/o no se podría conseguir un corte de separación claro entre partículas pesadas y ligeras que sedimentan, esto es, por ejemplo, partículas de coque y partículas de ceniza.

En los canales de flujo inclinados, la dirección de gravedad se desvía tanto de la dirección de flujo que las partículas de coque más grandes y más pesadas se depositan en la base de los canales de flujo en la que la velocidad de flujo está reducida con respecto al centro de los canales de flujo debido a la fricción. Por tanto, las partículas de coque se pueden deslizar impulsadas por la gravedad a lo largo de la base de los canales de flujo de vuelta al interior del espacio de reacción.

Para la separación de las partículas de coque es favorable cuando el flujo en los canales de flujo está formado al menos fundamentalmente de manera laminar. Para conseguir una capacidad de separación alta debería estar prevista una cantidad suficiente de canales de flujo.

Configuraciones preferidas del reactor y del procedimiento para la producción de gas de síntesis a partir de hidrocarburos gaseosos se describen conjuntamente a continuación sin diferenciar siempre en cada caso entre las características de dispositivo constructivas y las características de procedimiento. Sin embargo, aun así, para el experto en la técnica, las características preferidas con respecto al dispositivo y al procedimiento son evidentes sin más.

Es sencillo constructivamente y eficaz con respecto al procedimiento cuando los canales de flujo se forman por una pluralidad de láminas. Las láminas pueden estar dispuestas de manera paralela entre sí y, cuando sea necesario, también tener una estructura en panal que incluye los canales de flujo. Estructuras en panal forman una superficie interior grande, lo que puede favorecer la separación. De forma muy básica, los canales de flujo pueden estar dispuestos de manera paralela entre sí por motivos de sencillez.

Independientemente de la configuración de los componentes internos, éstos o las láminas pueden estar revestidos por un catalizador, concretamente, cuando sea necesario, con catalizadores basados en níquel. En este contexto, debido a la superficie específica más grande pueden resultar convenientes componentes internos con una estructura en panal. Así, los componentes internos también se pueden usar para la conversión de componentes de gas y/o alquitrantes.

Para mejorar la devolución de las partículas de coque separadas en la base de los canales de flujo en contra de la dirección de flujo de la fase gaseosa, se pueden prever acanaladuras en la base de los canales de flujo o a lo largo de las láminas. Así, las partículas de coque se pueden conducir en una zona de velocidades de flujo muy bajas de la fase gaseosa también con canales de flujo muy inclinados de vuelta al interior del espacio de reacción.

Los componentes internos y/o las láminas están conectados preferiblemente con un dispositivo que hace oscilar los componentes internos y/o las láminas para favorecer el transporte de las partículas de coque separadas de vuelta al interior del espacio de reacción. Por ejemplo, este dispositivo puede ser un oscilador que induce una oscilación a los componentes internos y/o las láminas. A este respecto, finalmente también se puede aprovechar la inercia de las partículas de coque separadas. A este respecto, preferiblemente, la velocidad de la oscilación en la dirección del flujo de gas es mayor que en la dirección inversa. Para el transporte de las partículas de coque separadas de vuelta al interior del espacio de reacción puede ser favorable cuando la vibración u oscilación de los componentes internos y/o de las láminas sea fundamentalmente paralela a los canales de flujo. Por una vibración se entiende en el presente documento una oscilación con amplitudes muy pequeñas.

Para poder ajustar el corte de separación entre las partículas separadas en los componentes internos y las partículas no separadas se puede ajustar la inclinación de los canales de flujo durante el funcionamiento. Para ello están previstos dispositivos correspondientes. A este respecto, los dispositivos pueden modificar la inclinación de los propios componentes internos y/o de las láminas. Cuanto más se inclinan los canales de flujo de este modo en la dirección de la horizontal, mayor será la cantidad separada y conducida de vuelta al interior del espacio de reacción de partículas pesadas que sedimentan. A la inversa, la parte de carbono que se descarga con las partículas de ceniza es mayor cuanto más inclinada es la orientación de los canales de flujo.

Adicionalmente se pueden variar también la longitud y/o la sección transversal de los canales de flujo para influir de manera deseada en la separación y la devolución de las partículas de coque. Para poder reducir la velocidad de flujo de la fase gaseosa en los canales de flujo, los canales de flujo pueden estar previstos unos por encima de otros. La abertura de entrada de un canal de flujo está situada entonces en la dirección vertical por debajo de la abertura de entrada del siguiente canal de flujo. Esto se puede conseguir de manera sencilla por que las láminas están configuradas de manera anular y, por ejemplo, están dispuestas de manera concéntrica unas por encima de otras. Además puede estar previsto que las aberturas de entrada de los canales de flujo dispuestos unos por encima de otros estén desplazadas unas con respecto a otras en la dirección horizontal para que las partículas de coque devueltas mediante un canal de flujo superior al interior del espacio de reacción no se introduzcan directamente a continuación en el canal de flujo situado por debajo del mismo.

Por motivos de sencillez, el gas que contiene hidrocarburo y las partículas de coque se pueden formar en una parte de instalación conectada con el reactor, preferiblemente, el reactor de pirólisis. Las partículas de coque y el gas que contiene hidrocarburo se pueden alimentar conjuntamente o por separado al espacio de reacción. En el caso de una separación de gas y partículas de coque se puede realizar una oxidación parcial del gas. Mediante el siguiente mezclado de la fase gaseosa y las partículas de coque se enfría la temperatura mediante reacciones endotérmicas, es decir, un denominado enfriamiento brusco químico, hasta la temperatura deseada.

En el espacio de reacción pueden estar previstas además partículas de un material inerte para la mejora del intercambio de calor y sustancias. Se puede formar un lecho fluidizado que en la zona inferior constituye un lecho fluidizado estacionario. Éste se forma a partir de las partículas de coque relativamente grandes que se depositan como consecuencia de la gravedad en la base de la cámara de reactor. Por encima se puede formar una especie de nube de partículas de coque y, cuando sea necesario, adicionalmente partículas inertes. En esta nube se puede conseguir una concentración de partículas bastante elevada, ya que las partículas de coque más grandes no se descargan sino se separan y se devuelven a través de los componentes internos.

Básicamente, los componentes internos pueden proporcionar dos o más grupos de canales de flujo a través de los que fluye de manera consecutiva la fase gaseosa y que preferiblemente están dispuestos unos por encima de otros. Entonces se separa y se devuelve en el primer grupo de canales de flujo una parte considerable de las partículas. Por tanto, en el segundo grupo y en cada grupo adicional de canales de flujo, la concentración de partículas es menor, de modo que se consigue una mayor nitidez de separación entre partículas que sedimentan con más dificultad y partículas que sedimentan con más facilidad.

De manera especialmente preferible es posible que el reactor tenga dos o más espacios de reacción conectados en serie. Por motivos de sencillez, los espacios de reacción pueden estar dispuestos unos por encima de otros, entrando el flujo de gas y las partículas no separadas en los componentes internos del espacio de reacción anterior conjuntamente en el siguiente espacio de reacción. En el caso de varios espacios de reacción conectados en serie, preferiblemente, la parte de carbono de las partículas de coque no se convierte ya en el primer espacio de reacción. Preferiblemente, el carbono de las partículas de coque sólo se convierte en parte, concretamente hasta que el tamaño de las partículas de coque haya disminuido de modo que pasan por los componentes internos del primer espacio de reacción y llegan al interior del siguiente espacio de reacción. Allí tiene lugar entonces una conversión de la parte de carbono de las partículas de coque que puede ser completa o no completa. Con una conversión no completa, las partículas de coque se pueden convertir adicionalmente en un espacio de reacción conectado adicionalmente aguas abajo. Finalmente se puede generar una denominada cascada de reactor, distribuyéndose las partículas de coque de manera correspondiente a su tamaño por los diferentes espacios de reacción.

La invención se explica a continuación en más detalle mediante la figura 6. En el dibujo muestran

La figura 1 un reactor no de acuerdo con la invención en una vista en corte vertical,
 La figura 2 un detalle de los componentes internos del reactor de la figura 1 en una representación esquemática,
 La figura 3 un primer ejemplo de realización de componentes internos del reactor de la figura 1 en una representación esquemática,
 La figura 4 un segundo ejemplo de realización de componentes internos del reactor de la figura 1 en una vista en corte,
 La figura 5 un tercer ejemplo de realización de componentes internos del reactor de la figura 1 en una vista en corte,
 La figura 6 un reactor de acuerdo con la invención en una vista en corte vertical,
 La figura 7 un reactor no de acuerdo con la invención en una vista en corte vertical,
 Las figuras 8a a b un reactor no de acuerdo con la invención en una vista en corte vertical,
 La figura 9 un reactor no de acuerdo con la invención en una vista en corte vertical,
 La figura 10 un reactor no de acuerdo con la invención en una vista en corte vertical y
 La figura 11 un detalle de un reactor no de acuerdo con la invención en una vista en corte vertical.

En la figura 1 está representado un reactor 1 para la producción de gas de síntesis a partir de gas de pirólisis que comprende un espacio de reacción 2 en el que están contenidas partículas de coque 3 finas en forma de polvo de

coque. Mediante una conexión 4 en el lado de la base y una base de boquilla 6, gas de pirólisis llega al interior del espacio de reacción 2. Las partículas de coque 3 se pueden alimentar mediante un acceso 5 lateral independiente.

Para convertir los alquitranes contenidos en el gas de pirólisis y las partículas de coque 3 en gas de síntesis existen temperaturas de 750 °C a 1200 °C, preferiblemente de 800 °C a 1000 °C, en particular de 850 °C a 950 °C en el espacio de reacción. Además puede existir vapor de agua que, cuando sea necesario, se puede introducir por soplado junto con el gas de pirólisis en el espacio de reacción 2.

En el espacio de reacción 2 se forma un flujo de múltiples fases turbulento que comprende las partículas de coque 3 y, dado el caso, partículas de ceniza formadas mediante una conversión completa del carbono de las partículas de coque 3. En las partículas de coque 3 se disocian de manera catalítica alquitranes de la fase gaseosa.

En la base del espacio de reacción 2 se pueden depositar y formar un lecho fluidizado estacionario grandes partículas de coque 3. Mediante una abrasión y conversión de la parte de carbono de las partículas de coque 3, éstas se vuelven cada vez más pequeñas y, por tanto, en algún momento entran del lecho fluidizado estacionario en la nube de coque por encima del mismo. La nube de coque que comprende partículas de coque 3 con una distribución de tamaños de partículas relativamente amplia se mezcla en un flujo turbulento y, así, se mantiene flotando.

De las partículas de coque 3 de la nube de coque llegan algunas partículas de coque 3 al interior de los componentes internos 7 previstos en el extremo superior del espacio de reacción 2. Allí tiene lugar una separación según partículas de coque 3 que sedimentan con menos dificultad y con más dificultad. Esto se corresponde en el presente caso fundamentalmente con una clasificación según el tamaño de las partículas de coque 3. Grandes partículas de coque 3 se separan y se devuelven al interior del espacio de reacción 2 en el que se vuelven a arremolinar mediante el flujo turbulento. La parte de carbono de las partículas de coque 3 se convierte entonces adicionalmente en gas de síntesis. Las partículas de coque devueltas están simbolizadas de manera esquemática en un punto en forma de una fila vertical de partículas de coque 3.

El espacio de reacción 2 se puede calentar mediante un dispositivo de calefacción 8 previsto en el mismo y/o que rodea el espacio de reacción 2 para proporcionar el calor necesario al proceso endotérmico de la producción de gas de síntesis. De manera alternativa, el calor también se puede alimentar mediante una oxidación parcial del gas que contiene hidrocarburo con óxido.

El principio de la separación de partículas en los componentes internos 7 está representado de manera esquemática y a modo de ejemplo en la figura 2. Los componentes internos 7 están compuestos fundamentalmente por láminas 9 dispuestas de manera paralela entre sí e inclinadas con respecto a la vertical, por ejemplo, en forma de chapas planas. Las láminas 9 forman entre sí canales de flujo 10 en los que entra el flujo de gas y partículas. A continuación, las partículas de coque 3 que sedimentan con más facilidad, esto es, las partículas con una mayor velocidad de descenso, descienden a las bases de los respectivos canales de flujo 10. Allí, la velocidad de flujo del flujo de gas es claramente menor que en el centro de los canales de flujo 10 debido a fricción. El peso que actúa sobre las partículas de coque 3 descendidas provoca entonces que las partículas de coque 3 se deslicen a lo largo de las láminas 9 de vuelta al interior del espacio de reacción 2. En cambio, las partículas 3 que sedimentan con mayor dificultad, esto es, las partículas de coque 3 con una velocidad de descenso menor, se transportan por el flujo de gas a través de los canales de flujo 10 sin separarse.

Buenos resultados de separación se consiguen, por ejemplo, cuando el tamaño de los canales de flujo 10 es al menos aproximadamente de 3 a 10 veces los diámetros de las partículas de coque 3 más grandes en la nube de coque por debajo de los componentes internos. En caso contrario existe el riesgo de que los canales de flujo 10 se obstruyan. Además, la capacidad de separación aumenta a medida que disminuyen los canales de flujo 10 y/o a medida que disminuye el diámetro hidráulico. El límite de separación se desplaza a medida que aumenta el ángulo de los canales de flujo 10 con respecto a la vertical y/o a medida que disminuye la velocidad de flujo de la fase gaseosa en los canales de flujo 10 hacia partículas de coque 3 que sedimentan con mayor dificultad, en particular pequeñas en el presente caso.

De manera alternativa o adicional, el flujo de gas en los canales de flujo 10 es preferiblemente laminar. Así se obtiene un perfil de flujo más favorable para la separación en los canales de flujo 10.

En la figura 3 están representados componentes internos 7 con láminas 9 en los que valles y elevaciones se alternan de manera transversal a la dirección de flujo del gas y están separados unos de otros por superficies 13 inclinadas. En los valles, las láminas 9 tienen además acanaladuras 12 que se extienden en la dirección de flujo. Debido a las superficies 13 inclinadas, las partículas de coque 3 separadas llegan al interior de las acanaladuras 10 en las que la velocidad de flujo de la fase gaseosa es especialmente baja, de modo que las partículas de coque 3 se pueden deslizar sin problema de vuelta al interior del espacio de reacción 2. Tal como está representado en la figura 3, las láminas 9 se pueden apoyar unas en otras o pueden estar separadas unas de otras. Además, básicamente, las acanaladuras 12 también pueden estar previstas en láminas 9 planas.

En la figura 4 están representados componentes internos 7 con una estructura en panal 14 con canales de flujo 10 que tienen secciones transversales cuadradas o rectangulares. La estructura en panal se puede formar mediante monolitos cerámicos tal como se utilizan, por ejemplo, para catalizadores. Componentes internos 7 de este tipo son adecuados especialmente para concentraciones de partículas altas y temperaturas bajas. Los canales de flujo 10 están orientados de modo que una de las esquinas de la sección transversal queda dirigida hacia abajo. Así, las partículas de coque 3 se pueden acumular en la zona de canto correspondiente y se pueden deslizar de vuelta al interior del espacio de reacción 2.

En los componentes internos 7 representados en la figura 5, las láminas 9 están plegadas y, en los componentes internos 7 representados y preferidos en este sentido, están separadas y dispuestas de manera paralela entre sí. El pliegue de las láminas 9 está configurado de modo que valles y elevaciones se alternan de manera transversal a la dirección de flujo de la fase gaseosa. Formas constructivas correspondientes son convenientes cuando la inclinación de los canales de flujo 10 se debe poder modificar mediante dispositivos correspondientes.

En la figura 6 está representado un reactor 15 que comprende un espacio de reacción 16 en el que se convierten gas de pirólisis que contiene alquitrán y partículas de coque 3 en un gas de síntesis fundamentalmente libre de alquitrán. En el extremo superior del espacio de reacción 16 se encuentran componentes internos 7 que comprenden conjuntos de láminas 17 tal como están representados, por ejemplo, en la figura 5. Los conjuntos de láminas 17 forman los canales de flujo en los que se separan y se devuelven al interior del espacio de reacción 16 las partículas de coque 3 que sedimentan con más facilidad.

Al conjunto de láminas 17 está asignado un dispositivo 18 que hace oscilar el conjunto de láminas 17 que preferiblemente están dirigidas de manera paralela a los canales de flujo. Las partículas de coque 3 se deslizan entonces mejor de vuelta al interior del espacio de reacción 16. Además, la amplitud de las oscilaciones es lo suficientemente pequeña para evitar la formación de remolinos o turbulencias en los canales de flujo. Además, al conjunto de láminas 17 está asignado un dispositivo 20 con el que se pueden ajustar las láminas 9 en cuanto a su inclinación (véase la flecha doble) para así ajustar los canales de flujo del conjunto de láminas 17 en cuanto a su inclinación. En el reactor 15 representado y preferido en este sentido están configuradas de manera pivotante todas las láminas 9 del conjunto de láminas 17, concretamente con respecto a ejes de pivotamiento paralelos.

Con el dispositivo que hace oscilar las láminas 9 se puede variar la dirección de las oscilaciones preferiblemente de modo que las oscilaciones siempre discurren de manera paralela a los canales de flujo 10 del conjunto de láminas 17, también cuando se modifica la inclinación de estas últimas. Los dispositivos 18, 20 que hacen oscilar las láminas 9 y ajustan la inclinación de éstas pueden estar previstos conjuntamente o también individualmente.

El reactor 21 representado en la figura 7 tiene un espacio de reacción 22 que está limitado hacia arriba por componentes internos 7 que comprenden láminas 9 dispuestas de manera concéntrica unas por encima de otras y que forman canales de flujo entre sí. Las láminas 9 pueden estar compuestas por discos anulares o platos cónicos o por monolitos que están dispuestos de manera circundante con respecto a la línea central vertical del reactor 21.

Los canales de flujo están dispuestos de manera más hacia fuera en la zona inferior del conjunto de láminas 17 que en la zona superior del conjunto de láminas 17. En el reactor 21 representado y preferido en este sentido, cada canal de flujo empieza más hacia fuera que el canal de flujo dispuesto por encima del mismo para que las partículas de coque 3 devueltas al interior del espacio de reacción 22 no lleguen directamente al interior del canal de flujo situado por debajo del mismo. El conjunto de láminas 17 está terminado hacia arriba por una placa 27.

A través de los canales de flujo entre las láminas 9 representadas en la figura 7 existe un flujo desde dentro hacia fuera. Con ello, la sección transversal de flujo desde la entrada de los canales de flujo hasta la salida se vuelve más grande, de modo que la velocidad de flujo de la fase gaseosa disminuye y se separan más partículas de coque 3.

En la figura 8a está representado un reactor 30 con un conjunto de láminas 35 inclinado en total. El conjunto de láminas 35 está montado de manera giratoria mediante un dispositivo 36 adecuado y se puede hacer oscilar (véase la flecha doble). Cuando la oscilación en la dirección del flujo de gas es más alta que en la dirección contraria, las partículas de coque 3 pueden llegar de vuelta al interior del espacio de reacción 34 incluso con una inclinación casi horizontal de los canales de flujo. La velocidad de la oscilación se puede ajustar de modo que la inercia de las partículas de coque 3 provoca un paso de las láminas 9 en la dirección de flujo del gas por debajo de las partículas de coque 3 situadas por encima de las mismas, mientras que en la dirección contraria se mueven de manera uniforme las láminas 9 y las partículas de coque 3, ya que las partículas de coque 3 quedan situadas sobre las láminas 9 de manera estacionaria con respecto a las mismas.

El gas de pirólisis que contiene alquitrán fluye desde abajo a través de una conexión 4 correspondiente a través de una base de boquilla 6 al interior del espacio de reacción 34. La base de boquilla 6 está configurada en forma de una base de campana con campanas 33 de modo que las partículas de coque 3 del espacio de reacción 34 no fluyen a través de las campanas 33 hacia abajo.

En la figura 9 está representado un reactor 40 en forma de una cascada de reactor con dos espacios de reacción 43, 45 conectados de manera consecutiva y dispuestos uno por encima del otro. El gas de pirólisis que contiene alquitrán se introduce en la base del primer espacio de reacción 43 inferior. Las partículas de coque 3 llegan a través de una conexión 5 lateral al interior del primer espacio de reacción 43. El gas de pirólisis eliminado en parte con respecto a alquitrán en el primer espacio de reacción 43 fluye en el extremo superior del espacio de reacción 43 al interior de componentes internos 7 que tienen láminas 9. Con el flujo de gas se introducen también partículas de coque 3 en los canales de flujo entre las láminas 9. Las partículas de coque 3 más grandes, dado el caso con una parte de carbono elevada, se separan en los mismos y se devuelven al interior del espacio de reacción 43. Las partículas de coque 3 más pequeñas y que, dado el caso, tienen una parte de carbono menor, llegan a través de los canales de flujo de los componentes internos 7 y una base de boquilla 6 o similares al interior de un segundo espacio de reacción 43 dispuesto por encima en el que se encuentran gas de pirólisis menos cargado con alquitrán y partículas de coque 3 más pequeñas que en el primer espacio de reacción 43.

En el extremo superior del segundo espacio de reacción 45, el gas atraviesa componentes internos 7 que tienen láminas 9 adicionales. Sin embargo, las láminas 9 sólo pueden pasar por partículas de coque 3 cuya parte de carbono original se ha convertido fundamentalmente y que, por tanto, ahora contienen bastante poco carbono. Las partículas de coque 3 con una mayor parte de carbono se separan en los canales de flujo formados por las láminas 9 y se devuelven al interior del segundo espacio de reacción 45, concretamente hasta que la parte de carbono de estas partículas de coque 3 haya disminuido de modo que los canales de flujo formados entre las láminas 9 pueden pasar. Mediante la conexión en cascada y el reparto de las partículas de coque 3 por diferentes espacios de reacción 43, 45 se puede producir un gas de síntesis que contiene especialmente poco alquitrán.

La figura 10 muestra una instalación 50 para la producción de gas de síntesis a partir de masa biológica. La parte inferior de la instalación 50 es un reactor de pirólisis 51 que tiene un lecho fluidizado 52 estacionario cuyo extremo inferior es la base de boquilla 6 y que ocupa aproximadamente la mitad del reactor de pirólisis 51. Por ejemplo, el lecho fluidizado 52 se fluidiza por un gas de remolino de vapor de agua o aire. El gas de remolino se introduce por soplado mediante una conexión 53 correspondiente y la base de boquilla 6 en el lecho fluidizado 52. La masa biológica se alimenta lateralmente mediante una conexión 54 adicional. En la instalación 50 representada y preferida en este sentido, el gas que sale del reactor de pirólisis 51 está compuesto por gas de remolino y gas de pirólisis. Las partículas de masa biológica se convierten en coque en el reactor de pirólisis 51 bajo una aportación de calor. El lecho fluidizado 52 contiene material inerte que tritura el coque de modo que partículas de coque 3 se descargan con el gas del lecho fluidizado 52 y llegan al interior de componentes internos 7 dispuestos por encima. Éstos tienen canales de flujo a través de los que sólo pueden pasar partículas de coque 3 molidos de manera lo suficientemente fina. Las demás partículas de coque 3 se devuelven al interior del reactor de pirólisis 51 para la carbonización y trituración adicionales. De este modo se puede aumentar mucho la concentración de partículas de coque en el espacio entre el lecho fluidizado 52 y los componentes internos 7.

Las partículas de coque 3 lo suficientemente pequeñas llegan finalmente a través del conjunto de láminas al interior del espacio de reacción 55 dispuesto por encima. Fundamentalmente de manera análoga a la cascada de reactor representada en la figura 9, las partículas de coque 3 se convierten adicionalmente en el espacio de reacción 55 que sigue al reactor de pirólisis 51 bajo una aportación de calor. El gas de pirólisis que contiene alquitrán incide a este respecto en las partículas de coque 3 ardientes en las que se disocia de manera catalítica el alquitrán. Para la conversión adicional de partículas de coque 3 más pequeñas y para la reducción adicional del contenido de alquitrán de la fase gaseosa se puede prever un espacio de reacción 60 adicional que también puede estar calentado y en el que las partículas de coque 3 son más pequeñas que en el espacio de reacción 55 anterior como consecuencia de una clasificación en los componentes internos 7 conectados aguas arriba.

De este modo se puede obtener en cada espacio de reacción 55, 60 una alta concentración de partículas de coque. Al mismo tiempo, las partículas de coque 3 permanecen durante mucho más tiempo en los espacios de reacción 55, 60. Por tanto, las partículas de coque 3 están disponibles durante más tiempo para la disociación catalítica de alquitrán y para la conversión de la parte de carbono de las partículas de coque 3.

Si las partículas de coque 3 no sólo están compuestas por ceniza al abandonar el espacio de reacción 60 calentado superior sino además contienen una parte de carbono considerable, preferiblemente, se puede conectar aguas abajo un espacio de reacción 61 adicional no calentado. Aquí se realiza una conversión endotérmica adicional de las partículas de coque 3, por lo que se enfría el gas y se puede aumentar el rendimiento, ya que la pérdida de calor notable es menor.

En la figura 11 está representada una configuración alternativa del segundo espacio de reacción 60 de la instalación 50 de acuerdo con la figura 10. En el espacio de reacción 71 alternativo está empotrada una calefacción 14 en un lecho fluidizado 72 que está compuesto por material inerte tal como, por ejemplo, arena. En un lecho fluidizado 72, la transferencia térmica es mucho mejor que en una cámara de gas. La velocidad de fluidización del lecho fluidizado 72 es elevada y, por ejemplo, se encuentra en la región límite del lecho fluidizado estacionario al lecho fluidizado circulante. Por tanto, un límite claro del lecho fluidizado 72 apenas se puede apreciar. Grandes cantidades del material inerte están disponibles ahora para la transferencia térmica a la fase gaseosa. El gas transfiere entonces el calor a las partículas de coque 3. La turbulencia elevada está simbolizada mediante las flechas. La sección

transversal del espacio de reacción 61 en la zona del lecho fluidizado 72 es claramente menor que en la zona del espacio dispuesto por encima que contiene una nube de coque. La trituración de las partículas de coque 3 a través del lecho fluidizado 72 es ventajosa para la conversión de partículas de coque 3 a partir de masa biológica, ya que aumenta la velocidad de reacción.

REIVINDICACIONES

1. Reactor (1, 15, 21, 30, 40, 50) para la producción de gas de síntesis a partir de hidrocarburos gaseosos, en particular gas de pirólisis, y partículas de coque (3), que comprende al menos un espacio de reacción (2, 22, 34, 43, 45, 55, 60, 61, 71), estando previstos en el extremo superior del espacio de reacción (2, 22, 34, 43, 45, 55, 60, 61, 71) componentes internos (7) que proporcionan canales de flujo (10) inclinados con respecto a la vertical para separar y devolver partículas de coque (3) al interior del espacio de reacción (2, 22, 34, 43, 45, 55, 60, 61, 71) aprovechando la gravedad, **caracterizado por que** están previstos dispositivos (18, 36) para ajustar la inclinación de los componentes internos (7) y/o de los canales de flujo (10).
2. Reactor de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** los componentes internos (7) comprenden una pluralidad de láminas (9) dispuestas, preferiblemente de manera paralela entre sí, que forman los canales de flujo (10).
3. Reactor de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** los componentes internos (7) tienen una estructura en panal (14) que forma los canales de flujo (10).
4. Reactor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** los canales de flujo (10) están revestidos de un catalizador.
5. Reactor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** en la base de los canales de flujo (10) están previstas acanaladuras (12) para devolver las partículas de coque (3) al interior del espacio de reacción (2, 22, 34, 43, 45, 55, 60, 61, 71).
6. Reactor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** están previstos dispositivos (20, 36) que hacen oscilar los componentes internos (7), las láminas (9) y/o la estructura en panal (14).
7. Reactor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** están previstos dispositivos (18, 36) para ajustar la inclinación de las láminas (9) y/o de la estructura en panal (14).
8. Reactor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** los canales de flujo (10) están dispuestos unos por encima de otros y, preferiblemente, se forman mediante platos cónicos que presentan una abertura central.
9. Reactor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** dos o más espacios de reacción (43, 45, 55, 60, 61, 71) están conectados en serie y por que en el extremo superior de los respectivos espacios de reacción (43, 45, 55, 60, 61, 71) están previstos componentes internos (7) para separar y devolver partículas de coque (3) al interior del respectivo espacio de reacción (43, 45, 55, 60, 61, 71).
10. Reactor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que** aguas arriba del espacio de reacción (55) está conectado un reactor de gas de pirólisis (51) de modo que desde el reactor de gas de pirólisis (51) se conducen el gas que contiene hidrocarburo y las partículas de coque (3) al interior del espacio de reacción (55).
11. Procedimiento para la producción de gas de síntesis a partir de hidrocarburos gaseosos, en particular gas de pirólisis, y partículas de coque (3) utilizando al menos un reactor (1, 15, 21, 30, 40, 50) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10,
 - en el que en un espacio de reacción (2, 22, 34, 43, 45, 55, 60, 61, 71) se genera un flujo de múltiples fases que comprende los hidrocarburos gaseosos y las partículas de coque (3),
 - en el que el flujo de múltiples fases en el extremo superior del espacio de reacción (2, 22, 34, 43, 45, 55, 60, 61, 71) fluye al interior de los canales de flujo (10) de componentes internos (7) y
 - en el que partículas de coque (3) se separan parcialmente aprovechando la gravedad en los canales de flujo (10) y se devuelven al interior del espacio de reacción (2, 22, 34, 43, 45, 55, 60, 61, 71).
12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, en el que los componentes internos (7), las láminas (9) y/o la estructura en panal (14) se hacen oscilar y/o vibrar para proporcionar una devolución mejorada de las partículas de coque (3).
13. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 11 o 12, en el que la inclinación de los componentes internos (7), de las láminas (9), de la estructura en panal (14) y/o de los canales de flujo (10) se ajusta durante el funcionamiento.
14. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 13, en el que se disocian de manera catalítica alquitranes en superficies de los componentes internos (7).
15. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 14, en el que el gas que contiene hidrocarburo,

preferiblemente gas de pirólisis, y las partículas de coque se generan en un reactor de pirólisis (51) conectado directamente aguas arriba del espacio de reacción (55) y se conducen al espacio de reacción (55).

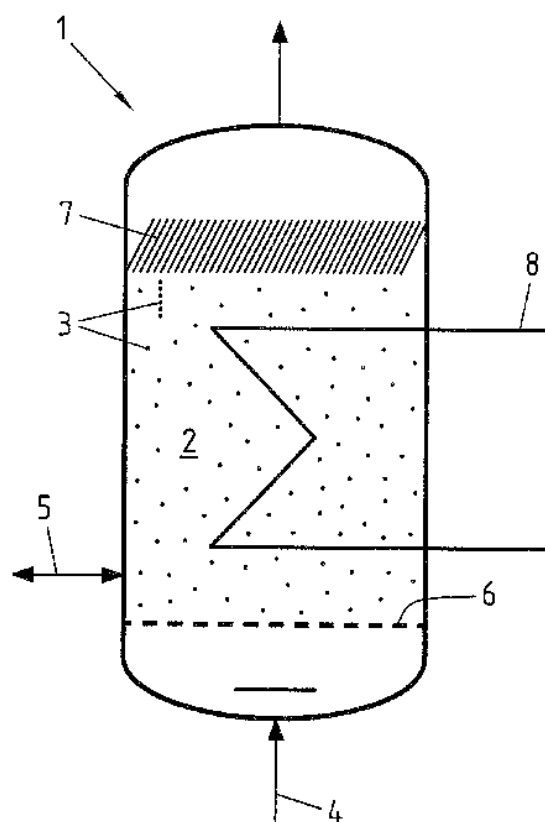


Fig.1

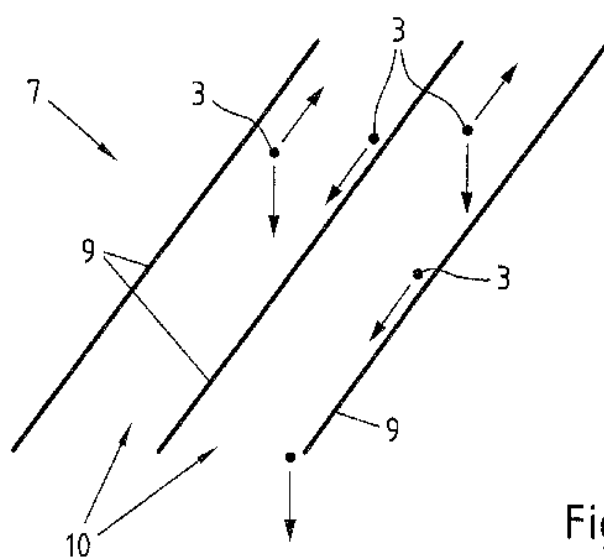


Fig.2

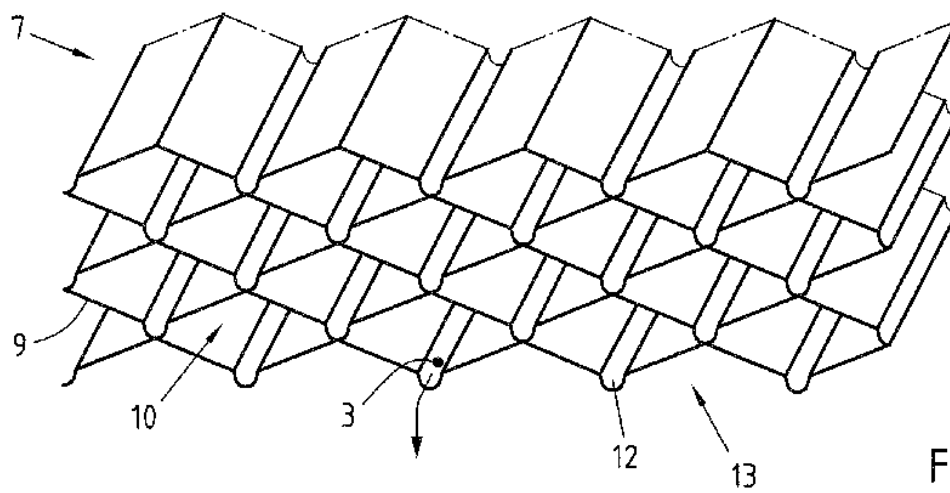


Fig.3

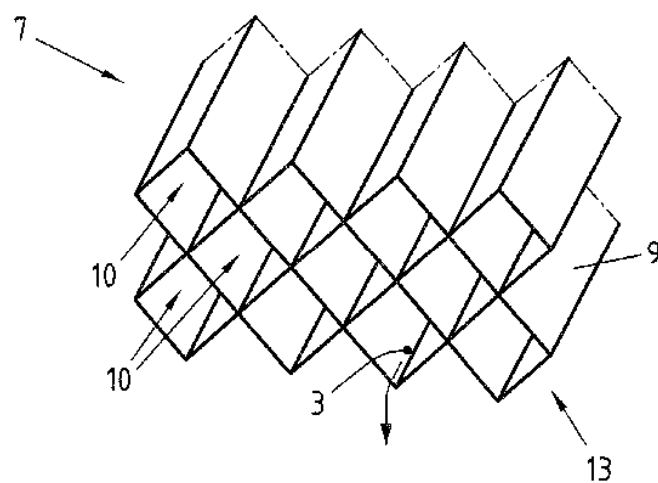


Fig.4

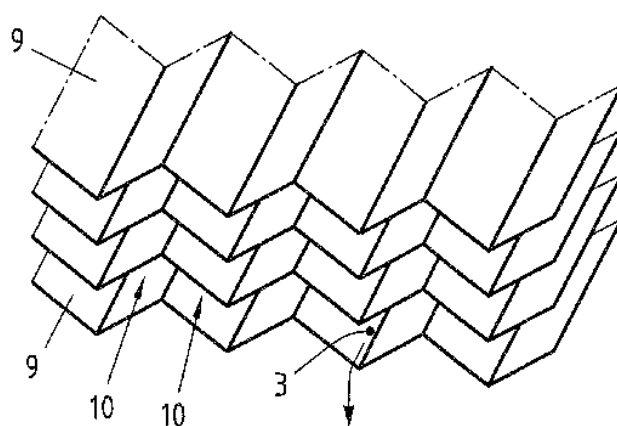


Fig.5

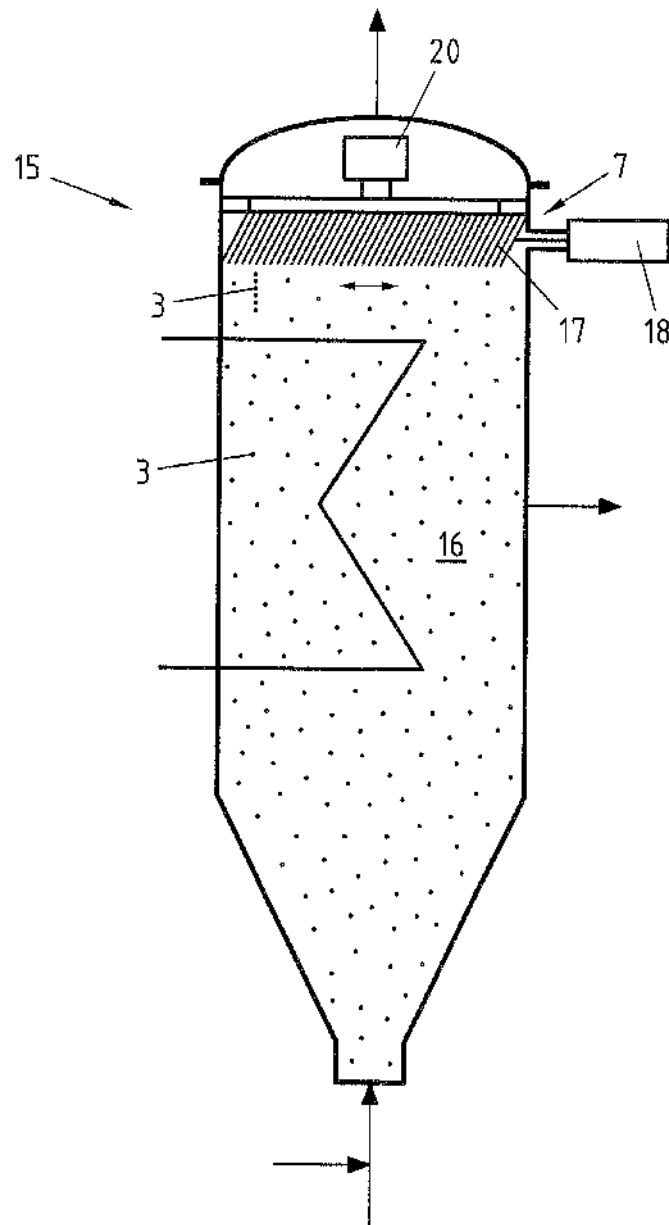


Fig.6

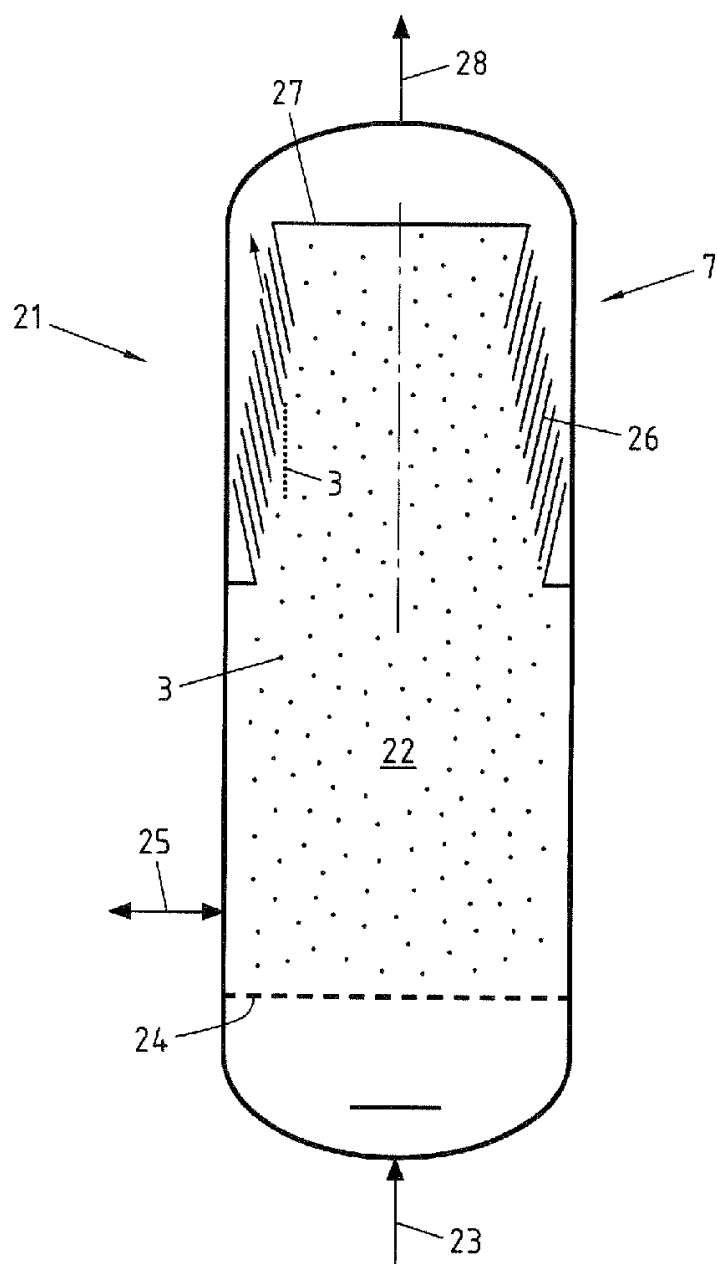


Fig.7

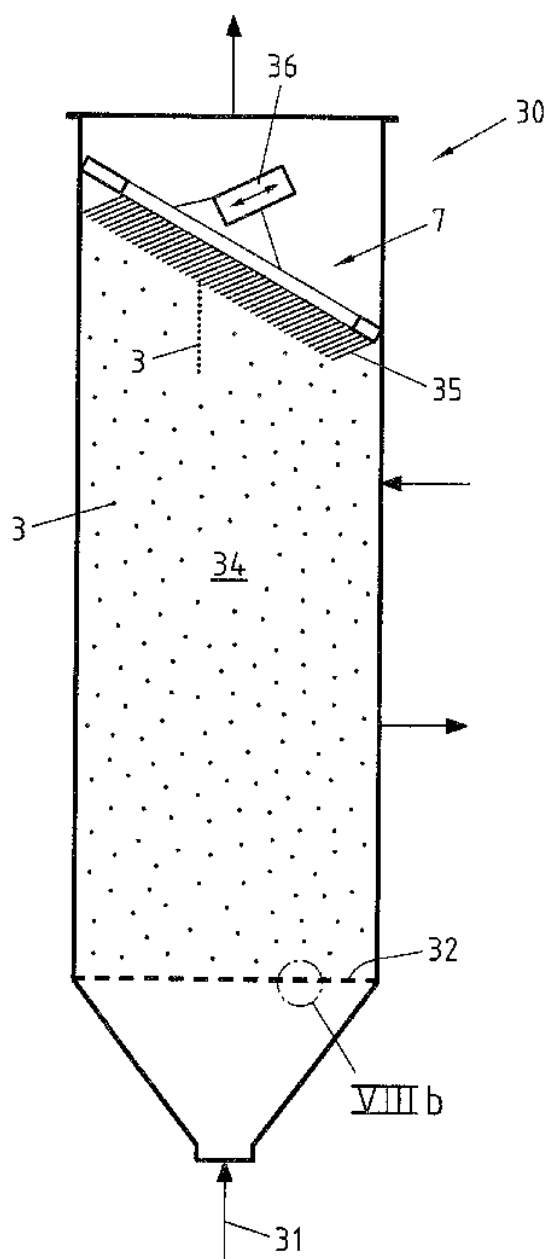


Fig. 8a

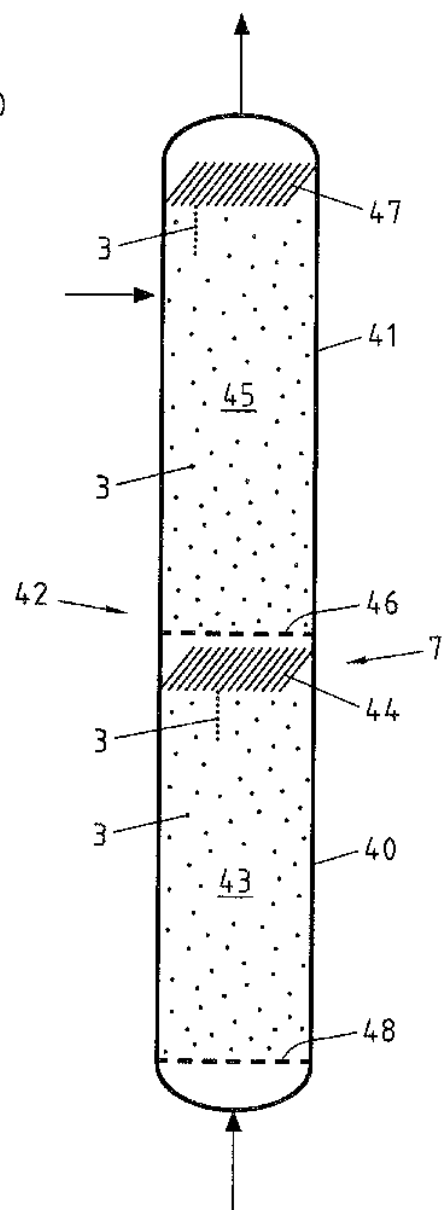


Fig. 9



Fig. 8b

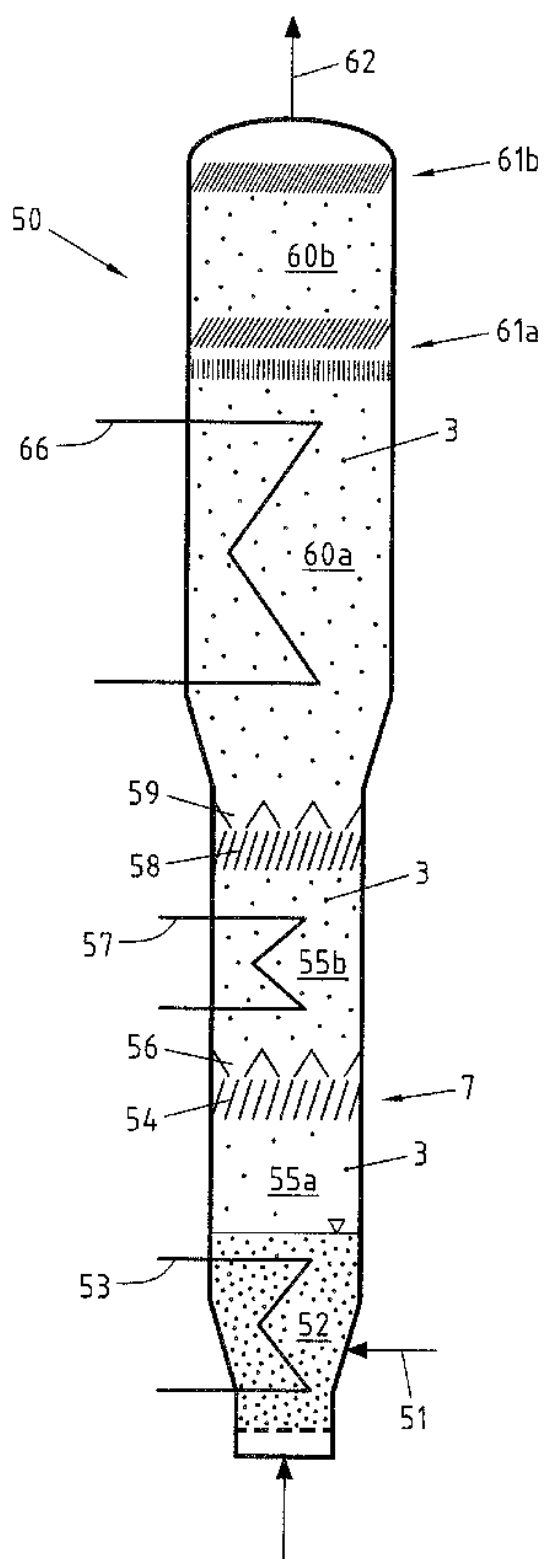


Fig.10

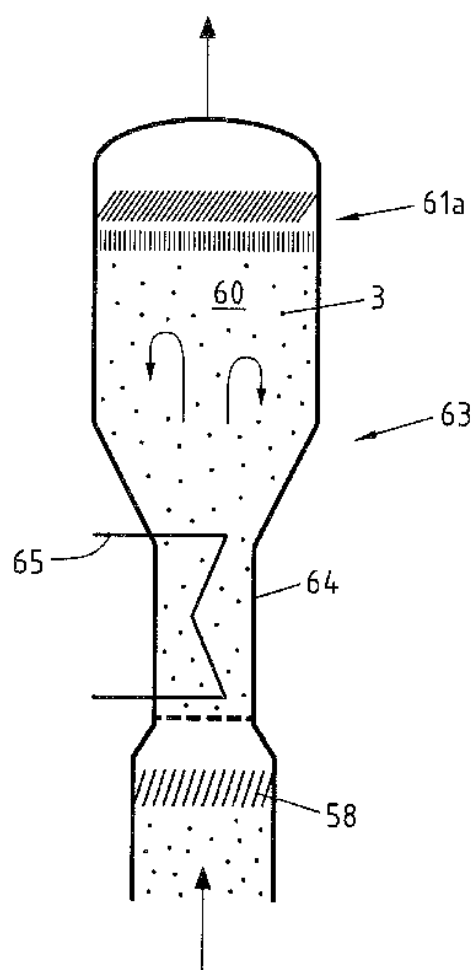


Fig.11