

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 983 514**

51 Int. Cl.:

B01J 8/02 (2006.01)

B01J 8/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.09.2021 PCT/FR2021/051624**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.04.2022 WO22069816**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.09.2021 E 21790957 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2024 EP 4196253**

54 Título: **Reactor tubular de lecho fijo**

30 Prioridad:

29.09.2020 FR 2009861

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

23.10.2024

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ENERGIE ATOMIQUE ET
AUX ENERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
25 Rue Leblanc, Bat Le Ponant
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**CHAISE, ALBIN;
BENGAOUER, ALAIN y
DUCROS, FRÉDÉRIC**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 983 514 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 tubular de lecho fijo

5 Campo técnico

La presente invención se refiere al campo de los reactores de intercambio. En particular, la presente invención se refiere al campo de los reactores de intercambio catalítico que utilizan un catalizador sólido y, en particular, un catalizador sólido en forma de polvo.

10

En este sentido, la presente invención propone un reactor de intercambio catalítico capaz de implementar procesos exotérmicos de síntesis orgánica. Estos compuestos orgánicos pueden incluir en particular carburantes sintéticos y combustibles.

15 Estado de la técnica anterior

Los reactores catalíticos que utilizan catalizadores sólidos se utilizan ampliamente para la síntesis de compuestos orgánicos tales como carburantes sintéticos o combustibles que incluyen sustitutos del gas natural, dimetiléter o incluso metanol.

20

Estos compuestos se obtienen en particular por reacción de hidrógeno y óxido de carbono en presencia de un catalizador sólido apropiado.

25

Sin embargo, las reacciones químicas relativas a la síntesis de estos compuestos son muy exotérmicas y liberan una cantidad de calor capaz de degradar el catalizador sólido. Esta degradación del catalizador sólido conduce en particular a una desactivación de este último y conduce a una reducción de la tasa de conversión de las especies químicas presentes. También se ve afectada la selectividad de las reacciones implicadas.

30

En la práctica, estas reacciones pueden realizarse en un reactor-intercambiador del tipo de tubo y calandria que comprende un canal reactivo provisto del catalizador sólido y enfriado continuamente por un fluido caloportador. En este tipo de reactor, los gases reactivos circulan axialmente en los tubos que contienen un catalizador, por ejemplo, en forma de polvo.

35

Sin embargo, a pesar de la realización de una refrigeración mediante el fluido caloportador, este tipo de reactor sigue siendo sensible al calor liberado por las reacciones que tienen lugar en dicho reactor.

En particular, un punto caliente, observado generalmente cerca de la entrada de los gases reactivos, degrada el catalizador sólido y, por tanto, reduce el rendimiento del reactor-intercambiador.

40

Para superar estos problemas, se propuso entonces una disposición que permitiera repartir la distribución de reactivos a lo largo de toda la longitud de los tubos. Esta solución permite entonces obtener una mejor homogeneidad de la temperatura en toda la longitud del reactor.

45

Al respecto, los documentos US3758279, US4374094, EP0560157, IT8021172 y US2997374 proponen reactores intercambiadores que implementan la distribución de reactivos desde un espacio de distribución anular. En particular, estos reactores-intercambiadores, de forma generalmente cilíndrica, comprenden, dispuestos coaxialmente y desde el exterior del reactor, un tubo, el espacio anular de distribución, una carga de catalizador y un espacio de recogida.

50

Sin embargo, esta disposición no es satisfactoria.

55

De hecho, la presencia del espacio de distribución anular dispuesto alrededor de la carga del catalizador limita la transferencia de calor desde el catalizador al tubo, haciendo que los sistemas de refrigeración se consideren generalmente ineficaces. Sin embargo, sigue siendo posible insertar elementos conductores de calor en el reactor. Sin embargo, una solución de este tipo sigue siendo incompatible con los reactores que comprenden tubos de pequeño diámetro.

60

Por el contrario, el documento CN103990420 propone implementar un inserto provisto de una cámara de distribución y de una cámara de recolección, colocados en el centro de un tubo y definiendo con este último un espacio anular que aloja el catalizador sólido.

65

Sin embargo, la disposición propuesta en este documento no permite distribuirlo homogéneamente dentro del espacio anular. Más particularmente, esta disposición no permite obtener un perfil de temperatura óptimo dentro del catalizador sólido.

La figura 1 del documento US 8961909 representa otro ejemplo de reactor de tipo tubo y calandria. Este reactor está provisto en particular de un tubo de inyección, sumergido en un lecho de polvo catalítico, y a lo largo del cual están previstos orificios. Estos últimos están especialmente dispuestos para garantizar la inyección del gas reactivo a diferentes niveles del lecho de polvo catalítico y limitar así la aparición de puntos calientes en dicho lecho.

Sin embargo, este reactor no es satisfactorio.

En efecto, para garantizar su refrigeración, este reactor requiere la instalación de varios circuitos de circulación de un fluido caloportador, lo que aumenta aún más su complejidad.

El documento US7402719 divulga otro ejemplo de un reactor dispuesto para permitir una inyección por etapas de un reactivo C con vistas a su reacción con un reactivo A. Este reactor comprende a este respecto dos capas (o canales) separados por una pared y destinados a asegurar la circulación, respectivamente del reactivo A y el reactivo C. Las dos capas también están en comunicación fluida mediante una pluralidad de orificios practicados en la pared que las separa. Estos orificios están dispuestos en particular para garantizar una mezcla progresiva del reactivo C con el reactivo A. Esta mezcla progresiva permite así limitar la aparición de puntos calientes. Sin embargo, la disposición del reactor en forma de una pila de capas hace que este último sea poco compacto. El documento US2011/165483 describe un reactor tubular con una cámara de distribución y una cámara de recolección.

Un objetivo de la presente invención es proponer un reactor tubular de lecho fijo que permita una distribución más uniforme de los reactivos dentro del catalizador sólido.

Otro objetivo de la presente invención es también proponer un reactor tubular de lecho fijo que permita una distribución más homogénea del flujo de calor generado dentro del catalizador sólido.

Otro objetivo de la presente invención es también proponer un reactor tubular que permita una mejor gestión de la refrigeración.

Otro objetivo de la presente invención es también proponer un reactor tubular cuya fiabilidad y vida útil mejoren en comparación con los reactores conocidos en el estado de la técnica.

Otro objetivo de la presente invención es proponer un reactor tubular que permita optimizar (aumentar) el tiempo de paso de los gases en el lecho fijo de polvo catalítico.

Divulgación de la invención

Los objetivos de la presente invención se consiguen, al menos en parte, mediante un reactor tubular de lecho fijo que se extiende, a lo largo de un eje longitudinal XX', entre un primer extremo y un segundo extremo, dicho reactor comprende un lecho de polvo catalítico confinado en un espacio anular delimitado por una pared interior, denominada primera pared, de un tubo hueco y una pared exterior, denominada segunda pared, de un inserto hueco dispuesto coaxialmente en el tubo hueco, el inserto hueco comprende al menos una cámara de distribución y al menos una cámara de recolección, separadas entre sí por al menos una pared separadora, y que comprenden, respectivamente, una abertura de admisión de gas a nivel del primer extremo y una abertura de evacuación de gas a nivel del segundo extremo, la al menos una cámara de distribución está provista de una pluralidad de aberturas de distribución mientras que la al menos una cámara de recolección está provista de una abertura de recolección, la pluralidad de aberturas de distribución y la abertura de recolección de cada cámara de recolección están formadas al nivel de la segunda pared y se extienden paralelas al eje longitudinal XX', las aberturas de distribución de una cámara de distribución permiten la distribución de un gas susceptible de ser admitido a través de la abertura de admisión de dicha cámara de distribución hacia el espacio anular, y la abertura colectora que permite la recogida del gas distribuido en el espacio anular por la cámara de recolección.

Cada abertura de distribución y/o cada abertura colectora puede estar formada por una única abertura,

Alternativamente, una abertura de distribución y/o una abertura colectora pueden comprender varias aberturas, por ejemplo, alineadas en su dirección de extensión.

Según una realización, cada abertura de distribución de la pluralidad de aberturas de distribución de al menos una cámara de distribución está conformada para imponer una pérdida de presión al gas capaz de ser admitido en la cámara de distribución de modo que el caudal de dicho gas sea función del recorrido, denominado recorrido reactivo, de dicho gas en el espacio anular entre la abertura de distribución considerada y la abertura colectora.

Según un modo de realización, la pérdida de presión aumenta cuando disminuye el recorrido reactivo.

Según un modo de realización, la pérdida de presión aumenta cuando aumenta el recorrido reactivo.

Según un modo de realización, la pérdida de presión asociada a una determinada abertura de distribución se regula mediante su sección y/o su longitud.

5

Según un modo de realización, en la abertura de distribución está alojado un elemento poroso, presentando el elemento poroso una porosidad que permite imponer la pérdida de presión.

10

Según un modo de realización, el elemento poroso puede comprender al menos uno de los materiales elegidos entre: un material fibroso, en particular una lana, una trenza o un tejido metálico o cerámico.

15

Según una realización, dicho reactor está provisto de una película porosa que cubre la segunda pared y está dispuesta para impedir el paso de polvo desde el lecho de polvo catalítico a través de las aberturas de distribución o la abertura colectora.

20

Según una realización, al menos una cámara de distribución está cerrada en el segundo extremo, y al menos una cámara de recolección está cerrada en el primer extremo.

Según una realización, dicho reactor comprende en el primer extremo y en el segundo extremo, respectivamente, un espacio distribuidor y un espacio colector entre los cuales está dispuesto el inserto.

25

Según una realización, el polvo catalítico es retenido en el espacio anular mediante una junta hecha de material fibroso en cada uno de los extremos del espacio anular, ventajosamente, la junta hecha de material fibroso se mantiene comprimida contra el polvo catalítico mediante un resorte, estando apoyado el resorte contra una placa de retención unida mecánicamente al tubo.

30

Según una realización, la segunda pared no tiene ninguna abertura en una primera sección y una segunda sección que se extienden desde, respectivamente, el primer extremo y el segundo extremo, superponiéndose la primera sección y la segunda sección con el lecho de polvo a lo largo de una altura H1, siendo la altura H1 entre 0,2 veces y 10 veces, ventajosamente entre 1 vez y 2 veces, la distancia D₁ que separa una abertura de distribución de una abertura colectora inmediatamente adyacente, y se mide a lo largo de la superficie exterior de la pared exterior.

35

Según una realización, el inserto hueco está provisto de medios de centrado que mantienen este último en una posición coaxial con el tubo hueco, ventajosamente, los medios de centrado comprenden protuberancias formadas en la segunda pared.

40

Según una forma de realización, la abertura colectora y las aberturas de distribución tienen un ancho comprendido entre 1/1,00 y 1/2, ventajosamente entre 1/20 y 1/4, del diámetro del tubo hueco.

Según una forma de realización, el inserto hueco forma una sola pieza.

Breve descripción de los dibujos

45

Otras características y ventajas aparecerán en la siguiente descripción del reactor tubular de lecho fijo según la invención, dada a título de ejemplos no limitativos, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

50

La figura 1 es una representación esquemática de un reactor tubular de lecho fijo según la presente invención, en particular, la figura 1 representa el reactor a lo largo de un plano de sección longitudinal que pasa por un eje longitudinal XX' de dicho reactor;

55

La figura 2 es una vista en sección por un plano transversal, perpendicular al eje longitudinal XX' del reactor tubular de la figura 1, según esta representación, el reactor tubular comprende dos cámaras de distribución y dos cámaras de recolección, las flechas simbolizan el sentido de circulación de los gases en el espacio anular;

60

La figura 3 es una representación esquemática de un inserto según la presente invención, en particular, la línea discontinua representa una pared divisoria que separa una cámara de distribución y una cámara de recolección;

La figura 4 es una vista en sección a lo largo de un plano transversal, perpendicular al eje longitudinal XX' del reactor tubular según una primera variante de la presente invención;

La figura 5 es una vista en sección a lo largo de un plano transversal, perpendicular al eje longitudinal XX' del reactor tubular según una segunda variante de la presente invención;

La figura 6 es una representación de un elemento poroso, y en particular de un elemento poroso formado por 4 planos de fibras, capaz de usarse en el reactor tubular según la presente invención;

65

La figura 7 es una representación esquemática de un reactor tubular de lecho fijo según otro ejemplo de la presente invención, en particular, la figura 7 representa el reactor a lo largo de un plano de sección longitudinal que pasa por un eje longitudinal XX' de dicho reactor.

La figura 8 es una representación esquemática de un reactor tubular de lecho fijo según otro ejemplo de la presente invención, en particular, la figura 8 representa el reactor a lo largo de un plano de sección longitudinal que pasa por un eje longitudinal XX' de dicho reactor.

5 Presentación detallada de realizaciones particulares

La presente invención se refiere a un reactor-intercambiador tubular con lecho de polvo catalítico fijo. En particular, el lecho de polvo catalítico está confinado en un espacio anular delimitado por una primera pared de un tubo hueco y una segunda pared de un inserto hueco alojado coaxialmente en dicho tubo.

10

El inserto hueco según la presente invención está dispuesto en particular para permitir la admisión de gases reactivos a lo largo de un primer extremo del reactor hacia una cámara de distribución de dicho inserto.

15

Estos últimos se distribuyen luego en el espacio anular mediante una pluralidad de aberturas de distribución que permiten a dichos gases pasar desde la cámara de distribución a dicho espacio anular.

20

Los productos resultantes de la reacción entre especies reactivas se recogen a continuación, a través de una abertura colectora, en una cámara de recolección del inserto hueco, aislada de la cámara de distribución por una pared separadora.

Los productos se evacuan a través de una abertura de evacuación en la cámara de recolección al nivel del segundo extremo.

25

La realización de una pluralidad de aberturas de distribución permite distribuir la distribución del gas reactivo, desde la misma cámara de distribución, a diferentes lugares del lecho de polvo catalítico. Este método de distribución limita así la aparición de puntos calientes y preserva el rendimiento del lecho de polvo catalítico.

30

Además, la consideración de una pluralidad de aberturas de distribución permite limitar el número de cámaras de distribución y de recogida y, en consecuencia, simplificar la arquitectura del reactor-intercambiador tubular con lecho de polvo catalítico fijo.

35

Según otro aspecto de la presente invención, cada abertura de distribución de la pluralidad de aberturas de distribución de la cámara de distribución está conformada para imponer una pérdida de presión al gas capaz de ser admitido en la cámara de distribución de modo que el caudal de este último sea una función del recorrido, denominado recorrido reactivo, de dicho gas en el espacio anular entre la abertura de distribución considerada y la abertura colectora. En particular, esta pérdida de presión puede aumentar cuando disminuye el recorrido reactivo. Por el contrario, la pérdida de presión puede aumentar cuando aumenta el recorrido reactivo.

40

Las ventajas asociadas con los diferentes aspectos de la presente invención aparecerán más claramente al leer la descripción detallada que sigue.

Así, en las figuras 1 y 2, podemos ver una realización ilustrativa de un reactor tubular de lecho fijo según la presente invención.

45

El reactor tubular 1 según la presente invención comprende un tubo hueco 10 que se extiende a lo largo de un eje longitudinal XX', entre un primer extremo 11 y un segundo extremo 12. Se entiende que el eje longitudinal XX' es también un eje de revolución del tubo hueco.

50

El tubo hueco 10 puede tener una simetría de revolución alrededor del eje longitudinal XX'.

El tubo hueco 10 puede comprender un metal y, en particular, un metal elegido entre: acero, aleación de aluminio, cobre, níquel.

55

El diámetro de la superficie interna, denominada primera superficie, del tubo hueco puede estar comprendido entre 5 mm y 100 mm.

La pared, denominada primera pared 15, que forma el tubo hueco 10 puede tener un espesor comprendido entre 0,5 mm y 10 mm.

60

El tubo hueco 10 puede tener una longitud de entre 10 y 200 veces el diámetro de la primera superficie.

El reactor tubular 1 también comprende un inserto hueco 20 que también se extiende a lo largo del eje longitudinal XX' y tiene una forma generalmente cilíndrica.

ES 2 983 514 T3

El inserto hueco 20 está alojado en particular en el volumen V del tubo hueco coaxialmente con este último. En particular, el inserto 20 comprende también una pared, denominada segunda pared 21, que delimita con la primera pared 15 un espacio anular 30.

5 El espacio anular 30 está, a este respecto, lleno de un polvo catalítico que será el asiento de las reacciones de conversión de gases reactivos capaces de pasar a través del reactor tubular 1.

El espacio anular 30 puede tener un espesor, definido como la distancia entre la primera pared 15 y la segunda pared 21, de entre el 2 % y el 20 % del diámetro de la primera superficie.

10

El inserto hueco 20 puede ser de una sola pieza.

De manera particularmente ventajosa, el inserto hueco 20 puede estar provisto de medios de centrado que mantienen este último en una posición coaxial con el tubo hueco. Por ejemplo, como se muestra en la figura 3, los medios de centrado comprenden resaltes 22 formados en la segunda pared.

15

Estos medios de centrado permiten en particular considerar un inserto hueco con una longitud al menos 20 veces mayor que el diámetro de dicho inserto.

20

Además, estos medios también permiten facilitar el montaje del reactor tubular 1.

El inserto hueco 20 también comprende al menos una cámara de distribución 40 y al menos una cámara de recolección 50. En particular, el inserto hueco 20 puede incluir entre 1 y 4 cámaras de distribución 40 y entre 1 y 4 cámaras de recogida 50.

25

Ventajosamente, las cámaras de distribución 40 y las cámaras de recogida 50 están dispuestas alternativamente y se extienden a lo largo de toda la longitud del inserto hueco 20. Las cámaras de recogida 50 y distribución 40 también están separadas entre sí por paredes divisorias 60.

30

Por ejemplo, las paredes divisorias 60 forman planos que pasan por el eje longitudinal XX'.

Por lo tanto, se entiende que una cámara de distribución 40 está delimitada por dos paredes divisorias 60 y una sección de la segunda pared 21.

35

De manera equivalente, una cámara de recolección 50 también está delimitada por dos paredes divisorias 60 y otra sección de la segunda pared 21.

Además, las paredes separadoras 60 se extienden a lo largo de toda la longitud del inserto hueco en el volumen definido por el inserto hueco 20, y están dispuestas para impedir cualquier paso directo de gas de una cámara a otra.

40

Además, al menos una cámara de distribución 40 comprende una abertura de admisión 41 en el primer extremo 11 de dicho inserto 20 a través de la cual es probable que se admitan uno o más gases reactivos.

45

De manera equivalente, al menos una cámara de recolección 50 comprende una abertura de evacuación 51 al nivel del segundo extremo 12 del inserto hueco 20 y a través de la cual se pueden evacuar uno o más gases.

El inserto hueco 20 también está provisto de una pluralidad de aberturas de distribución 42 y al menos una abertura colectora 52.

50

En particular, cada cámara de distribución 40 comprende una pluralidad de aberturas de distribución 42 (figuras 2 y 3) formadas al nivel de la segunda pared 21, y que se extienden paralelas al eje longitudinal XX'. La pluralidad de aberturas de distribución 42 de una determinada cámara de distribución 40 está formada en particular de manera que comuniquen la cámara de distribución 40 en cuestión y el espacio anular 30. En otras palabras, la pluralidad de aberturas de distribución 42 forman otros tantos conductos permeables a los gases reactivos desde la cámara de distribución 40 hacia el espacio anular 30.

55

Cada abertura de distribución puede estar formada por una única abertura, Alternativamente, una abertura de distribución puede comprender una pluralidad de aberturas, por ejemplo, alineadas a lo largo de su dirección de extensión.

60

De manera equivalente, cada cámara de recolección 50 comprende una abertura colectora 52 (figuras 2 y 3) formada al nivel de la segunda pared 21, y que se extiende paralela al eje longitudinal XX'. La abertura colectora 52 de una determinada cámara de recolección 50 está formada en particular de manera que comunique la cámara de recolección 50 en cuestión y el espacio anular. En otras palabras, la abertura colectora 52 forma un paso permeable a los gases desde el espacio anular 30 hasta la cámara de recolección 50.

65

Cada abertura colectora puede estar formada por una única abertura.

Alternativamente, una abertura colectora puede comprender una pluralidad de aberturas, por ejemplo, alineadas a lo largo de su dirección de extensión.

5

Así, las aberturas de distribución 42 de una cámara de distribución 40 permiten la distribución de un gas susceptible de ser admitido a través de la abertura de admisión 41 de dicha cámara de distribución hacia el espacio anular 30, mientras que la abertura colectora 52 permite la recolección del gas distribuido en el espacio anular 30 por la cámara de recolección.

10

Más particularmente, la multiplicidad de aberturas de distribución 42 asociadas a una determinada cámara de distribución permite así inyectar un gas reactivo en el espacio anular 30 en diferentes zonas (zonas A, B, C, D y E, figura 2) de dicho espacio 30. Esta distribución de las zonas de inyección de gas permite reproducir el principio de inyección por etapas y limitar así la aparición de calentamientos locales (puntos calientes) al nivel de la zona anular 30. Esta limitación del calentamiento impide también cualquier fenómeno de sinterización del polvo catalítico presente en el espacio anular.

15

La consideración de una pluralidad de aberturas de distribución 42 por cámara de distribución 40 permite prever un inserto hueco 20 limitado a una única, o incluso a dos, cámaras de distribución. Una disposición de este tipo permite también simplificar la fabricación del inserto hueco 20.

20

Ventajosamente, las aberturas de distribución 42 y de recolección 52 se extienden a lo largo de una longitud L y paralelas al eje longitudinal XX'.

25

Ventajosamente, la longitud L es superior a la mitad, ventajosamente tres cuartos de la longitud de extensión a lo largo del eje longitudinal XX' del espacio anular 30.

La extensión de las aberturas de distribución 42 a lo largo de la longitud L permite también repartir la inyección de gas en el espacio anular 30 y limitar así la aparición de puntos calientes.

30

Ventajosamente, las aberturas de distribución 42 de una determinada cámara de distribución 40 pueden estar dispuestas simétricamente con respecto a un plano bisector P de las paredes 60 que delimitan dicha cámara (figura 2).

35

Más particularmente, cada cámara de distribución puede incluir un número impar de aberturas de distribución 42. Según esta disposición, una de las aberturas de distribución 42, denominada abertura central, está dispuesta en la intersección del plano de bisección y la segunda pared 21, mientras que las otras aberturas de la pluralidad de aberturas 42 están dispuestas simétricamente a uno y otro lado de dicho plano de bisección.

40

A modo de ejemplo, y como se ilustra en la figura 2, cada cámara de distribución 42 incluye cinco aberturas de distribución 42.

Ventajosamente, el reactor tubular 1 comprende un filtro dispuesto para impedir el paso del polvo catalítico al interior de las cámaras de distribución 40 o de recolección 50.

45

Por ejemplo, como se ilustra en la figura 3, se puede disponer un filtro 70 para cubrir la segunda pared 21.

De manera particularmente ventajosa, cada abertura de distribución 42 de la pluralidad de aberturas de distribución de una cámara de distribución 40 está conformada para imponer una pérdida de presión al gas que probablemente será admitido en dicha cámara de distribución 40 que es función del recorrido, denominado recorrido reactivo, de dicho gas en el espacio anular 30 entre la abertura de distribución 42 considerada y la abertura colectora 52.

50

En particular, la pérdida de presión puede aumentar cuando disminuye el recorrido reactivo. Así, en relación con la figura 2, la pérdida de presión impuesta por las aberturas 42 del distribuidor en las posiciones A y E puede ser mayor que la pérdida de presión impuesta por la abertura en la posición C. Las aberturas 42 en las posiciones B y D pueden imponer, por su parte, una pérdida de presión intermedia entre la impuesta en las posiciones A y E por un lado y la posición C por otro lado.

55

La regulación de las pérdidas de presión en función del recorrido reactivo permite así controlar mejor los caudales de gas durante su distribución en el espacio anular.

60

Según una primera variante ilustrada en la figura 4, la pérdida de presión asociada a una abertura de distribución dada se ajusta por su sección y/o su longitud L. Más particularmente, la pérdida de presión de una abertura aumenta a medida que su sección y/o su longitud L disminuye.

65

Según una segunda variante ilustrada en la figura 5, los elementos porosos 44 están alojados en cada una de las aberturas de distribución. En particular, cada elemento poroso 44 presenta una porosidad que permite imponer una pérdida de presión predeterminada. A este respecto, el elemento poroso puede comprender al menos uno de los materiales elegidos entre: un material fibroso, en particular una lana, una trenza o un tejido metálico o cerámico. Alternativamente, el elemento poroso asociado con una abertura de distribución determinada puede formarse directamente con el inserto hueco.

Según esta última configuración, y como se ilustra en la figura 6, el elemento poroso 44 puede comprender una pluralidad de planos 44a, 44b, 44c y 44d que comprenden fibras. El ejemplo ilustrado en la figura 6 incluye en particular 4 planos, cada uno provisto de fibras rectangulares o redondas e inclinados $\pm 45^\circ$ con respecto al eje longitudinal XX'. Más particularmente, las fibras de dos planos sucesivos están orientadas según dos ángulos diferentes y, en particular, son perpendiculares de un plano al otro.

Según una tercera variante, el filtro 70 puede presentar variaciones de espesor y/o de porosidad a nivel de las aberturas de distribución.

Ventajosamente, la al menos una cámara de distribución 40 está cerrada en el segundo extremo 12, mientras que la al menos una cámara de recolección 50 está cerrada en el primer extremo 11. A este respecto, como se ilustra en la figura 1, la cámara de distribución 40 está cerrada por una pared de distribución 43, mientras que la cámara de recolección 50 está cerrada por una pared de recolección 53.

Complementariamente, el reactor tubular 1 puede comprender en el primer extremo 11 y en el segundo extremo 12, respectivamente, un espacio distribuidor 13 y un espacio colector 14 entre los cuales está dispuesto el inserto hueco 20.

Ventajosamente, la abertura colectora 52 y las aberturas de distribución 42 tienen un ancho comprendido entre $1/100$ y $1/2$, ventajosamente entre $1/20$ y $1/4$, del diámetro del tubo hueco 10.

Así, durante el funcionamiento del reactor, uno o más gases reactivos se admiten en la cámara de distribución 40 a través de la abertura de admisión 41. Estos gases pasan luego a través de las aberturas de distribución 42 asociadas con dicha cámara de distribución, y fluyen hacia el espacio anular 30 para ponerse en contacto con el lecho de polvo catalítico. Durante este flujo en el espacio anular los gases reactivos se convierten, al menos en parte, en productos. Estos últimos, así como la fracción de gases reactivos que no han reaccionado, pasan a través de la abertura colectora así considerada y son recogidos en la cámara de recolección. Los productos y gases reactivos sin reaccionar así recolectados se evacúan a continuación a través de la abertura de evacuación 51.

Así, la extensión de las aberturas de distribución a lo largo de la longitud L permite distribuir los gases reactivos en el espacio anular a lo largo de dicha longitud L. En otras palabras, esta disposición permite distribuir la cantidad de calor que probablemente se producirá durante de la conversión de gases reactivos en productos a lo largo de toda la longitud L. Esta disposición permite así limitar el aumento local de temperatura del lecho de polvo catalítico. La extensión a lo largo L de las aberturas de recolección permite, según un principio equivalente, limitar el calentamiento del lecho de polvo catalítico.

Además, la disposición de las aberturas de admisión 41 y descarga 51 en extremos opuestos del inserto hueco también contribuye a una mejor distribución de los reactivos dentro del espacio anular 30 y, en consecuencia, a una mejor homogeneización de la temperatura del lecho de polvo catalítico.

Todos estos aspectos ayudan a limitar la aparición de puntos calientes y así preservar el lecho de polvo catalítico. Esto da como resultado una mayor fiabilidad del reactor tubular y un aumento de su vida útil.

Según un aspecto particularmente ventajoso ilustrado en la figura 7, el polvo catalítico se retiene en el espacio anular 30 mediante una junta 31 hecha de material fibroso en cada uno de los extremos de dicho espacio anular 30.

En la medida en que la junta está realizada en material fibroso, este último es necesariamente poroso y por tanto permeable a los gases reactivos.

A este respecto, el material fibroso puede comprender al menos uno de los elementos elegidos entre: fibra de vidrio, fibra cerámica, fibra metálica, fibra de carbono, fibra de material polimérico.

La junta 31 puede tener en particular forma de trenza, funda, cordón o simplemente comprender un relleno de material fibroso.

Ventajosamente, el material fibroso es un aislante térmico y tiene una conductividad térmica sustancialmente equivalente a la del catalizador utilizado ($0,2 \text{ W/m/K}$ a 10 W/m/K).

Según una forma de realización ventajosa, la junta 31 de material fibroso se mantiene comprimida contra el polvo catalítico mediante un resorte 32. Por ejemplo, el resorte 32 hace tope contra una placa de retención 33 unida mecánicamente al tubo por un anillo 34.

5 La junta 31 realizada en material fibroso en combinación con el o los resortes permite compactar mejor el polvo catalítico y evitar el desgaste de este último durante la manipulación o el transporte del reactor.

En la medida en que la junta 31 sea porosa, los gases reactivos pueden penetrar directamente en el espacio anular sin pasar a través de la cámara de distribución 40.

10 En este caso (figura 7), resulta particularmente ventajoso prever una disposición del inserto hueco 20 que permita imponer a este gas reactivo un recorrido predeterminado en el espacio anular para favorecer su conversión en contacto con el lecho de polvo catalítico. Este recorrido predeterminado tiene una longitud de entre 0,2 veces y 10 veces, ventajosamente entre 1 vez y 2 veces, el recorrido reactivo definido con relación a la figura.

15 Con este fin, la segunda pared 21 puede estar desprovista de aberturas en una primera sección 21a y una segunda sección que se extienden desde, respectivamente, el primer extremo 11 y el segundo extremo 12.

20 A este respecto, la primera sección 21a y la segunda sección se superponen con el lecho de polvo en una altura 1-11. La altura H1 está comprendida entre 0,5 veces y 10 veces, ventajosamente entre una y 2 veces, el recorrido reactivo.

25 La figura 8 representa un inserto hueco 20 capaz de implementarse según otro ejemplo de la presente invención. Este otro ejemplo repite esencialmente las características presentadas anteriormente.

El inserto 20 relativo a este otro ejemplo puede fabricarse mediante mecanizado, corte, electroerosión o extrusión.

30 En particular, el inserto 20 comprende, según este otro ejemplo, un cuerpo principal 20a insertado entre dos cuerpos terminales 20b, y ensamblado mediante una junta 20d.

35 Los dos cuerpos terminales 20b, ilustrados en la figura 8, comprenden una pared cilíndrica no permeable al gas que reproduce la primera sección 21a descrita anteriormente, e incluye aberturas de distribución 41 (o recolección 51).

El reactor tubular según la presente invención se utiliza ventajosamente para la síntesis de metano, metanol, dimetiléter o incluso para la realización de la síntesis de Fisher-Tropsch.

40

REIVINDICACIONES

1. Reactor tubular (1) con lecho fijo que se extiende, según un eje longitudinal XX', entre un primer extremo (11) y un segundo extremo (12), dicho reactor comprende un lecho de polvo catalítico confinado en un espacio anular (30) delimitado por una pared interna, denominada primera pared (15), de un tubo hueco (10) y una pared externa, denominada segunda pared (21), de un inserto hueco (20) dispuesto coaxialmente en el tubo hueco (10),

5

10 el inserto hueco (20) comprende al menos una cámara de distribución (40) y al menos una cámara de recolección (50), separadas entre sí por al menos una pared divisoria (60), y que comprende, respectivamente, una abertura de admisión (41) de gas en el primer extremo (11) y una abertura de evacuación (51) de gas en el segundo extremo (12),

15 la al menos una cámara de distribución (40) está provista de una pluralidad de aberturas de distribución (42) mientras que la al menos una cámara de recolección (50) está provista de una abertura de recolección (52), la pluralidad de aberturas de distribución (42) y la abertura colectora (52) de cada cámara de recolección (50) están formadas al nivel de la segunda pared (21) y se extienden paralelas al eje longitudinal XX', las aberturas de distribución de una cámara de distribución (40) permiten la distribución de un gas capaz de ser admitido a través de la abertura de admisión (41) de dicha cámara de distribución (40) hacia el espacio anular (30) y la abertura colectora (52) permitiendo la recolección del gas distribuido en el espacio anular (30) por la cámara de recolección (50).

20
2. Reactor según la reivindicación 1, en el que cada abertura de distribución de la pluralidad de aberturas de distribución de la al menos una cámara de distribución (40) está conformada para imponer una pérdida de presión sobre el gas capaz de ser admitido en la cámara de distribución (40) de modo que el caudal de dicho gas es función del recorrido, denominado recorrido reactivo, de dicho gas en el espacio anular (30) entre la abertura de distribución considerada y la abertura colectora (52).

25
3. Reactor según la reivindicación 2, en el que la pérdida de presión aumenta cuando disminuye el recorrido reactivo.

30
4. Reactor según la reivindicación 3, en el que la pérdida de presión asociada a una determinada abertura de distribución (42) se ajusta según su sección y/o su longitud.

35
5. Reactor según la reivindicación 3 o 4, en el que en la abertura de distribución está alojado un elemento poroso, presentando el elemento poroso una porosidad que permite imponer la pérdida de presión.

40
6. Reactor según la reivindicación 5, en el que el elemento poroso puede comprender al menos materiales elegidos entre: un material fibroso, en particular una lana, una trenza o un tejido metálico o cerámico.

45
7. Reactor según una de las reivindicaciones 3 a 6, en el que dicho reactor está provisto de una película porosa que cubre la segunda pared (21), y dispuesto para impedir el paso de polvo desde el lecho de polvo catalítico a través de las aberturas de distribución o la abertura de recolección (52).

50
8. Reactor según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la al menos una cámara de distribución (40) está cerrada en el segundo extremo (12), y la al menos una cámara de recolección (50) está cerrada al nivel del primer extremo (11).

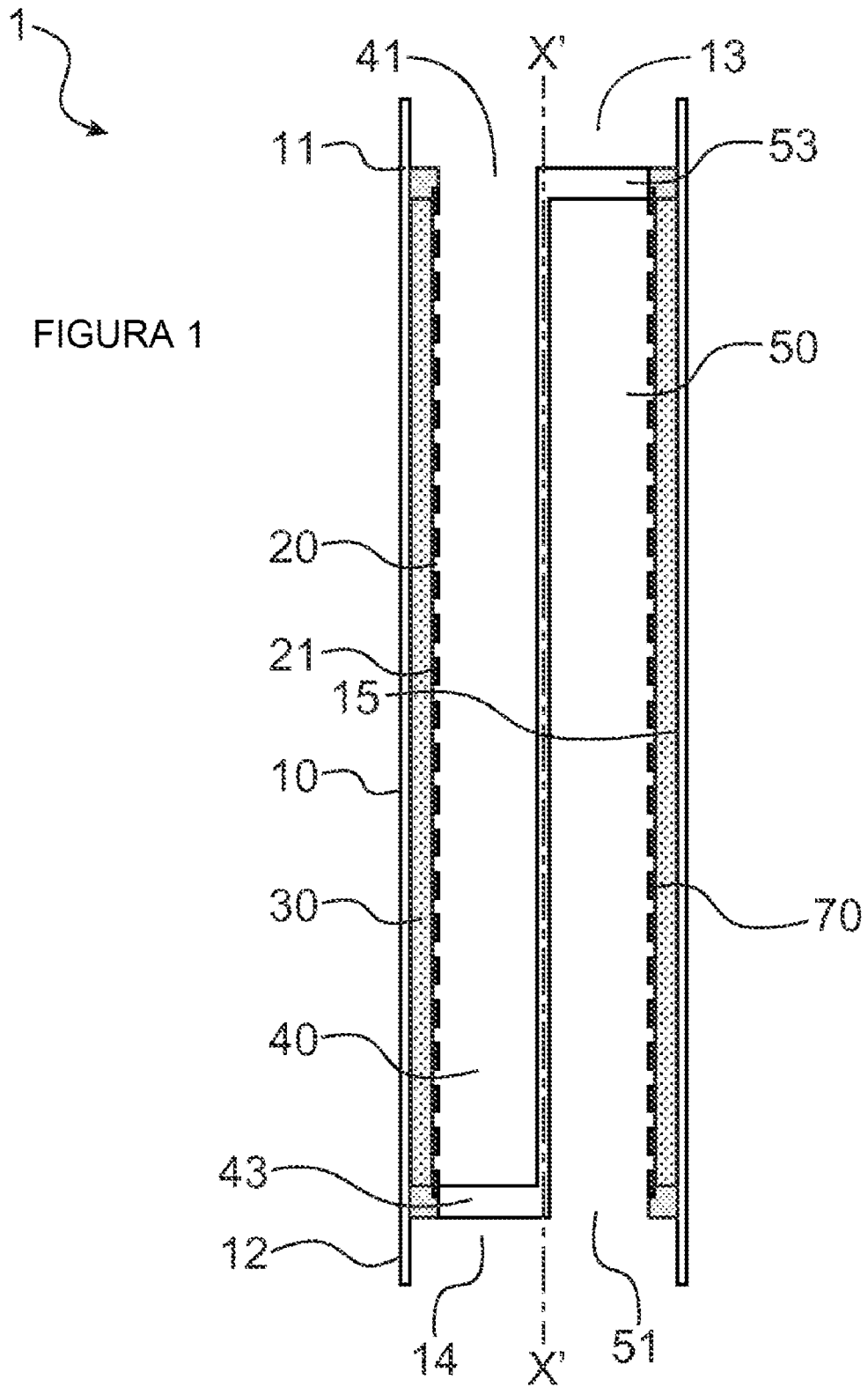
55
9. Reactor según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que dicho reactor comprende al nivel del primer extremo (11) y al nivel del segundo extremo (12), respectivamente, un espacio distribuidor y un espacio colector entre los cuales está dispuesto el inserto.

60
10. Reactor según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el polvo catalítico es retenido en el espacio anular (30) mediante una junta de material fibroso en cada uno de los extremos del espacio anular (30), ventajosamente, la junta hecha de material fibroso se mantiene en compresión contra el polvo catalítico mediante un resorte, el resorte está apoyado contra una placa de retención del tubo unida mecánicamente.

65
11. Reactor según una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la segunda pared (21) no tiene ninguna abertura en una primera sección y una segunda sección que se extienden desde, respectivamente, el primer extremo (11) y el segundo extremo (12), superponiéndose la primera sección y la segunda sección con el lecho de polvo a lo largo de una altura H1, siendo la altura H1 entre 0,2 veces y 10 veces, ventajosamente entre 1 vez y 2 veces, la distancia D1 que separa una abertura de distribución de una abertura colectora (52) inmediatamente adyacente, y se mide a lo largo de la superficie exterior de la pared exterior.

ES 2 983 514 T3

12. Reactor según una de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el inserto hueco (20) está provisto de medios de centrado que mantienen este último en una posición coaxial con el tubo hueco (10), ventajosamente, los medios de centrado comprenden resaltes formados en la segunda pared (21).
- 5 13. Reactor según una de las reivindicaciones 1 a 12, en el que la abertura colectora (52) y las aberturas de distribución tienen un ancho comprendido entre $1/100$ y $1/2$, ventajosamente entre $1/20$ y $1/4$, del diámetro del tubo hueco (10).
- 10 14. Reactor según una de las reivindicaciones 1 a 13, en el que el inserto hueco (20) forma una sola pieza.



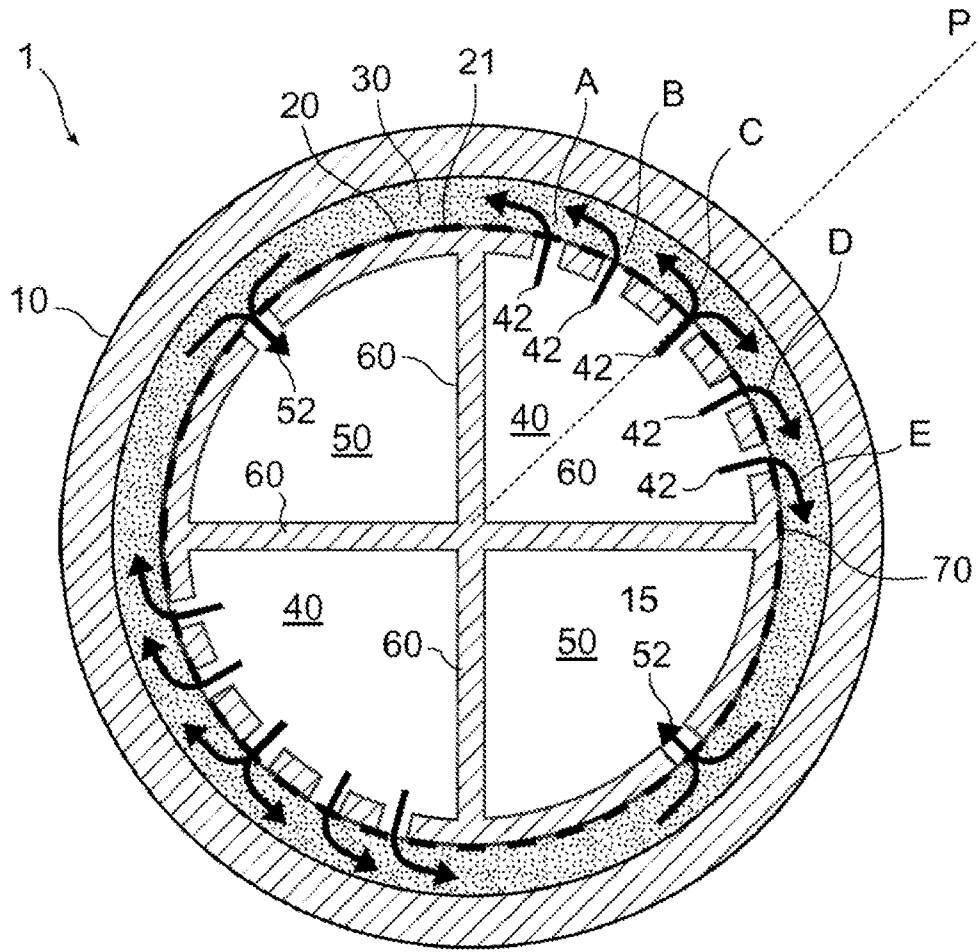


FIGURA 2

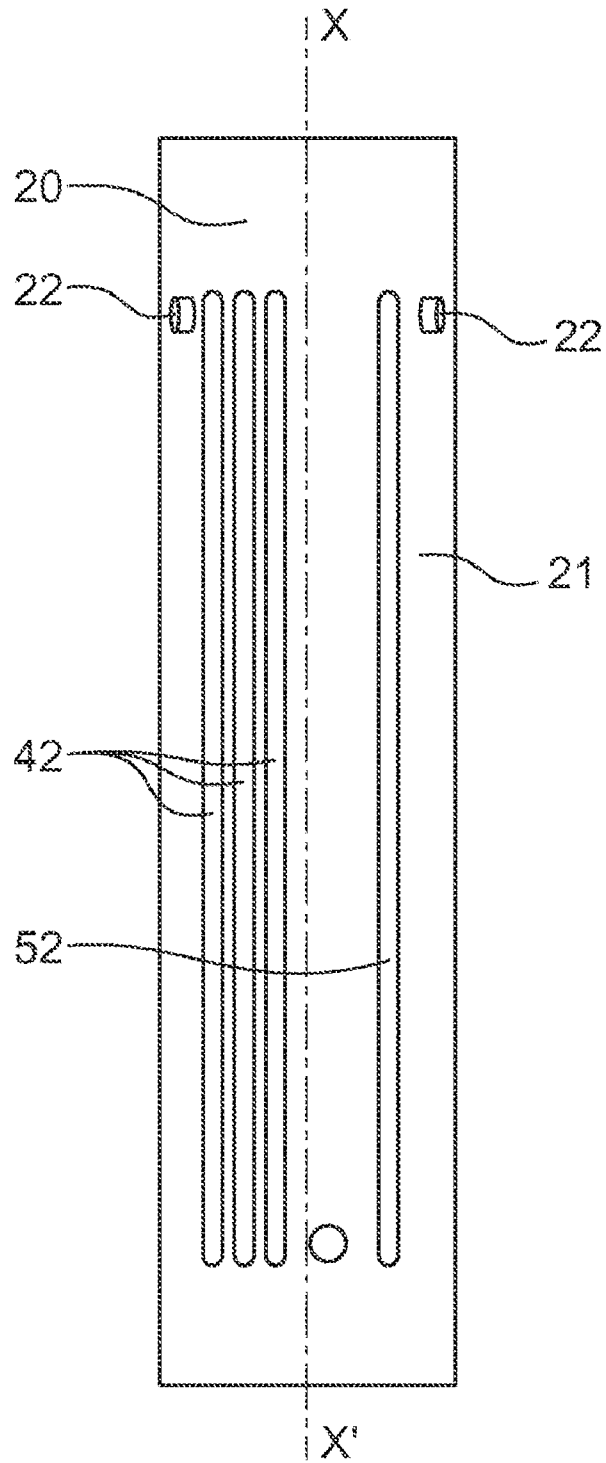


FIGURA 3

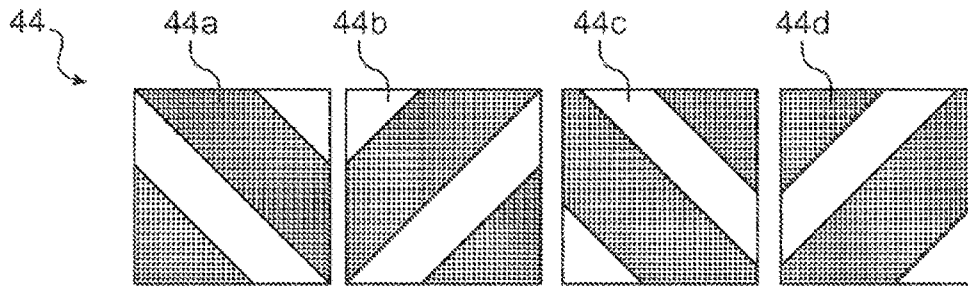


FIGURA 6

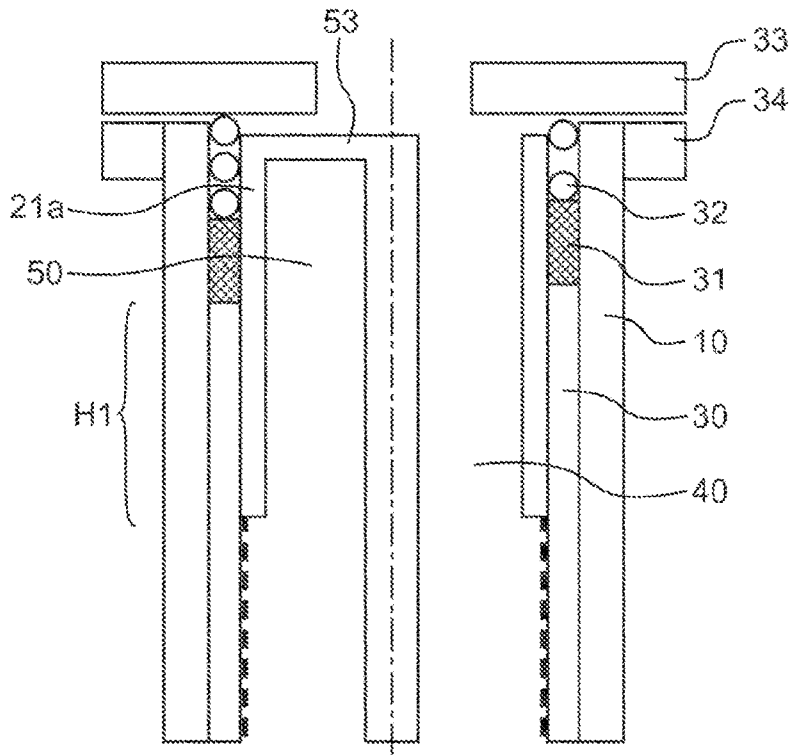


FIGURA 7

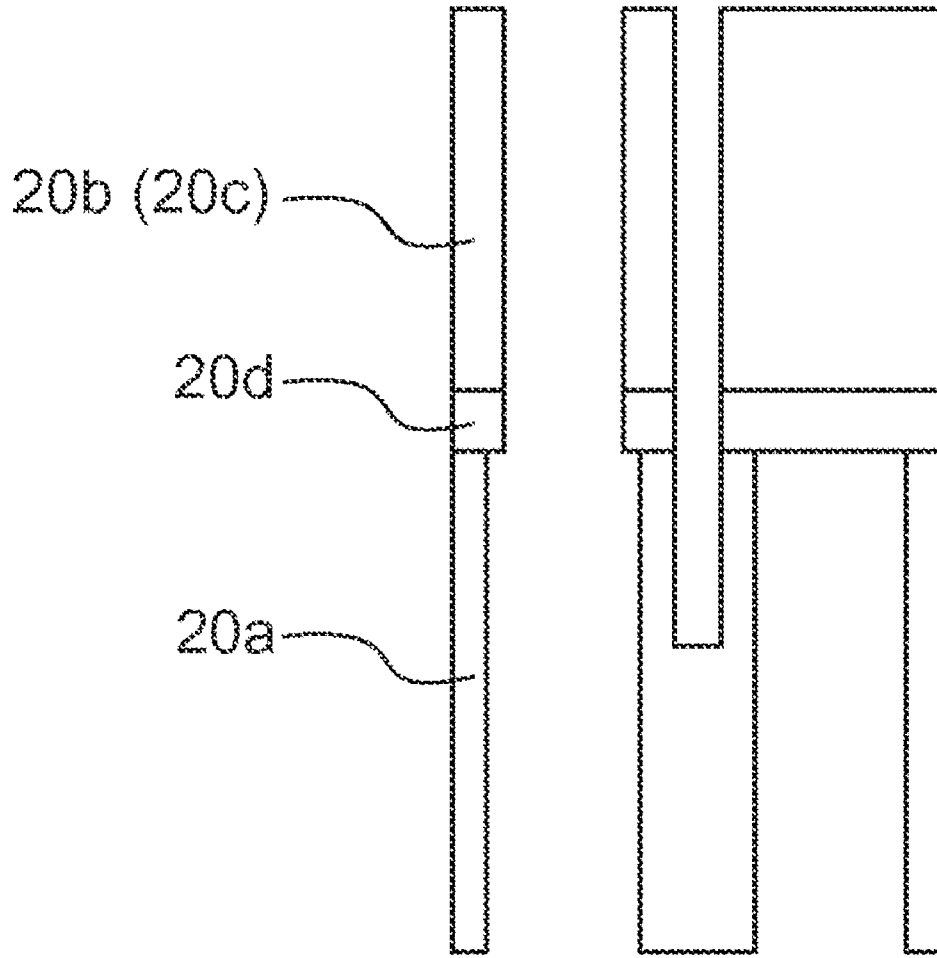


FIGURA 8