

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 554 293**

51 Int. Cl.:

B01D 3/00 (2006.01)

B01D 3/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.07.2012 E 12778402 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.09.2015 EP 2731694**

54 Título: **Bandeja de reactor de urea, reactor y proceso de producción**

30 Prioridad:

12.07.2011 IT MI20111299

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

17.12.2015

73 Titular/es:

**SAIPEM S.P.A. (100.0%)
Via Martiri di Cefalonia, 67
San Donato Milanese, IT**

72 Inventor/es:

**AVAGLIANO, UGO y
CARLESSI, LINO**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 554 293 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

Bandeja de reactor de urea, reactor y proceso de producción

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a una bandeja de reactor de urea, reactor y proceso de producción.

10 Antecedentes de la invención

Como es conocido, se produce industrialmente urea usando procesos por los que dióxido de carbono reacciona con amoníaco formando carbamato de amonio, que se descompone en urea y agua.

15 Por lo tanto, un reactor típico contiene una fase gaseosa y una fase líquida que fluyen en flujos paralelos dentro de una cámara de reacción presurizada.

La conversión de amoníaco y dióxido de carbono a carbonato de amonio y en último término a urea se mejora, a saber, para aumentar la producción de urea, usando reactores de bandeja.

20 Los reactores de urea de bandeja incluyen sustancialmente una envuelta normalmente cilíndrica, que se extiende sustancialmente a lo largo de un eje normalmente vertical, y está provista por dentro de elementos, es decir, bandejas, definidos por respectivas secciones de metal conformadas y/o perforadas para dividir la cámara de reacción en compartimentos y formar recorridos específicos para las sustancias dentro del reactor.

25 Las bandejas son normalmente perpendiculares al eje vertical del reactor, y están igualmente espaciadas a lo largo del eje en toda la altura del reactor.

Las bandejas están muy a menudo perforadas, es decir, tienen agujeros dispuestos de forma variada y posiblemente de formas y/o tamaños diferentes.

30 Las bandejas están diseñadas preferiblemente para la introducción a través del agujero de hombre del que los reactores están provistos normalmente, de modo que también se puedan montar en reactores existentes y/o quitarse y sustituirse. Por esa razón, las bandejas se hacen normalmente en varias partes que encajan conjuntamente.

35 Las bandejas tienen varias funciones, y en particular:

- maximizar el tiempo de retención de la fase ligera (más rápida);

40 - distribuir los reactivos lo más uniformemente posible a lo largo de la sección de reactor, para evitar 'mezcla hacia atrás';

- mejorar la mezcla de las fases gaseosa y líquida; y

45 - reducir el 'tamaño de burbuja' para mejorar la difusión del amoníaco en el dióxido de carbono.

Se conocen numerosos diseños y configuraciones de bandejas de reactor de urea.

50 Se describen reactores de urea con bandejas perforadas, por ejemplo, en EP495418, EP781164, US6444180 y US6165315.

Otros diseños de bandejas para otras aplicaciones se describen en US3070360 y US3222040 y US3922326.

55 Las configuraciones conocidas, en concreto las de los documentos anteriores específicamente diseñadas para producir urea, permiten de hecho incrementar la producción reduciendo la mezcla hacia atrás y las pérdidas de carga, asegurando una distribución sustancialmente uniforme de las fases ligera (gaseosa) y pesada (líquida) proporcionando recorridos preferentes para cada una de las dos fases, y permitiendo la mezcla no intrusiva (sin impacto) entre una bandeja y otra.

60 Sin embargo, las soluciones conocidas todavía son susceptibles de mejora.

65 En términos generales, las soluciones conocidas no proporcionan la mezcla completa de las fases ligera y pesada (que constan ambas de fluidos supercríticos), que, a causa de la diferencia de densidad, tienden a fluir a lo largo de recorridos preferentes separados definidos por el diseño y la disposición de las bandejas, y en particular por la forma, la posición y el tamaño de los agujeros en las bandejas.

Este inconveniente también deteriora la conversión final de los reactivos, reduciendo así la producción de urea.

Descripción de la invención

5 Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar una bandeja de reactor de urea, reactor, y proceso de producción diseñados para eliminar los inconvenientes anteriores de la técnica conocida, y que, en particular, realizan la mezcla completa de las fases gaseosa y líquida, y alta producción de urea.

10 Por lo tanto, la presente invención se refiere a una bandeja de reactor de urea sustancialmente como la definida en la reivindicación 1.

La presente invención también se refiere a un reactor de urea y un proceso de producción de urea sustancialmente como los definidos en las reivindicaciones 13 y 16, respectivamente.

15 Otras características preferentes de la invención se indican en las reivindicaciones dependientes.

20 La geometría de la bandeja de reactor según la presente invención proporciona una buena mezcla de las fases gaseosa y líquida en un reactor de urea y un proceso de producción de urea, aumentando así en gran medida la producción de urea.

La bandeja de reactor según la presente invención y el reactor en conjunto también son sumamente fáciles de producir y de instalar.

Breve descripción de los dibujos

25 Una realización no limitadora de la presente invención se describirá a modo de ejemplo con referencia a los dibujos acompañantes, en los que:

30 La figura 1 representa un esquema parcial de un reactor de urea según una primera realización de la invención.

La figura 2 representa un detalle en mayor escala del reactor de la figura 1.

La figura 3 representa una vista en planta superior del detalle de la figura 2.

35 Las figuras 4 y 5 muestran vistas esquemáticas en planta de dos bandejas utilizables en el reactor de la figura 1.

La figura 6 representa un esquema parcial de un reactor de urea según una segunda realización de la invención.

40 La figura 7 representa un detalle en mayor escala del reactor de la figura 6.

Mejor modo de llevar a la práctica la invención

La figura 1 representa una porción interior de un reactor de urea 1, en particular un reactor de bandeja.

45 El reactor 1 incluye una envuelta 2 que se extiende sustancialmente a lo largo de un eje vertical X y que define una cámara de reacción 3 dentro del reactor 1; y un número de bandejas 4 (solamente se representa una en la figura 1) alojadas dentro de la envuelta 2.

50 Por razones de sencillez, no se muestran otras partes componentes conocidas del reactor 1 no relativas a la presente invención, tales como sistemas de carga y descarga de reactivo y producto, sistemas de calentamiento y presurización, etc..

55 La envuelta 2 tiene una pared lateral, por ejemplo sustancialmente cilíndrica 5; y dos porciones de extremo (no representadas) en respectivos extremos axiales opuestos de la pared lateral 5.

Las bandejas 4 están montadas en la pared lateral 5, por ejemplo por medio de ménsulas 6 u otros soportes.

60 Aunque la figura 1 representa solamente una bandeja 4, el reactor 1 aloja un número de bandejas 4 sustancialmente perpendiculares y espaciadas a lo largo del eje X para dividir la cámara de reacción 3 en compartimientos 7 y definir recorridos para las sustancias dentro de la cámara de reacción 3.

Cada bandeja 4 incluye ventajosamente, aunque no necesariamente, un número de secciones modulares extraíbles 8 conectadas una a otra por dispositivos de sujeción apropiados 9.

65 Con referencia también a las figuras 2 y 3, cada bandeja 4 incluye una chapa base 10, por ejemplo en forma de un disco circular; y un número de elementos en forma de copa 11 que sobresalen hacia abajo de la chapa base 10.

Más específicamente, la chapa base 10 tiene una cara superior 13 y una cara inferior 14 opuestas una a otra y que, por ejemplo, son sustancialmente planas y paralelas.

5 La cara superior 13 tiene un número de aberturas 15 delimitadas por bordes respectivos 16 preferiblemente a nivel con la cara superior 13.

elementos en forma de copa 11 sobresalen hacia abajo de la cara inferior 14 de la chapa base 10.

10 Cada elemento en forma de copa 11 es hueco, se extiende verticalmente a lo largo de un eje A sustancialmente paralelo al eje X, define una cavidad interior sustancialmente cóncava 17 que comunica con una abertura respectiva 15, y se extiende axialmente entre un extremo superior abierto 21 con la abertura 15, y un extremo inferior cerrado 22.

15 Más específicamente, cada elemento en forma de copa 11 incluye una pared lateral 23, y una pared inferior 24.

En el ejemplo no limitador de las figuras 1 a 3, aunque no necesariamente, el elemento en forma de copa 11 es sustancialmente cilíndrico: la pared lateral 23 es sustancialmente cilíndrica y se extiende alrededor del eje A, y la pared inferior 24 es sustancialmente circular y perpendicular al eje A.

20 Sin embargo, los elementos en forma de copa 11 pueden estar conformados de forma diferente a los descritos e ilustrados a modo de ejemplo. Más específicamente, pueden tener paredes laterales 23 que se inclinen con respecto al eje A y/o distintas de las secciones transversales circulares (perpendiculares al eje A). En otras realizaciones no representadas, los elementos en forma de copa 11 pueden tener sustancialmente forma de cono truncado, forma de prisma, forma de pirámide truncada, etc, y/o tener secciones transversales de varias formas, por ejemplo
25 sustancialmente circulares o poligonales, y/o constantes o variables a lo largo del eje A. En contraposición a estar en el centro simétrico, como en el ejemplo representado, los elementos en forma de copa 11 pueden ser incluso alargados longitudinalmente a lo largo de un eje horizontal (perpendicular al eje A). Pueden tener, por ejemplo, una
30 forma en vista en planta que sea sustancialmente rectangular u oval o básicamente alargada; y las paredes laterales 23 pueden ser sustancialmente paralelas al eje A, o inclinadas de forma variada con respecto al eje A para definir, por ejemplo, un número de salientes paralelos o dispuestos de varias formas debajo de la cara inferior 14 de la chapa base 10.

35 En términos generales, sin embargo, cada elemento en forma de copa 11 tiene un extremo superior abierto 21 con una abertura 15; y un extremo inferior 22 cerrado por la pared inferior 24 sustancialmente sin agujeros, como se explica a continuación.

40 La posición de los elementos en forma de copa 11, y más específicamente del extremo abierto 21 y del extremo cerrado 22, se determina por la dirección de flujo normal de los fluidos de proceso dentro de la cámara de reacción 3. Como en la mayoría de los reactores para producir urea a partir de amoníaco y dióxido de carbono, los fluidos de proceso que circulan en el reactor 1 incluyen sustancialmente una fase gaseosa o denominada ligera, y una fase líquida o denominada pesada. Ambas fases fluyen sustancialmente hacia arriba.

45 En la dirección sustancialmente axial (paralela a los ejes A y X) sustancialmente correspondiente a la dirección de flujo de los fluidos de proceso dentro de la cámara de reacción 3, el extremo cerrado 22 de cada elemento en forma de copa 11 precede, por lo tanto, al extremo abierto 21.

Independientemente de su forma, la pared lateral 23 tiene agujeros de circulación pasantes 25 diseñados para
50 permitir el flujo pasante preferente de la fase líquida y/o gaseosa.

Por lo tanto, cada elemento en forma de copa 11 tiene agujeros de circulación 25 sustancialmente transversales al eje A, y que, en el ejemplo representado, son sustancialmente radiales con respecto al eje A.

55 Cada elemento en forma de copa 11 tiene agujeros 25 de diferentes tamaños, y más específicamente, tiene agujeros más pequeños 25A para flujo pasante de la fase gaseosa (ligera) en una zona superior 26 cerca del extremo superior abierto 21; y agujeros más grandes 25B para flujo pasante de la fase líquida (pesada) en una zona inferior 27 cerca del extremo inferior cerrado 22.

60 Los agujeros 25 pueden ser de cualquier forma, no necesariamente circulares. Por ejemplo, pueden ser circulares, poligonales, ovales, sustancialmente rectangulares, en forma de ranuras o hendiduras, etc.

65 En el ejemplo de la figura 2 (que representa una vista más detallada de los agujeros 25 que en el esquema de la figura 1), los agujeros 25 son circulares, y el elemento en forma de copa 11 incluye un primer grupo de agujeros 25A de diámetro D1 en la zona superior 26, y un segundo grupo de agujeros 25B de diámetro D2, mayor que el diámetro D1, en la zona inferior 27.

Los agujeros 25 en ambos grupos están preferiblemente igualmente espaciados en la pared lateral 23, y están dispuestos, por ejemplo, en un número de filas sucesivas igualmente espaciadas axialmente. Los agujeros 25 en las filas adyacentes pueden estar alineados (como representan los agujeros más grandes 25B) o decalados (como representan los agujeros más pequeños 25A).

A modo de ejemplo, los agujeros 25A en el primer grupo (más pequeños) tienen un diámetro D1 de aproximadamente 2-20 mm y preferiblemente de aproximadamente 2-4 mm; y los agujeros 25A en la fila superior en el grupo (es decir, la fila más próxima al extremo superior abierto 21 del elemento en forma de copa 11 y la cara 14 de la chapa base 10) están situados a una distancia de aproximadamente 1 mm o más, y preferiblemente de aproximadamente 15-30 mm, de la cara inferior 14 de la chapa base 10.

Las mediciones anteriores son puramente indicativas y, en el caso de agujeros distintos de los circulares 25, pueden referirse, en contraposición al diámetro de los agujeros, al diámetro equivalente o hidráulico, es decir, el diámetro que tendría una sección circular de la misma área.

Los agujeros 25A en el primer grupo están inclinados opcionalmente con respecto a la pared lateral 23 y, más específicamente, aproximadamente 30° hacia dentro y preferiblemente hacia abajo con respecto a la perpendicular a la pared lateral 23. Dicha inclinación no es de ningún modo vinculante, y los agujeros 25A se pueden inclinar incluso hacia arriba con respecto a la perpendicular a la pared lateral 23. La inclinación de los agujeros 25A también depende del grosor de la pared lateral 23, y sirve para asegurar sustancialmente y predominantemente que sólo la fase gaseosa fluya a través de los agujeros 25A, y la mezcla completa de las fases dentro del elemento en forma de copa 11.

Los agujeros 25B del segundo grupo (más grandes) tienen un diámetro D2 de aproximadamente 4-30 mm y preferiblemente de aproximadamente 4-8 mm; y la fila de agujeros 25B más próxima al extremo inferior 22 está situada a una distancia de 0 mm o más de la pared inferior 24 para asegurar el flujo pasante de la fase líquida.

La distancia de la chapa base 10 de la fila superior de los agujeros de fase gaseosa 25A (es decir, la fila cerca de la cara inferior 14 de la chapa base 10) es importante para asegurar la distribución uniforme de la fase gaseosa debajo de la bandeja 4, es decir, debajo de la cara inferior 14 de la chapa base 10, formando un "capuchón" de fase gaseosa uniforme.

En otros términos, en cada compartimiento 7, ambas fases gaseosa y líquida de los fluidos de proceso fluyen hacia arriba en una dirección sustancialmente axial (paralela al eje X), y la fase gaseosa (ligera) se acumula contra la cara inferior 14 de la bandeja 4 formando una parte superior de igual altura que la distancia entre la cara inferior 14 de la chapa base 10 y la fila superior de los agujeros 25A. Por lo tanto, la fase gaseosa fluye principalmente a través de los agujeros 25A en una dirección sustancialmente radial con respecto a los ejes A de los elementos en forma de copa 11, o a cualquier tasa sustancialmente transversal al eje vertical X del reactor 1. Al alcanzar una parte superior suficiente, la fase líquida más pesada también fluye a través de los agujeros 25B, más bajos que los agujeros 25A, en una dirección sustancialmente transversal al eje vertical X del reactor 1; y ambas fases líquida y gaseosa fluyen hacia arriba a lo largo de la cavidad 17, donde se mezclan localmente y fluyen a través de la abertura 15 al compartimiento siguiente 7.

Por lo tanto, en virtud de la geometría de la presente invención, los fluidos de proceso se hacen fluir, por los recorridos obligatorios definidos por los agujeros 25, radialmente a cada elemento en forma de copa 11, que, por lo tanto, actúa como una mezcladora local para asegurar la mezcla completa de las dos fases.

En los ejemplos no limitadores de las figuras 4 y 5, los elementos en forma de copa 11 (y las aberturas 15) están dispuestos en la chapa base 10 en una configuración regular, por ejemplo igualmente espaciados en una configuración de rejilla. Más específicamente, los elementos en forma de copa 11 están espaciados una distancia L de aproximadamente 1,5D o más, y preferiblemente de aproximadamente 2D a 5/2D (donde D es el diámetro de los elementos en forma de copa 11) para simplificar la fabricación de las secciones 8. En otras realizaciones no mostradas, los elementos en forma de copa 11 están dispuestos en la chapa base 10 en otras configuraciones, incluso irregulares, y/o con espaciaciones distintas de la representada.

A modo de ejemplo, el diámetro D de los elementos en forma de copa 11 es aproximadamente 20 mm o más, y preferiblemente de aproximadamente 100-160 mm.

Los elementos en forma de copa 11 son preferiblemente menos de 36 por metro cuadrado, y más preferiblemente son del rango de entre 12 y 18 por metro cuadrado, dependiendo del número de agujeros 25.

El número de agujeros 25 en los dos grupos (es decir, para las dos fases) se selecciona según el número de elementos en forma de copa 11 en la bandeja 4, que, a su vez, se selecciona según el diámetro y la posición de la bandeja 4 dentro del reactor 1. En términos generales, la geometría de la bandeja 4 (en particular, el tamaño y el número de agujeros 25 y el número de elementos en forma de copa 11) se selecciona de modo que la sección de flujo de fase gaseosa total (es decir, el área total de agujeros 25A) sea aproximadamente 0-20%, y preferiblemente

aproximadamente 0-4%, del área total de la bandeja 4, y la sección de flujo de fase líquida total (es decir, el área total de los agujeros 25B) sea aproximadamente 1-20%, y preferiblemente aproximadamente 1-5%, del área total de la bandeja 4, de nuevo dependiendo de la posición de la bandeja 4 dentro del reactor 1.

5 En términos generales, las secciones de flujo de fase gaseosa y líquida totales (es decir, las áreas totales de los agujeros 25A y 25B) varían dependiendo de la posición de la bandeja 4 dentro del reactor 1: las bandejas 4 a alturas diferentes dentro del reactor 1 puede tener, y preferiblemente tienen, diferentes secciones de flujo de fase gaseosa y líquida totales. Más específicamente, operando hacia arriba desde una bandeja 4 a la siguiente, la sección de flujo de fase gaseosa total disminuye (incluso a prácticamente cero en la bandeja superior 4), mientras que la sección de flujo de fase líquida total aumenta o permanece sustancialmente constante.

10 Para no crear recorridos preferentes para las dos fases, no hay agujeros de circulación, es decir, que permitan el flujo directo de fluido de un compartimiento 7 a otro, en la superficie de la bandeja 4 (es decir, de la chapa base 10) o en las paredes inferiores 24 de los elementos en forma de copa 11.

15 La superficie de la bandeja 4 y/o las paredes inferiores 24 de los elementos en forma de copa 11 pueden tener agujeros de estancamiento 28 para evitar la formación de cavidades de gas estancado que puedan dar lugar a corrosión. Los agujeros de estancamiento 28 (de los que solamente se representan algunos esquemáticamente en la figura 1) son de menor diámetro que ambos diámetros D1 y D2 de los agujeros de flujo de fase gaseosa y líquida 25, son preferiblemente de aproximadamente 2-3 mm de diámetro, y también son menos en número que los agujeros 25, aproximadamente en al menos un orden de magnitud, de nuevo para no crear recorridos de flujo preferentes.

20 Por lo tanto, la pared inferior 24 no tiene sustancialmente agujeros, en el sentido de que no tiene agujeros de circulación 25 (a través de los que los fluidos de proceso circulan preferiblemente), y solamente tiene agujeros de estancamiento opcionales 28. El término 'agujero de estancamiento' pretende significar un agujero que, en tamaño y/o posición, no forma un recorrido preferente de fase líquida o gaseosa con respecto a los agujeros de circulación.

25 Para implementar el proceso de producción de urea según la presente invención, se produce una reacción entre amoníaco y dióxido de carbono dentro del reactor 1 en condiciones apropiadas de presión y temperatura. Más específicamente, la fase líquida conteniendo amoníaco y la fase gaseosa conteniendo dióxido de carbono se hacen circular hacia arriba en la misma dirección dentro de la cámara de reacción 3 y a través de sucesivos compartimientos 7 separados por bandejas 4.

30 Como se ha indicado, en cada compartimiento 7, ambas fases líquida y gaseosa fluyen hacia arriba en una dirección sustancialmente axial (paralela al eje X) y se acumulan contra la cara inferior 14 de la bandeja 4; la fase gaseosa fluye a las cavidades 17 de los elementos en forma de copa 11 principalmente a través de los agujeros 25A, y la fase líquida a cavidades 17 principalmente a través de los agujeros 25B; y las dos fases se mezclan localmente dentro de las cavidades 17 y fluyen al compartimiento siguiente 7.

35 En la realización de las figuras 6 y 7, en la que los detalles similares o idénticos a los ya descritos se indican usando los mismos números de referencia, cada bandeja 4 incluye una chapa base 10; un número de primeros elementos en forma de copa inferiores 11 como se ha descrito con referencia a las figuras 1 a 3, y que sobresalen verticalmente hacia abajo de la chapa base 10 (es decir, de la cara inferior 14 de la chapa base 10); y un número de segundos elementos en forma de copa superiores 11A, que sobresalen hacia arriba de la chapa base 10 (es decir, de la cara superior 13 de la chapa base 10), y están alineados y superpuestos con/en respectivos primeros elementos en forma de copa 11.

40 Los elementos en forma de copa 11A también son huecos, y se extienden verticalmente a lo largo de ejes respectivos A sustancialmente paralelos al eje X. Más específicamente, cada elemento en forma de copa 11A se extiende, a lo largo del eje A, entre un extremo superior cerrado 31 situado sobre la chapa base 10, y un extremo inferior abierto 32 que comunica con la abertura 15, e incluye una pared lateral 33, que se extiende alrededor del eje A y tiene agujeros de circulación pasantes 25C sustancialmente transversales al eje A y situados sobre la chapa base 10; y una pared de extremo superior 34 sustancialmente perpendicular al eje A, y que cierra el extremo superior cerrado 31 y no tiene sustancialmente agujeros, es decir, no tiene agujeros de circulación.

45 En otros términos, los pares de elementos en forma de copa opuestos 11, 11A, superpuestos verticalmente a lo largo de los ejes A, sobresalen de la chapa base 10; y cada elemento inferior en forma de copa 11 y el respectivo elemento en forma de copa superior superpuesto 11A definen respectivas porciones 35, que sobresalen por debajo y por encima de la chapa base 10 respectivamente, de un cuerpo tubular 36 montado a través de una de las aberturas 15 en la chapa base 10.

50 Cada elemento en forma de copa 11A tiene una cavidad interior sustancialmente cóncava 37, que comunica con la abertura 15 y con una cavidad 17 del elemento en forma de copa 11 debajo.

55 Los agujeros 25C en la pared lateral 33 de cada elemento en forma de copa superior 11A son, por ejemplo,

5 similares o idénticos en forma y disposición a los agujeros de circulación de fase líquida predominantemente 25B del respectivo elemento en forma de copa inferior 11. Más específicamente, los agujeros 25C de cada elemento en forma de copa superior 11A tienen un área total (que define la sección de flujo total para ambas fases a través del elemento en forma de copa 11A) sustancialmente igual al área total de los agujeros 25B del elemento en forma de copa inferior correspondiente 11.

10 Por ejemplo, el tamaño de los agujeros 25C y el número de agujeros 25C y elementos en forma de copa 11A se seleccionan de modo que la sección de flujo total para ambas fases (es decir, el área total de los agujeros 25C) sea aproximadamente 1-20%, y preferiblemente aproximadamente 1-5%, del área total de la bandeja 4, dependiendo de la posición de la bandeja 4 dentro del reactor 1.

15 También en esta variante, se produce una reacción entre amoníaco y dióxido de carbono dentro del reactor 1 en condiciones apropiadas de presión y temperatura. Más específicamente, la fase líquida conteniendo amoníaco y la fase gaseosa conteniendo dióxido de carbono se hacen circular hacia arriba en la misma dirección dentro de la cámara de reacción 3 y a través de sucesivos compartimientos 7 separados por bandejas 4.

20 Como se ha indicado, en cada compartimiento 7, ambas fases líquida y gaseosa fluyen hacia arriba en una dirección sustancialmente axial (paralela al eje X) y se acumulan contra la cara inferior 14 de la bandeja 4; la fase gaseosa fluye a las cavidades 17 de los elementos en forma de copa 11 principalmente a través de los agujeros 25A, y la fase líquida a las cavidades 17 principalmente a través de los agujeros 25B; y las dos fases se mezclan localmente dentro de las cavidades 17.

25 Ambas fases fluyen hacia arriba en una dirección sustancialmente axial (vertical) dentro de los elementos en forma de copa 11, y a los elementos en forma de copa 11A alineados y superpuestos con/en respectivos elementos en forma de copa 11, y salen de los elementos en forma de copa 11A a través de los agujeros 25C, es decir, exclusivamente transversales a los ejes A, y al compartimiento siguiente 7.

30 También en esta variante, no hay agujeros de circulación, es decir, que permitan el flujo directo de un compartimiento 7 a otro, en la superficie de la bandeja 4 (es decir, de la chapa base 10) o en las paredes de extremo 24, 34 de los elementos en forma de copa 11, 11A, para no crear recorridos preferentes para la fase gaseosa y/o líquida.

35 La superficie de la bandeja 4 y/o las paredes inferiores 24 y/o las paredes de extremo 34 tienen agujeros de estancamiento opcionales 28 como se ha descrito anteriormente.

40 Las características adicionales indicadas anteriormente con referencia a las figuras 1-5, y relativas, por ejemplo, al tamaño y a la disposición de los agujeros de circulación y los elementos en forma de copa, también se aplican a la variante de las figuras 6 y 7.

REIVINDICACIONES

1. Una bandeja de reactor de urea (4) incluyendo al menos una chapa base (10); y un número de elementos en forma de copa huecos (11, 11A), que sobresalen verticalmente de la chapa base (10) a lo largo de respectivos ejes sustancialmente paralelos (A) perpendiculares a la chapa base (10), y tienen respectivas cavidades interiores sustancialmente cóncavas (17, 37) que comunican con respectivas aberturas (15) formadas en la chapa base (10); incluyendo la bandeja (4) un número de primeros elementos en forma de copa (11), que sobresalen hacia abajo de una cara inferior (14) de la chapa base (10) y cada uno de los cuales se extiende axialmente entre un extremo superior abierto (21) que tiene la abertura (15), y un extremo inferior cerrado (22); incluyendo cada primer elemento en forma de copa (11) una pared lateral (23) con agujeros de circulación pasantes (25) sustancialmente transversales al eje (A) y para flujo pasante preferente de una fase gaseosa y/o fase líquida; y una pared inferior (24) que cierra el extremo inferior cerrado (22) y no tiene agujeros de circulación; **caracterizándose** la bandeja (4) porque la pared lateral (23) de cada primer elemento en forma de copa (11) tiene primeros agujeros de circulación (25A) predominantemente para flujo pasante de una fase gaseosa, y segundos agujeros de circulación (25B) predominantemente para flujo pasante de una fase líquida, todos sustancialmente transversales al eje (A); estando situados los primeros agujeros (25A) más próximos al extremo superior abierto (21) que los segundos agujeros (25B), y siendo los primeros agujeros (25A) más pequeños que los segundos agujeros (25B).
2. Una bandeja de reactor según la reivindicación 1, donde los primeros agujeros (25A) están situados en una zona superior (26) del elemento en forma de copa (11), cerca del extremo superior abierto (21); y los segundos agujeros (25B) están situados en una zona inferior (27) del elemento en forma de copa (11), cerca del extremo inferior cerrado (22).
3. Una bandeja de reactor como la reivindicada en las reivindicaciones 1 o 2, donde los primeros agujeros (25A) tienen un diámetro (D1) de aproximadamente 2-20 mm y preferiblemente de aproximadamente 2-4 mm; y los segundos agujeros (25B) tienen un diámetro (D2) de aproximadamente 4-30 mm y preferiblemente de aproximadamente 4-8 mm.
4. Una bandeja de reactor como la reivindicada en una de las reivindicaciones anteriores, donde los primeros agujeros (25A) están dispuestos en una o varias filas axialmente sucesivas; y la fila más próxima al extremo superior abierto (21) está situada a una distancia de aproximadamente 1 mm o más, y preferiblemente de aproximadamente 15-20 mm, de una cara inferior (14) de la chapa base (10).
5. Una bandeja de reactor como la reivindicada en una de las reivindicaciones anteriores, donde los primeros agujeros (25A) se inclinan con respecto a la pared lateral (23).
6. Una bandeja de reactor como la reivindicada en una de las reivindicaciones anteriores, donde los segundos agujeros (25B) están dispuestos en una o varias filas axialmente sucesivas; y la fila cerca del extremo inferior cerrado (22) está situada a una distancia de 0 mm o más de la pared inferior (24).
7. Una bandeja de reactor como la reivindicada en una de las reivindicaciones anteriores, donde el tamaño y el número de los agujeros primero y segundo (25A, 25B) y el número de los primeros elementos en forma de copa (11) son tales que el área total de los primeros agujeros (25A) sea del rango de entre aproximadamente 0% y 20%, y preferiblemente de entre aproximadamente 0% y 4%, del área total de la bandeja (4), y el área total de los segundos agujeros (25B) es del rango de entre aproximadamente 1% y 20%, y preferiblemente de entre aproximadamente 1% y 5%, del área total de la bandeja (4).
8. Una bandeja de reactor como la reivindicada en una de las reivindicaciones anteriores, e incluyendo un número de segundos elementos en forma de copa (11A) alineados y superpuestos con/en respectivos primeros elementos en forma de copa (11), y que sobresalen hacia arriba de la chapa base (10) entre respectivos extremos superiores cerrados (31) sobre la chapa base (10), y respectivos extremos inferiores abiertos (32) que comunican con respectivas aberturas (15); incluyendo cada uno de los segundos elementos en forma de copa (11A) una pared lateral (33) con terceros agujeros de circulación pasantes (25C) sustancialmente transversales al eje (A) y situados sobre la chapa base (10); y una pared de extremo superior (34) sustancialmente perpendicular al eje (A), y que cierra el extremo superior cerrado (31) y no tiene agujeros de circulación.
9. Una bandeja de reactor según la reivindicación 8, donde cada primer elemento en forma de copa (11) y el respectivo segundo elemento en forma de copa superpuesto (11A) define respectivas porciones (35), que sobresalen debajo y encima de la chapa base (10), respectivamente, de un cuerpo tubular (36) montado a través de una de las aberturas (15) en la chapa base (10).
10. Una bandeja de reactor según la reivindicación 8 o 9, donde los terceros agujeros (25C) en la pared lateral (33) de cada segundo elemento en forma de copa (11A) son de forma y disposición similares o idénticas a los segundos agujeros (25B), para flujo predominantemente pasante de una fase líquida, en los primeros elementos en forma de copa (11).

11. Una bandeja de reactor como la reivindicada en una de las reivindicaciones anteriores, donde los elementos en forma de copa (11, 11A) son sustancialmente cilíndricos.
- 5 12. Una bandeja de reactor como la reivindicada en una de las reivindicaciones anteriores, donde los primeros y los segundos elementos en forma de copa (11, 11A) están dispuestos en la chapa base (10) en una configuración de rejilla, con una espaciación que es del orden de entre aproximadamente 2D y 5/2D, donde D es el diámetro de los primeros y los segundos elementos en forma de copa (11, 11A).
- 10 13. Un reactor de urea (1) incluyendo una envuelta (2) que se extiende sustancialmente a lo largo de un eje vertical (X) y que define una cámara de reacción (3); y un número de bandejas de reactor (4) alojadas en una relación espacial mutua dentro de la envuelta (2); **caracterizándose** el reactor (1) porque las bandejas (4) son como la reivindicada en una de las reivindicaciones anteriores.
- 15 14. Un reactor según la reivindicación 13, donde cada bandeja (4) se coloca con la chapa base (10) sustancialmente perpendicular al eje (X), y de modo que cada primer elemento en forma de copa (11) sobresalga hacia abajo de la chapa base (10), precediendo el extremo inferior cerrado (22) al extremo superior abierto (21) en la dirección vertical axial hacia arriba sustancialmente correspondiente a la dirección de flujo normal de los fluidos de proceso dentro de la cámara de reacción (3).
- 20 15. Un reactor según la reivindicación 13 o 14, donde bandejas (4) a alturas diferentes a lo largo del eje (X) tienen respectivos primeros agujeros (25A) y segundos agujeros (25B), predominantemente para flujo pasante de una fase gaseosa y fase líquida respectivamente, cuyas áreas totales, que definen respectivas secciones de flujo totales para la fase gaseosa y fase líquida, difieren según la posición de la bandeja (4) dentro del reactor (1); y donde el área total de los primeros agujeros (25A) disminuye hacia arriba de una bandeja (4) a otra, y el área total de los segundos agujeros (25B) aumenta hacia arriba de una bandeja (4) a otra.
- 25 16. Un proceso de producción de urea incluyendo el paso de: producir una reacción entre amoníaco y dióxido de carbono dentro de un reactor (1) alimentando una fase líquida conteniendo amoníaco y una fase gaseosa conteniendo dióxido de carbono en la misma dirección hacia arriba dentro del reactor y a través de compartimientos (7) separados por bandejas (4); fluyendo la fase gaseosa y fase líquida desde un compartimiento (7) al siguiente a través de agujeros transversales (25) formados a través de paredes laterales (23) de un número de primeros elementos de huecos en forma de copa (11) que sobresalen hacia abajo de cada bandeja (4) a lo largo de ejes respectivos (A) y entre respectivos extremos abiertos superiores (21) y respectivos extremos inferiores cerrados (22); teniendo dichos primeros elementos en forma de copa (11) respectivos extremos inferiores (22) cerrados por paredes inferiores (24) sin agujeros, de modo que dichas fases fluyan a través de dichos agujeros transversales (25) a cada primer elemento en forma de copa (11) exclusivamente en una dirección transversal a los ejes (A); **caracterizándose** el proceso por incluir los pasos de:
- 30 - alimentar la fase gaseosa predominantemente a través de primeros agujeros (25A) formados a través de las paredes laterales (23) de los primeros elementos en forma de copa (11);
- 35 - alimentar la fase líquida predominantemente a través de segundos agujeros (25B) también formados a través de las paredes laterales (23) de los primeros elementos en forma de copa (11) y situados más bajos que los primeros agujeros (25A) a través de las paredes laterales (23); donde los primeros agujeros (25A) son más pequeños que los segundos agujeros (25B).
- 40 17. Un proceso según la reivindicación 16, donde los primeros agujeros (25A) tienen un diámetro (D1) de aproximadamente 2-20 mm y preferiblemente de aproximadamente 2-4 mm; y los segundos agujeros (25B) tienen un diámetro (D2) de aproximadamente 4-30 mm y preferiblemente de aproximadamente 4-8 mm.
- 45 18. Un proceso según una de las reivindicaciones 16 o 17, donde los primeros agujeros (25A) están dispuestos en una o varias filas axialmente sucesivas; y la fila más próxima al extremo superior abierto (21) está situada a una distancia de aproximadamente 1 mm o más, y preferiblemente de aproximadamente 15-20 mm, de una cara inferior (14) de la chapa base (10).
- 50 19. Un proceso según una de las reivindicaciones 16 a 18, donde los primeros agujeros (25A) se inclinan con respecto a la pared lateral (23).
- 55 20. Un proceso según una de las reivindicaciones 16 a 19, donde los segundos agujeros (25B) están dispuestos en una o varias filas axialmente sucesivas; y la fila cerca del extremo inferior cerrado (22) está situada a una distancia de 0 mm o más de la pared inferior (24).
- 60 21. Un proceso según una de las reivindicaciones 16 a 20, donde el tamaño y el número de los agujeros primero y segundo (25A, 25B) y el número de primeros elementos en forma de copa (11) son tales que el área total de los primeros agujeros (25A) sea del rango de entre aproximadamente 0% y 20%, y preferiblemente de entre aproximadamente 0% y 4%, del área total de la bandeja (4), y el área total de los segundos agujeros (25B) es del
- 65

rango de entre aproximadamente 1% y 20%, y preferiblemente de entre aproximadamente 1% y 5%, del área total de la bandeja (4).

5 22. Un proceso según la reivindicación 21, donde bandejas (4) a alturas diferentes a lo largo del eje (X) tienen diferentes áreas totales de los primeros agujeros (25A) y segundos agujeros (25B), y por lo tanto diferentes secciones de flujo totales para la fase gaseosa y la fase líquida; y donde el área total de los primeros agujeros (25A) disminuye hacia arriba de una bandeja (4) a otra, y el área total de los segundos agujeros (25B) aumenta hacia arriba de una bandeja (4) a otra.

10 23. Un proceso según una de las reivindicaciones 16 a 22, donde, después de fluir a dichos primeros elementos en forma de copa (11), la fase gaseosa y fase líquida fluyen hacia arriba a segundos elementos en forma de copa (11A) alineados y superpuestos con/en respectivos primeros elementos en forma de copa (11); teniendo dichos segundos
15 elementos en forma de copa (11A) respectivos extremos superiores (31) cerrados por paredes de extremo (34) sin agujeros, y teniendo terceros agujeros pasantes (25C) sustancialmente transversales a los ejes (A) y situados sobre la chapa base (10), de modo que dichas fases salgan de los segundos elementos en forma de copa (11A) exclusivamente en una dirección transversal a los ejes (A).

FIG. 1

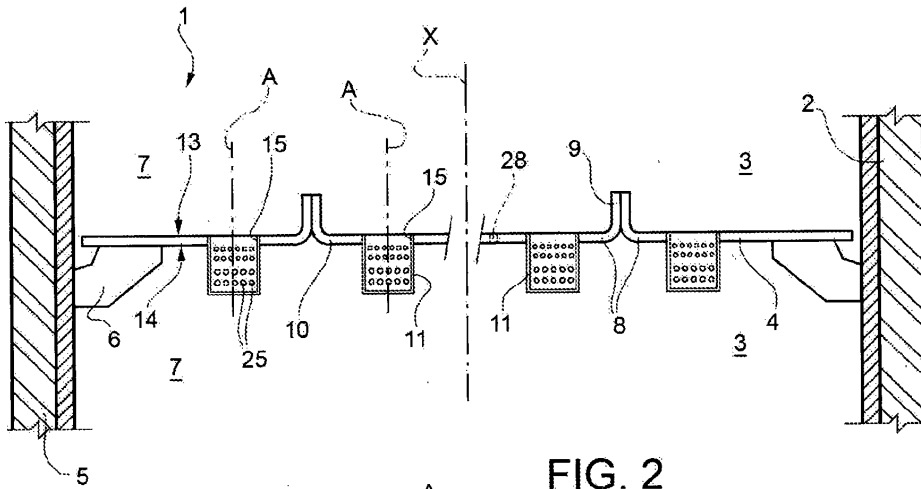


FIG. 2

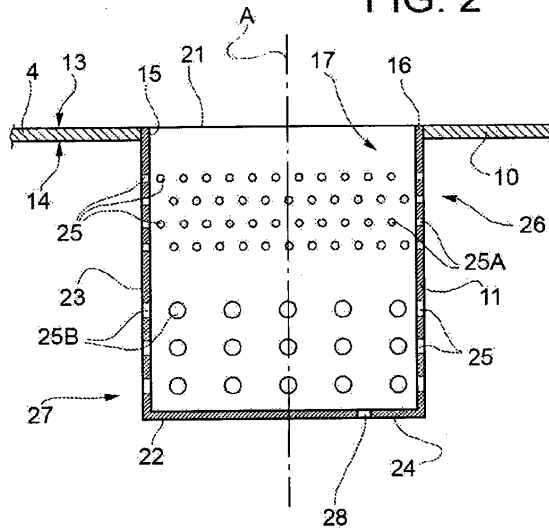


FIG. 3

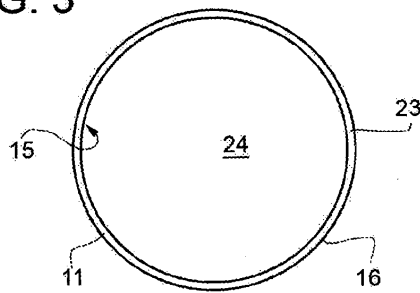


FIG. 4

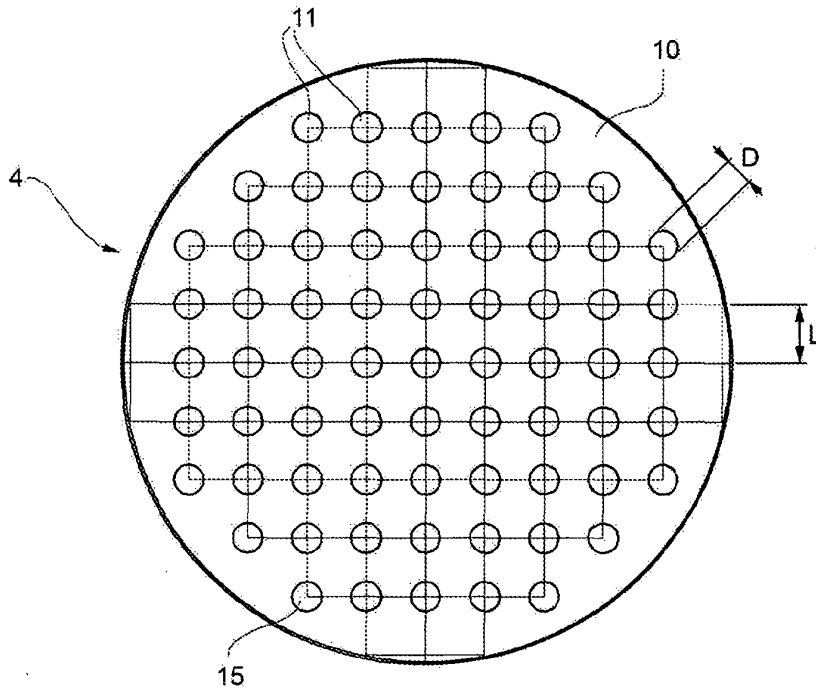


FIG. 5

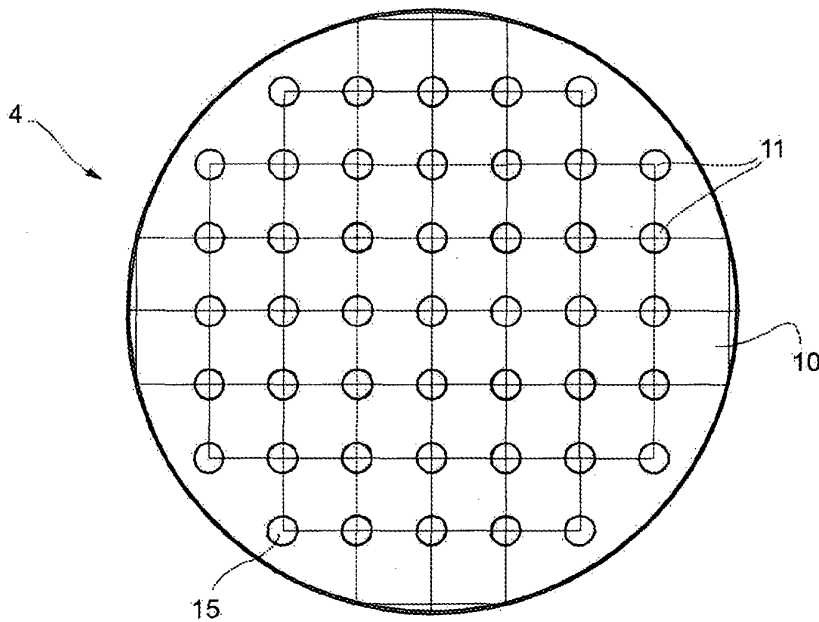


FIG. 6

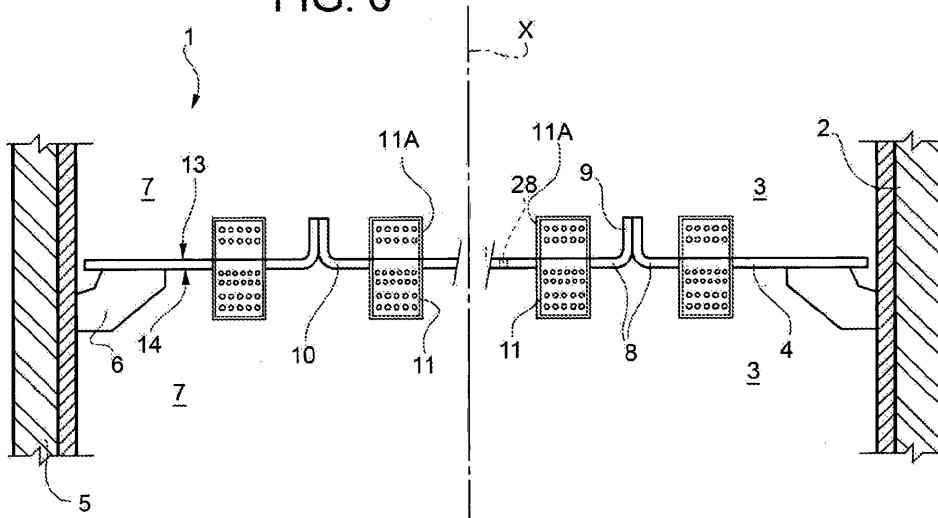


FIG. 7

