

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 535 187**

51 Int. Cl.:

B01F 3/04 (2006.01)

B01F 5/04 (2006.01)

B01F 5/06 (2006.01)

B01F 13/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.05.2011** **E 11723393 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.01.2015** **EP 2608875**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para la dispersión de gas**

30 Prioridad:

24.08.2010 DE 102010039700

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

06.05.2015

73 Titular/es:

**BAYER INTELLECTUAL PROPERTY GMBH
(100.0%)**

**Alfred-Nobel-Str. 10
40789 Monheim, DE**

72 Inventor/es:

**HEPPERLE, JENS;
KIRCHHOFF, JÖRG y
KOHLGRÜBER, KLEMENS**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 535 187 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

Dispositivo y procedimiento para la dispersión de gas

La presente invención se refiere a un dispositivo y un procedimiento para la dispersión de gas en un líquido.

5 La dispersión de gases en medios líquidos encuentra extensa aplicación en la industria química, por ejemplo, en hidrogenaciones, cloraciones u oxidaciones. En fermentaciones y en la depuración aerobia de aguas residuales, la aportación de oxígeno tiene una importancia fundamental. También en la generación de espuma ocurre una dispersión de gas en un medio líquido. En la técnica alimentaria, los gases son dispersados en líquidos altamente viscosos, a fin de producir, por ejemplo, cremas, gomaespuma o chocolate con una estructura porosa rellena con aire (por ejemplo, como se describe en el documento WO 02/13618 A2).

10 El objetivo de una dispersión de gas consiste en la inclusión de gas en un fluido, preferentemente en forma de burbujas tan pequeñas como sea posible, a fin de producir una físico de límite tan grande como sea posible entre la fase gaseosa y la fase líquida. Mientras mayor sea la superficie límite entre las fases, mayor será el transporte de materia entre el gas y el líquido de acuerdo con la primera ley de Fick.

A este respecto, la dispersión del gas con frecuencia se realiza en dos etapas:

- 15 1. Inclusión del gas en el líquido en forma de burbujas
2. División de las burbujas

20 La forma de inclusión, generalmente por medio de toberas, fritas o chapas agujereadas, determina la distribución de tamaños de las burbujas primarias. En el artículo "Gasdispersion in Flüssigkeiten durch Düsen bei hohen Durchsätzen" (Dispersión de gas en líquidos a través de toberas de gran caudal), Chemie-Ingenieur-Technik, 28ª generación 1956, N° 6, páginas 389 - 395, se describe, por ejemplo, qué influencia tienen parámetros tales como la anchura de la tobera, el caudal de gas, la viscosidad y la atención interface al sobre la distribución de tamaño de las burbujas de gas que se forman durante la inyección de un chorro de gas en un líquido a través de una tobera.

25 La división de las burbujas puede realizarse, por ejemplo, por medio de un mezclador dinámico o estático. Mientras que en los mezcladores dinámicos la homogenización de una mezcla se logra mediante órganos móviles, por ejemplo agitadores, en los mezcladores estáticos se aprovecha la energía de flujo del fluido: una unidad transportadora (por ejemplo, una bomba) empuja el líquido a través de un tubo dotado con deflectores mezcladores estáticos, en donde el líquido sigue la dirección del eje de corriente principal es dividido en corrientes parciales, que dependiendo del tipo de deflectores instalados son estirados, cizallados, arremolinados y mezclados entre sí. La ventaja en el uso de mezcladores estáticos consiste, entre otras cosas, en que no existen piezas móviles.

30 Un resumen de los diferentes tipos de mezcladores estáticos se ofrece, por ejemplo, en el artículo "Statische Mischer und ihre Anwendungen" (Mezcladores estáticos y sus aplicaciones), M. H. Pahl y E. Muschelknautz, Chem.-Ing.-Techn. 52 (1980) N° 4, páginas 285-291. Como ejemplos de mezcladores estáticos se pueden mencionar los mezcladores SMX (véase el documento de patente US 4062524) o los mezcladores SMXL (véase, por ejemplo, el documento de patente US 5520460). Los mismos están formados por dos o más rejillas perpendiculares entre sí de tiras de chapa paralelas que están unidas entre sí en sus puntos de intersección y están posicionadas en un ángulo contra de la dirección de flujo principal del material a ser mezclado, a fin de dividir el líquido en corrientes parciales y mezclarlo. Un solo elemento mezclador individual resulta inapropiado como mezclador, debido a que el entremezclado sólo ocurre a lo largo de una dirección preferente, transversal a la dirección principal de la corriente. Por esta razón, normalmente se disponen de forma sucesiva varios elementos mezcladores, que respectivamente están girados entre sí por 90°.

35 Es conocido el uso de mezcladores estáticos para la dispersión de gas en un líquido. En el documento WO 2005/103115A1 se describe, por ejemplo, el uso de un mezclador estático en un procedimiento para la fabricación de policarbonato de acuerdo con el procedimiento de transesterificación. Para remover los monómeros y otros componentes volátiles del policarbonato, se añade un agente espumante a la masa fundida de polímero. Mediante una reducción subsiguiente de la presión, el agente espumante se escapa bajo espumación de la masa fundida. La espuma produce un fuerte agrandamiento de la superficie que es ventajoso para la desgasificación, es decir, la eliminación de componentes volátiles. Como agente espumante se usa preferentemente un gas inerte, por ejemplo nitrógeno, que se introduce y dispersa en la masa fundida por medio de un mezclador estático, por ejemplo, un mezclador SMX.

40 50 En los documentos US 2005/0094482A1 y US 5480589 se describen mezcladores estáticos para la dispersión de gases para la producción de espumas de alveolos cerrados. Allí no se describe una construcción escalonada para aumentar la eficiencia de la dispersión del gas.

Para la dispersión de gas en un líquido, generalmente se requieren mayores longitudes de mezcladores que he para la dispersión de líquidos.

55 El documento US-A-5 605 399 desvela un dispositivo de acuerdo con el término genérico de la reivindicación 1.

Partiendo del estado de la técnica, se plantea el objetivo de crear un dispositivo y un procedimiento para la dispersión de gas en un líquido, para permitir una dispersión más eficiente del gas que lo que es posible de acuerdo con el estado de la técnica previamente descrito. En comparación con el estado de la técnica, con la misma duración de mezclado se quiere lograr un tamaño medio de burbuja más pequeño en la salida del mezclador.
 5 Alternativamente, con la misma pérdida de carga a lo largo del mezclador entero se quiere lograr un tamaño de burbujas medio más pequeño en la salida del mezclador.

De manera sorprendente se ha encontrado que un mezclador estático, en el que en la dirección de flujo existe una aportación de energía específica creciente, dispone de un efecto de dispersión particularmente eficaz. Con un mezclador de este tipo es posible producir burbujas de gas más pequeñas con una pérdida de carga total comparable, en comparación con un mezclador estático en el que la aportación de energía permanece constante a lo largo de la longitud del mezclador. Asimismo, mediante un mezclador de este tipo también es posible producir burbujas de gas más pequeñas con una longitud total igual del mezclador, en comparación con un mezclador estático en el que la aportación de energía permanece constante a lo largo de la longitud del mezclador.
 10

Por lo tanto, un primer objeto de la presente invención es un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 para la dispersión de gas en un líquido con un número n de zonas consecutivas Z_1, Z_2, \dots, Z_n con elementos mezcladores estáticos, en donde cada zona Z_i presenta una longitud L_i y un diámetro efectivo D_i , caracterizado porque las diferentes zonas están realizadas de tal manera que la aportación de energía mecánica E_i normalizada con respecto a la respectiva relación L_i/D_i , que actúa sobre la mezcla de gas-líquido, aumenta en la dirección de flujo de zona a zona, en donde n es un número entero mayor o igual que 3 e i es un índice que comprende los números enteros desde 1 hasta el número n en las zonas.
 15
 20

Un objeto adicional de la presente invención es un procedimiento para la dispersión de gas en un líquido, en donde el gas y el líquido son transportados conjuntamente a través de un dispositivo mezclador y pasan allí por un número n zonas consecutivas Z_1, Z_2, \dots, Z_n con elementos mezcladores estáticos, en donde cada zona Z_i presenta una longitud L_i y un diámetro efectivo D_i , caracterizado porque las diferentes zonas están realizadas de tal manera que la aportación de energía mecánica E_i normalizada con respecto a la respectiva relación L_i/D_i , que actúa sobre la mezcla de gas-líquido, aumenta en la dirección de flujo de zona en zona, en donde n es un número entero mayor o igual que 3 e i es un índice que comprende los números enteros desde 1 hasta el número n en las zonas.
 25

Bajo líquido se entiende aquí en general un medio que puede ser transportado a través del dispositivo de acuerdo con la invención. A este respecto, también se puede tratar, por ejemplo, de una masa fundida o una dispersión (por ejemplo, emulsión o suspensión). En lo siguiente también se emplea el término fluido. A este respecto, el fluido preferentemente es de mayor viscosidad, es decir, presenta una viscosidad entre 2 mPas y 10.000.000 mPas, de manera particularmente preferente entre 1000 mPas y 1.000.000 mPas (medido en un disco si metro de cono-placa de acuerdo con la norma DIN 53019 con un gradiente de cizallamiento de 1 s^{-1}).
 30

Para dispersar un gas o una mezcla de gas en el fluido, se introduce energía mecánica en la mezcla. Esta aportación de energía es realizada por elementos mezcladores estáticos. En la tecnología de mezcla es común el uso de sistemas modulares. Un mezclador se compone de una serie de elementos mezcladores modulares. Para aumentar el efecto de mezclado, se puede incrementar el número de elementos mezcladores en un mezclador. Normalmente, los elementos mezcladores para la formación de un mezclador estático se introducen en un tubo. Cabe señalar que la presente invención no está limitada a mezcladores que se componen de una disposición de elementos mezcladores modulares, sino que también encuentra aplicación en mezcladores con una forma constructiva compacta.
 35
 40

El dispositivo de acuerdo con la invención se caracteriza porque dispone de un número n de zonas mutuamente adyacentes, en donde n es un número entero mayor o igual que he 3. En cada zona existen elementos mezcladores estáticos. Cada zona Z_i presenta una longitud L_i y una superficie de sección transversal A_i . A este respecto, i es un índice que comprende los números enteros desde 1 hasta el número n en las zonas. La longitud L_i de una zona Z_i corresponde a la longitud de los elementos mezcladores dispuestos de manera consecutiva en esta zona; la superficie de sección transversal A_i corresponde a la superficie de sección transversal de los elementos mezcladores existentes en la zona Z_i .
 45

A partir de la superficie de sección transversal A_i se puede calcular un diámetro efectivo D_i de acuerdo con la ecuación 1:
 50

$$D_i = \sqrt{\frac{4A_i}{\pi}} \quad (1)$$

El diámetro efectivo D_i con una sección transversal de forma circular corresponde al diámetro del círculo. Con una sección transversal de forma no circular (por ejemplo, rectangular), el diámetro efectivo D_i corresponde al diámetro de un círculo con una superficie que corresponde a la superficie de sección transversal.

La relación L_i/D_i es un número característico para la respectiva zona Z_i .

Un elemento mezclador dispone de estructuras interiores y canales entre dichas estructuras. Cuando un fluido es transportado por un elemento mezclador, las estructuras y canales hacen que el fluido se divida en corrientes parciales, se distribuya, se someta a fuerzas de cizallamiento y, dado el caso, se arremoline, de tal manera que las corrientes parciales se mezclan entre sí. El diámetro medio de un canal se abrevia en lo subsiguiente con la letra d_i . Bajo un diámetro de canal medio d_i se entiende el diámetro de canal efectivo promediado aritméticamente sobre todos los canales, en donde el diámetro de canal efectivo se puede calcular de manera análoga al diámetro efectivo De una zona Z_i de acuerdo con la ecuación 1.

$$d_i = \sqrt{\frac{4a_i}{\pi}} \quad (2)$$

La relación d_i/D_i entre el diámetro de canal medio d_i y el diámetro de canal efectivo D_i de los elementos mezcladores en una zona Z_i es igualmente un número característico para la respectiva zona Z_i . A este respecto, el parámetro a_i designa a la superficie de sección transversal abierta, más exactamente la superficie de proyección de la sección transversal libre. De esta manera, por ejemplo, en la Fig. 1a la superficie de sección transversal abierta a_i resulta de la suma de las superficies de proyección de las distintas superficies de sección transversal libres de los canales abiertos, a través de los que puede fluir el fluido (ecuación 3).

$$a_i = \sum_{m=1}^N b_{i,m} \cdot w_{i,m} \quad (3)$$

A este respecto, el parámetro m es un parámetro de conteo, N es el número de diferentes superficies de sección transversal libres.

Los mezcladores estáticos empleados para la dispersión de gas de acuerdo con el estado de la técnica disponen de insertos deflectores mezcladores que permanecen iguales a lo largo de la longitud del mezclador. En este caso sólo existe una única zona, cuya longitud L corresponde a la longitud del mezclador y su diámetro efectivo D corresponde al diámetro efectivo del mezclador. Para aumentar el efecto de dispersión de un mezclador de este tipo, es posible incrementar, por ejemplo, la longitud L . Junto con la longitud del mezclador aumenta de manera lineal la pérdida de carga Δp a lo largo del mezclador. La aportación de energía mecánica E_{abs} de acuerdo con la ecuación (4) es proporcional a la pérdida de carga, en donde V es el flujo volumétrico del fluido.

$$E_{abs} = \Delta p \cdot \dot{V} \quad (4)$$

La pérdida de carga Δp y por ende la aportación de energía mecánica se puede incrementar de igual manera a través de una reducción del diámetro efectivo D .

El dispositivo de acuerdo con la presente invención se caracteriza por un número n de zonas. Cada zona Z_i está caracterizada por una aportación de energía mecánica específica E_i que se introduce en un fluido que pasa por la respectiva zona. La aportación de energía mecánica específica E_i es la aportación de energía mecánica E_{abs} normalizada al número característico L_i/D_i . A este respecto, de acuerdo con la presente invención se tiene que $E_1 < E_2 < \dots < E_n$.

$$E = \frac{E_{abs} \cdot D}{L} \quad (5)$$

El número n de zonas en un dispositivo de acuerdo con la invención no está limitado. El mismo puede tender a infinito, si las zonas se devuelven infinitesimalmente pequeñas y si existe una aportación de energía específica continuamente creciente a lo largo de la longitud del dispositivo, tal como podría ser el caso, por ejemplo, en un tubo

que se va estrechando cónicamente.

Es imaginable que delante o detrás de las zonas Z_1 a Z_n existan zonas adicionales que presenten aportaciones de energía específica libremente seleccionables.

5 Así, una forma de realización particularmente preferente del dispositivo de acuerdo con la invención está caracterizado porque existe una primera zona Z_0 que suministra una mayor aportación de energía específica que la zona Z_1 ($E_0 > E_1$) siguiente en la dirección del flujo. De acuerdo con la invención, a la zona Z_1 siguen otras zonas Z_2 a Z_n , en donde para las correspondientes aportaciones de energía específicas E_1 a E_n rige que: $E_1 < E_2 < \dots < E_n$.

10 De manera sorprendente se ha determinado que con semejante disposición de zonas a través de la zona Z_0 se generan burbujas primarias que en las zonas siguientes presentan una tendencia menos fuerte a la coalescencia y por lo tanto se logra una dispersión más eficaz.

En una forma de realización preferente, el dispositivo de acuerdo con la invención dispone de un número n de zonas de mezcla que se encuentran dispuestas consecutivamente, en donde el diámetro de canal medio d_i en las zonas de mezcla se va reduciendo en la dirección de flujo. Con canales más pequeños se produce una mayor pérdida de carga por longitud, siendo la misma de importancia equivalente a una aportación de energía específica creciente.

15 Preferentemente, esta forma de realización comprende un tubo cilíndrico, en el que se insertan elementos mezcladores. A este respecto, el diámetro efectivo D_i de los elementos mezcladores preferentemente permanece constante a lo largo de la longitud entera del tubo, mientras que el diámetro de canal medio d_i se va reduciendo en zonas consecutivas en la dirección de flujo. Rige que $D_1 = D_2 = \dots = D_n$ y $d_1 > d_2 > \dots > d_n$.

20 Preferentemente se usan elementos mezcladores del mismo tipo, por ejemplo, mezcladores SMX con diferentes números característicos d/D .

El dispositivo de acuerdo con la invención dispone de una disposición de elementos mezcladores, que en la dirección de flujo con una relación constante d/D_i presentan un diámetro efectivo D_i progresivamente más pequeño.

25 Rige que $\frac{d_1}{D_1} = \frac{d_2}{D_2} = \frac{d_i}{D_i} \dots = \frac{d_n}{D_n}$ y $D_1 < D_2 < \dots < D_n$.

Preferentemente, esta forma de realización comprende un tubo cilíndrico en el que se insertan elementos mezcladores que en la dirección de flujo tienen un diámetro efectivo D_i progresivamente más pequeño.

30 Los elementos mezcladores, cuyo diámetro exterior es más pequeño que el diámetro interior del tubo, preferentemente están encerrados por un tubo envolvente, cuyo diámetro exterior corresponde aproximadamente al diámetro interior del tubo, para que puedan ser introducidos de manera ajustada en el tubo. En los puntos de transición de un elemento mezclador con un diámetro mayor a un elemento mezclador con un diámetro menor existen preferentemente tubos envolventes de transición, que presentan un diámetro interior que se va reduciendo cónicamente a un diámetro pequeño en la dirección del elemento mezclador. Estos tubos envolventes de transición pueden estar unidos en una sola pieza con los tubos envolventes, o también pueden estar realizados de manera separada.

35 En otra forma de realización preferente adicional, el dispositivo de acuerdo con la invención dispone en cada zona Z_i de una disposición de elementos mezcladores de diferente tipo, que con una misma relación L_i/D_i producen en la dirección de flujo en cada zona Z_i una creciente pérdida de carga.

40 Preferentemente, los elementos mezcladores se introducen en un tubo cilíndrico. Los mismos presentan preferentemente el mismo diámetro efectivo D_i .

45 Si los diámetros exteriores de los tipos de elementos mezcladores varían, es concebible encerrar aquellos elementos mezcladores, cuyo diámetro exterior sea más pequeño que el diámetro interior del tubo, con un tubo envolvente o anillo, cuyo diámetro exterior corresponda aproximadamente al diámetro interior del tubo, a fin de que puedan ser introducidos de manera ajustada en el tubo. También el uso previamente descrito de tubos envolventes de transición es ventajoso en este caso.

Es concebible combinar entre sí las distintas formas de realización enumeradas.

El dispositivo de acuerdo con la invención es apropiado para la dispersión de gas en un líquido, por ejemplo, para introducir un gas portador en una masa fundida de polímero o para la espumación de medios líquidos.

50 El gas puede ser añadido mediante pequeños tubos o capilares delgados que preferentemente en se encuentran dispuestos en la dirección de flujo delante de la cascada de mezcladores estáticos. Adicionalmente, el gas también puede ser añadido a través de un cuerpo poroso. Un cuerpo poroso puede comprender, por ejemplo, las siguientes geometrías: una frita y/o un cuerpo sinterizado poroso y/o un tamiz de una o varias capas.

El cuerpo poroso está realizado, por ejemplo, en forma de un cilindro, en forma de un cuadrado, una bola o un dado, o con una forma cónica, por ejemplo, en forma de cono. Estos dispositivos producen una dispersión previa fina del gas y, dado el caso, también una distribución del gas sobre la sección transversal.

5 Los capilares o los cuerpos porosos, respectivamente, presentan un diámetro interior de agujero efectivo medio de aproximadamente 0,1-500 μm , preferentemente 1-200 μm , de manera particularmente preferente 10-90 μm .

10 Como cuerpos porosos se pueden usar, por ejemplo, cuerpos sinterizados porosos de metal, tales como cuerpos fritados, que se usan en la cromatografía, por ejemplo, los cuerpos sinterizados de la empresa Mott Corporation (Farmington, EE.UU.). Adicionalmente, se pueden usar tejidos de alambre arrollados, por ejemplo, los tejidos de alambre arrollados de la empresa Fuji Filter Manufacturing Co., Ltd. (Tokio, Japón), nombre comercial: Fujiloy®. También se pueden usar tamices o tejidos de varias capas, por ejemplo, las placas compuestas de metal-tejido de alambre de la empresa Haver & Boecker Drahtweberei (Oelde, Alemania), nombre comercial: Haver Porostar.

15 Estos dispositivos sirven para distribuir el gas a lo largo de la sección transversal del tubo, así como para una dispersión previa ventajosa para la dispersión del gas a través de los estrechos poros. El diámetro efectivo D_i de los agujeros incluidos en los cuerpos sinterizados porosos o los tamices o los tejidos de alambre arrollados es preferentemente de 1-500 μm , más preferentemente de 2-200 μm y de manera particularmente preferente de 10-90 μm .

La invención se describe a continuación más detalladamente en base a ejemplos, aunque sin limitarla a los mismos.

20 La Fig. 1 muestra ejemplos de tres mezcladores estáticos diferentes (No. 1, No. 2 y No. 3): la Fig. 1(a) desde arriba, la Fig. 1(b) desde un costado (dibujo de sección) y la Fig. 1(c) en la disposición después del montaje en un tubo o una caja. Las indicaciones de referencia para w_i y b_i designan la longitud o la anchura, respectivamente, de la sección transversal proyectada de los canales de flujo libres. D_i designa el diámetro libre y DM el diámetro exterior de los elementos mezcladores estáticos. L_i designa la longitud total de una sección de mezclador geoméricamente uniforme y l_i designa la longitud de un elemento mezclador individual.

25 No. 1 representa un mezclador Kenics. No. 2 muestra un mezclador estático SMX comercialmente disponible con o sin anillo exterior, respectivamente. No. 3 muestra un mezclador con estructura de alma y anillo exterior (documentos DE 29923895U1 y EP1189686B1).

30 La Fig. 2 muestra tres ejemplos distintos (A, B y C) de variantes de mezcladores estáticos, con diferentes zonas (caracterizados mediante las indicaciones de longitud L_1, L_2, L_3), caracterizado porque la aportación de energía mecánica E_i aplicada a un fluido que fluye a través de la respectiva zona Z_i , normalizada a la respectiva relación L_i/D_i de las diferentes zonas, aumenta en la dirección del flujo. La dirección de flujo es señalada por la flecha gruesa.

La Fig. 2A muestra una secuencia de mezcladores de acuerdo con la invención con una estructura geoméricamente similar y una disposición de elementos mezcladores que en la dirección de flujo, con una relación d/D_i constante,

35 presentan un diámetro efectivo D_i progresivamente más pequeño. Rige que $\frac{d_1}{D_1} = \frac{d_2}{D_2} = \frac{d_3}{D_3}$ y $D_1 > D_2 > D_3$.

40 La Fig. 2B muestra una forma de realización con un tubo cilíndrico en el que se han insertado elementos mezcladores, en los que el diámetro efectivo D_i es constante a lo largo de toda la longitud entera del tubo, mientras que el diámetro de canal medio d_i en zonas consecutivas se reduce en la dirección de flujo. Rige que $D_1 = D_2 = D_3$ y $d_1 > d_2 > d_3$. Se usan elementos mezcladores del mismo tipo, por ejemplo, mezcladores SMX con diferentes números característicos d/D .

45 La Fig. 2C muestra una disposición de elementos mezcladores de diferente tipo, que con la misma relación L_i/D_i producen en cada zona Z_i una pérdida de carga creciente en la dirección de flujo. En este caso se representa como ejemplo en la primera zona con la longitud L_1 un mezclador Kenics. En la segunda zona con la longitud L_2 se encuentra dispuesto un mezclador SMX. En la tercera zona con la longitud L_3 también se encuentra dispuesto un mezclador SMX con un menor diámetro efectivo D_i comparado con el mezclador en la segunda zona.

La Fig. 3A muestra un dispositivo de acuerdo con la presente invención con tres zonas y un mezclador previo, así como una dosificación de gas a través de un tubo capilar. Delante del mezclador previo existe una región en la que el fluido es dosificado (L), así como un dispositivo para la dosificación del gas (G) a través de un tubo capilar (Ca).

50 La Fig. 3B muestra una dosificación de gas mediante un cuerpo sinterizado poroso (el mezclador acoplado no se muestra en este ejemplo). Delante del mezclador previo existe una región en la que el fluido es dosificado (L), así como un dispositivo para la dosificación del gas (G) a través de un cuerpo sinterizado poroso (PS) que se encuentra dispuesto dentro de la sección transversal de la corriente.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la dispersión de gas en un líquido con un número n de zonas consecutivas Z_1, Z_2, \dots, Z_n con elementos mezcladores estáticos, en donde cada zona Z_i presenta una longitud L_i y un diámetro efectivo D_i , en donde las diferentes zonas están realizadas de tal manera que la aportación de energía mecánica E_i normalizada con respecto a la respectiva relación L_i/D_i , que actúa sobre un líquido, aumenta en la dirección de flujo de zona a zona, en donde n es un número entero mayor o igual que 3 e i es un índice que comprende los números enteros desde 1 hasta el número n de las zonas, **caracterizado porque** los elementos mezcladores dispuestos en las zonas Z_1 a Z_n presentan la misma relación d/D_i , en donde d_i es el diámetro medio, y presentan un diámetro efectivo D_i que se reduce progresivamente de zona a zona en la dirección de flujo.
- 5 2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el diámetro de canal medio d_i se reduce en la dirección de flujo en las zonas consecutivas Z_1 a Z_n .
- 10 3. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** las zonas Z_1 a Z_n disponen de elementos mezcladores de diferente tipo, que con la misma relación L_i/D_i producen de zona a zona una pérdida de carga creciente en la dirección de flujo.
- 15 4. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** existe una primera zona Z_0 que suministra una mayor aportación de energía específica E_0 que la siguiente zona Z_1 en la dirección de flujo.
- 20 5. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende adicionalmente un pequeño tubo o un tubo capilar delgado para la alimentación de gas en el dispositivo, **caracterizado porque** el pequeño tubo o el tubo capilar delgado está dispuesto delante de la disposición de elementos mezcladores.
- 25 6. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende adicionalmente un cuerpo poroso o en forma de tamiz para la alimentación de gas en el dispositivo, **caracterizado porque** dicho cuerpo está dispuesto delante de la disposición de elementos mezcladores.
- 30 7. Procedimiento para la dispersión de gas en un líquido, en el que el gas y el líquido son transportados conjuntamente a través de un dispositivo mezclador de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6 y pasan allí por un número n de zonas consecutivas Z_1, Z_2, \dots, Z_n con elementos mezcladores estáticos, en donde cada zona Z_i presenta una longitud L_i y un diámetro efectivo D_i , **caracterizado porque** la aportación de energía mecánica E_i normalizada con respecto a la respectiva relación L_i/D_i que actúa sobre la mezcla de gas-líquido, aumenta en la dirección de flujo de zona a zona, en donde n es un número entero mayor o igual que 3 e i es un índice que comprende los números enteros desde 1 hasta el número n de las zonas.
8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado porque** el líquido presenta una viscosidad entre 2 mPas y 10.000.000 mPas, más preferentemente entre 1000 mPas y 1.000.000 mPas.

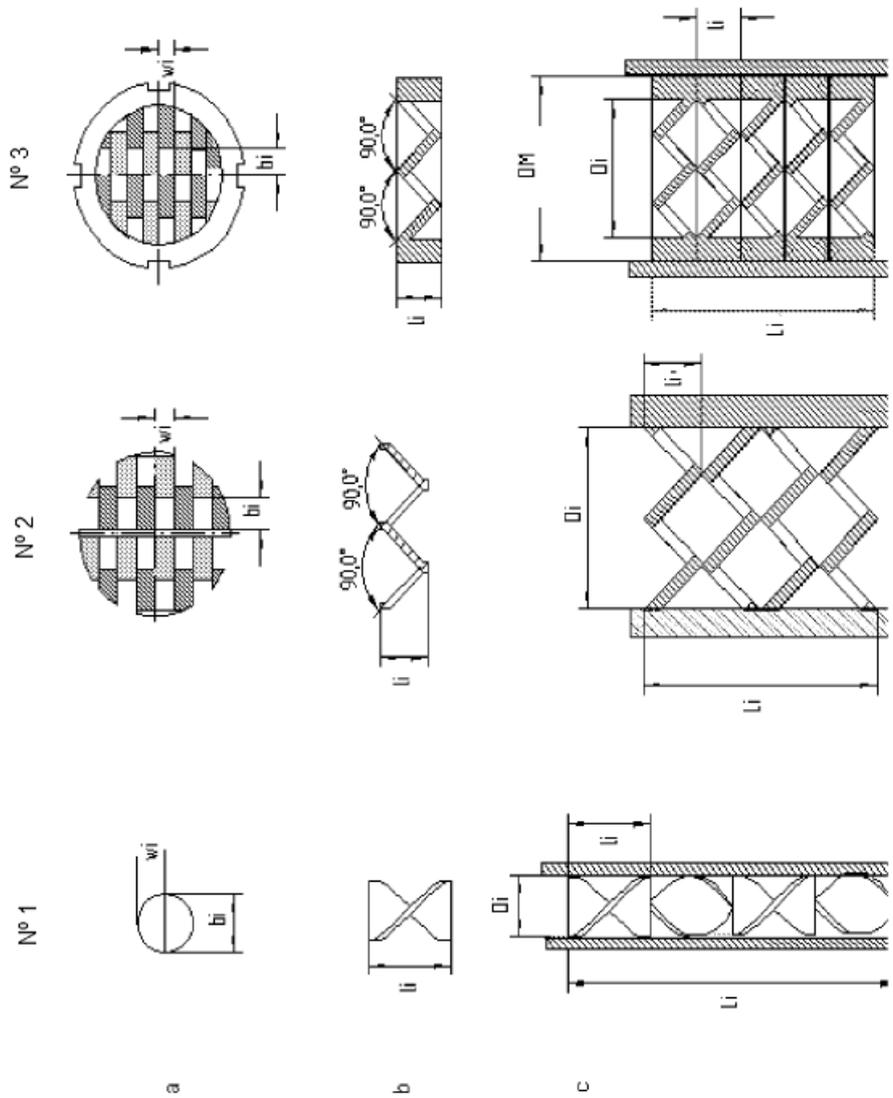


Fig. 1

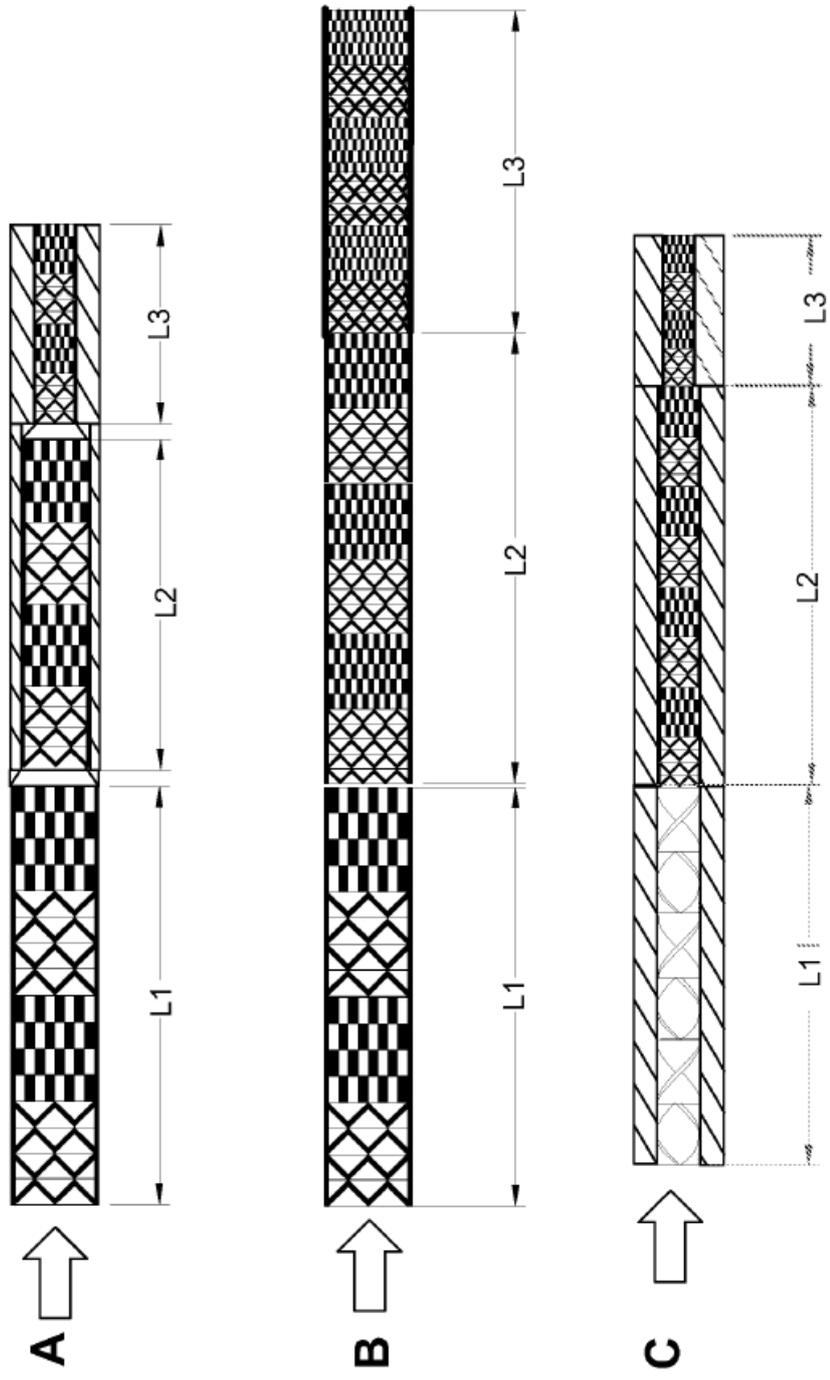


Fig. 2

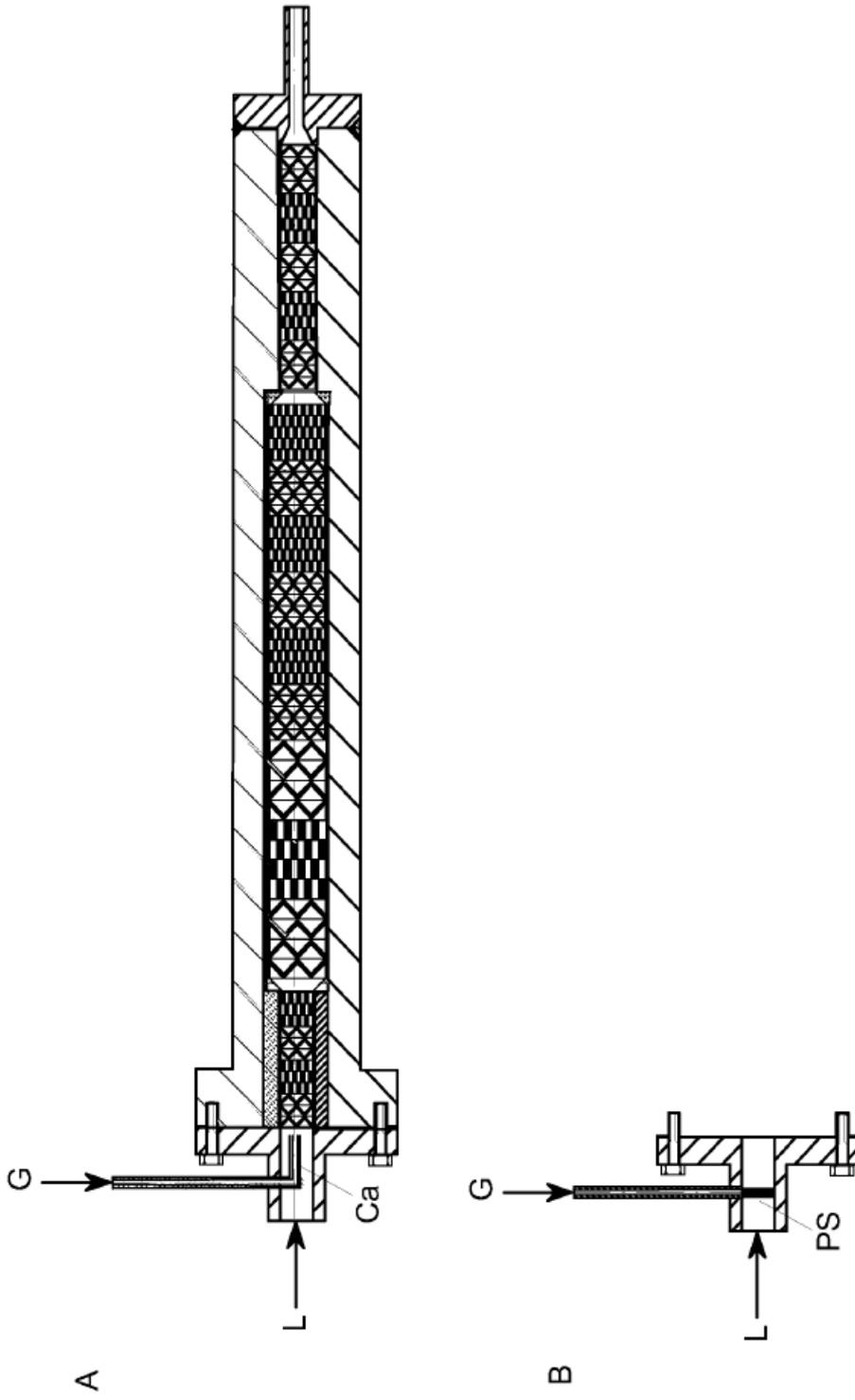


Fig. 3