

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 975 167**

51 Int. Cl.:

B01J 10/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.09.2011 PCT/US2011/052542**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.03.2012 WO12040321**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.09.2011 E 11827437 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2024 EP 2618919**

54 Título: **Métodos y aparatos para distribución de gas mejorada**

30 Prioridad:

22.09.2010 US 887535

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

03.07.2024

73 Titular/es:

**GRUPO PETROTEMEX, S.A. DE C.V. (100.0%)
Ricardo Margain No. 444, Torre sur, Piso 16, Col.
Valle de Campestre
San Pedro Garza Garcia, Nuevo Leon 66265, MX**

72 Inventor/es:

SHAIKH, ASHFAQ

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 975 167 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

Métodos y aparatos para distribución de gas mejorada

Antecedentes

1. Campo de la invención

- 5 Diversas realizaciones de la presente invención se refieren de manera general a métodos y aparatos para mejorar la distribución de gas en un reactor. También se describen difusores que proporcionan una distribución de gas mejorada en reactores de columna de burbujas.

2. Descripción de la técnica relacionada

10 Las reacciones de oxidación en fase líquida se emplean en una variedad de procesos comerciales existentes. Por ejemplo, la oxidación en fase líquida se usa actualmente para la oxidación de aldehídos a ácidos (por ejemplo, propionaldehído a ácido propiónico), la oxidación de ciclohexano a ácido adípico y la oxidación de alquilaromáticos a alcoholes, ácidos o diácidos. Un proceso de oxidación comercial particularmente significativo en esta última categoría (oxidación de alquilaromáticos) es la oxidación parcial catalítica en fase líquida de paraxileno a ácido tereftálico. El ácido tereftálico es un compuesto importante con una variedad de aplicaciones. El uso principal del
15 ácido tereftálico es como materia prima en la producción de tereftalato de polietileno ("PET"). El PET es un plástico bien conocido usado en grandes cantidades en todo el mundo para fabricar productos, tales como botellas, fibras y envases.

20 En un proceso de oxidación en fase líquida típico, que incluye la oxidación parcial de paraxileno a ácido tereftálico, una corriente de alimentación en fase líquida y una corriente de oxidante en fase gaseosa se introducen en un reactor y forman un medio de reacción multifase en el reactor. La corriente de alimentación en fase líquida introducida en el reactor contiene al menos un compuesto orgánico oxidable (por ejemplo, paraxileno), mientras que la corriente oxidante en fase gaseosa contiene oxígeno molecular. Al menos una parte del oxígeno molecular introducido en el reactor como gas se disuelve en la fase líquida del medio de reacción para proporcionar disponibilidad de oxígeno para la reacción en fase líquida. Si la fase líquida del medio de reacción multifase contiene
25 una concentración insuficiente de oxígeno molecular (es decir, si ciertas partes del medio de reacción están "faltas de oxígeno"), reacciones secundarias indeseables pueden generar impurezas y/o las reacciones previstas se pueden retrasar en tasa. Si la fase líquida del medio de reacción contiene muy poco del compuesto oxidable, la tasa de reacción puede ser indeseablemente lenta. Además, si la fase líquida del medio de reacción contiene una concentración excesiva del compuesto oxidable, reacciones secundarias indeseables adicionales pueden generar impurezas.
30

35 Los reactores de oxidación en fase líquida convencionales están equipados con medios de agitación para mezclar el medio de reacción multifase contenido en los mismos. La agitación del medio de reacción se suministra en un esfuerzo por promover la disolución de oxígeno molecular en la fase líquida del medio de reacción, mantener concentraciones relativamente uniformes de oxígeno disuelto en la fase líquida del medio de reacción y mantener concentraciones relativamente uniformes del compuesto orgánico oxidable en la fase líquida del medio de reacción.

40 La agitación del medio de reacción que se somete oxidación en fase líquida se proporciona frecuentemente mediante medios de agitación mecánica en recipientes tales como, por ejemplo, reactores de tanque con agitación continua ("CSTR"). Aunque los CSTR pueden proporcionar una mezcla minuciosa del medio de reacción, los CSTR tienen una serie de inconvenientes. Por ejemplo, los CSTR tienen un coste de capital relativamente alto debido a su requisito de motores costosos, cojinetes y árboles de transmisión sellados con fluido y/o mecanismos de agitación complejos. Además, los componentes mecánicos giratorios y/u oscilantes de los CSTR convencionales requieren un mantenimiento regular. La mano de obra y el tiempo de parada asociados con tal mantenimiento se añaden al coste operativo de los CSTR. No obstante, incluso con un mantenimiento regular, los sistemas de agitación mecánica empleados en los CSTR son propensos a fallos mecánicos y pueden requerir sustitución en períodos de tiempo
45 relativamente cortos.

50 Los reactores de columna de burbujas proporcionan una alternativa atractiva a los CSTR y otros reactores de oxidación agitados mecánicamente. Los reactores de columna de burbujas proporcionan agitación del medio de reacción sin requerir equipos mecánicos costosos y poco fiables. Los reactores de columna de burbujas incluyen típicamente una zona de reacción vertical alargada dentro de la cual está contenido el medio de reacción. La agitación del medio de reacción en la zona de reacción se proporciona principalmente mediante la flotabilidad natural de las burbujas de gas que se elevan a través de la fase líquida del medio de reacción. Esta agitación de flotabilidad natural proporcionada en los reactores de columna de burbujas reduce los costes de capital y de mantenimiento con relación a los reactores agitados mecánicamente. Además, la ausencia sustancial de piezas mecánicas móviles asociadas con los reactores de columna de burbujas proporciona un sistema de oxidación que es menos propenso a fallos mecánicos que los reactores agitados mecánicamente.
55

Cuando la oxidación parcial en fase líquida de paraxileno se lleva a cabo en un reactor de oxidación convencional (CSTR o columna de burbujas), el producto retirado del reactor es típicamente una suspensión que comprende ácido

tereftálico en bruto ("CTA") y un licor madre. El CTA contiene niveles relativamente altos de impurezas (por ejemplo, 4-carboxibenzaldehído, ácido paratoluico, fluorenonas y otros cuerpos colorantes) que lo hacen inadecuado como materia prima para la producción de PET. De este modo, el CTA producido en reactores de oxidación convencionales se somete típicamente a un proceso de purificación que convierte el CTA en ácido tereftálico purificado ("PTA") adecuado para fabricar PET.

Aunque se han hecho avances en la técnica de las reacciones de oxidación en fase líquida, todavía se necesitan mejoras.

Los documentos US 2006/047148 y WO 2006/028809 describen aparatos y métodos para llevar a cabo de manera más eficiente y económica la oxidación en fase líquida de un compuesto oxidable. Los documentos US 6 358 483, GB 2 074 698, WO 2005/094979, US 2 980 515, CA 2 738 058, US 1 157 993 y US 2010/216896 describen diversos tipos de difusores y distribuidores de gas.

Compendio

Una realización de la presente descripción concierne a un reactor que define una zona de reacción en el mismo. El reactor de esta realización comprende un difusor dispuesto en la zona de reacción para introducir fluido en la zona de reacción. El difusor de esta realización comprende al menos tres conductos de distribución de fluido que se extienden radialmente, donde cada conducto de distribución de fluido define al menos tres aberturas de descarga de fluido, donde la separación radial de las aberturas de descarga de fluido asociadas con cada uno de los conductos de distribución de fluido disminuye hacia fuera, y donde el difusor tiene un diámetro máximo que es al menos el 90 por ciento del diámetro de la zona de reacción a la altura donde está dispuesto el difusor. La invención reivindicada, con respecto al aparato, es según las reivindicaciones 1-5.

Otra realización de la presente descripción concierne a un reactor que define una zona de reacción en el mismo. El reactor de esta realización comprende un difusor dispuesto en la zona de reacción para introducir fluido en la zona de reacción, donde el difusor comprende uno o más conductos de distribución de fluido que definen en el intervalo de desde 20 hasta 300 aberturas de descarga de fluido, donde cuando el difusor está dividido teóricamente en cuatro regiones anulares de igual área, el área de abertura de descarga acumulativa de las aberturas de descarga de fluido situadas en una de las regiones anulares está dentro del 25 por ciento del área de abertura de descarga acumulativa de las aberturas de descarga de fluido situadas en al menos otra de las regiones anulares, donde el difusor tiene un área abierta de flujo pasante total de al menos el 25 por ciento, donde las aberturas de descarga de fluido tienen un diámetro medio promedio en el intervalo de desde alrededor de 0,5 hasta alrededor de 2,0 mm, donde más del 50 por ciento de las aberturas de descarga de fluido se colocan para descargar el fluido en una dirección normalmente hacia abajo, donde el difusor tiene un diámetro máximo en el intervalo de desde alrededor de 0,5 hasta alrededor de 6 metros, y donde el difusor tiene un diámetro máximo que es al menos el 90 por ciento del diámetro de la zona de reacción a la altura donde se dispone el difusor.

En un aspecto, la presente invención concierne a un sistema para oxidar, al menos parcialmente, un compuesto oxidable poniendo en contacto al menos una parte del compuesto oxidable con un oxidante en fase gaseosa. El sistema comprende un primer reactor de oxidación; un segundo reactor de oxidación en comunicación de flujo de fluido aguas abajo con el primer reactor de oxidación; un reactor de columna de burbujas en comunicación de flujo de fluido aguas abajo con el segundo reactor de oxidación y que define una zona de reacción; y un difusor dispuesto dentro de la zona de reacción y configurado para descargar al menos una parte del oxidante en fase gaseosa en la zona de reacción. El difusor comprende uno o más conductos de distribución de fluido que definen una pluralidad de aberturas de descarga de fluido. También, cuando el difusor se divide teóricamente en cuatro regiones anulares de igual área, el área de abertura de descarga acumulativa de las aberturas de descarga de fluido situadas en una de las regiones anulares está dentro del 25 por ciento del área de abertura de descarga acumulativa de las aberturas de descarga de fluido situadas en al menos otra de las regiones anulares. Además, el difusor tiene un área abierta de flujo pasante total de al menos el 25 por ciento y tiene un diámetro máximo que es al menos el 90 por ciento del diámetro de la zona de reacción a la altura donde se dispone el difusor.

Otro aspecto más de la presente invención concierne a un método para producir un ácido dicarboxílico. El método comprende (a) poner en contacto un compuesto oxidable con un primer oxidante en fase gaseosa formando por ello una suspensión de ácido dicarboxílico en bruto; (b) purificar al menos una parte de la suspensión de ácido dicarboxílico en bruto, formando por ello una suspensión de ácido dicarboxílico purificada; y (c) poner en contacto al menos una parte de la suspensión de ácido dicarboxílico purificada con un segundo oxidante en fase gaseosa en una zona de reacción de un reactor de columna de burbujas, en donde al menos una parte del segundo oxidante en fase gaseosa se introduce en la zona de reacción a través de un difusor dispuesto en la zona de reacción. El difusor de esta realización comprende uno o más conductos de distribución de fluido que definen una pluralidad de aberturas de descarga de fluido, donde cuando el difusor se divide teóricamente en cuatro regiones anulares de igual área, el área de abertura de descarga acumulativa de las aberturas de descarga de fluido situadas en una de las regiones anulares está dentro del 25 por ciento del área de abertura de descarga acumulativa de las aberturas de descarga de fluido situadas en al menos otra de las regiones anulares, donde el difusor tiene un área abierta de flujo pasante total de al menos el 25 por ciento, donde el difusor tiene un diámetro máximo que es al menos el 90 por

ciento del diámetro de la zona de reacción a la altura donde se dispone el difusor. La invención reivindicada, con respecto al método, es según las reivindicaciones 6-10.

Breve descripción de las figuras

5 Las realizaciones de la presente descripción e invención se describen en la presente memoria con referencia a las siguientes figuras de los dibujos, en donde:

la FIG. 1 es una vista lateral de un reactor construido de acuerdo con una realización de la presente descripción, que ilustra particularmente la introducción de corrientes de suspensión y gas en la zona de reacción del reactor, y la retirada de un gas de escape y una suspensión tratada de la parte superior y la parte inferior del reactor, respectivamente;

10 la FIG. 2 es una vista en sección transversal del reactor representado en la FIG. 1 tomada a lo largo de la línea 2-2, que ilustra particularmente un difusor que tiene conductos de distribución de fluido rectos que se extienden radialmente para introducir un fluido en la zona de reacción del reactor;

la FIG. 3 es una vista inferior de un difusor alternativo adecuado para su uso en el reactor representado en la FIG. 1, que ilustra particularmente un difusor que tiene conductos de distribución de fluido curvos que se extienden radialmente para introducir un fluido en la zona de reacción del reactor;

15 la FIG. 4 es una vista inferior de un difusor alternativo adecuado para su uso en el reactor representado en la FIG. 1, que ilustra particularmente un difusor que tiene conductos de distribución de fluido circulares para introducir un fluido en la zona de reacción del reactor;

20 la FIG. 5 es una vista inferior de un difusor alternativo adecuado para su uso en el reactor representado en la FIG. 1, que ilustra particularmente un difusor que tiene conductos de distribución de fluido cuadrados para introducir un fluido en la zona de reacción del reactor;

la FIG. 6 es una vista inferior de un difusor alternativo adecuado para su uso en el reactor representado en la FIG. 1, que ilustra particularmente un difusor que tiene conductos de distribución de fluido octogonales para introducir un fluido en la zona de reacción del reactor;

25 la FIG. 7 es una vista esquemática de un sistema para oxidar un compuesto oxidable según una realización de la presente invención, que ilustra particularmente un reactor de oxidación primaria, un reactor de extracción lateral de oxidación primaria, un reactor de oxidación secundaria y un reactor de extracción lateral de oxidación secundaria que tiene un difusor dispuesto en el mismo.

Descripción detallada

30 Diversas realizaciones de la descripción conciernen a un difusor para introducir un fluido en la zona de reacción de un reactor, tal como un reactor de columna de burbujas. Tal difusor se puede emplear en un sistema para la oxidación en fase líquida de un compuesto oxidable, que se puede llevar a cabo en la fase líquida de un medio de reacción multifase contenido en uno o más reactores agitados. Los reactores agitados adecuados incluyen, por ejemplo, reactores agitados por burbujas (por ejemplo, reactores de columna de burbujas), reactores agitados mecánicamente (por ejemplo, reactores de tanque agitado continuo) y reactores agitados por flujo (por ejemplo, reactores de chorro).

Haciendo referencia inicialmente a la FIG. 1, se muestra un difusor 10 dispuesto en un reactor de columna de burbujas 12. Como se usa en la presente memoria, el término "reactor de columna de burbujas" denotará un reactor para facilitar reacciones químicas en un medio de reacción multifase, donde la agitación del medio de reacción se proporciona principalmente por el movimiento hacia arriba de burbujas de gas a través del medio de reacción. Como se usa en la presente memoria, el término "agitación" denotará el trabajo disipado en el medio de reacción que causa el flujo de fluido y/o la mezcla. Como se usa en la presente memoria, los términos "mayoría", "principalmente" y "predominantemente" significarán más del 50 por ciento. Tal como se usa en la presente memoria, el término "agitación mecánica" denotará la agitación del medio de reacción causada por el movimiento físico de un elemento o elementos rígidos o flexibles contra o dentro del medio de reacción. Por ejemplo, la agitación mecánica se puede proporcionar mediante rotación, oscilación y/o vibración de agitadores internos, paletas, vibradores o diafragmas acústicos situados en el medio de reacción. Como se usa en la presente memoria, el término "agitación de flujo" denotará la agitación del medio de reacción causada por la inyección a alta velocidad y/o la recirculación de uno o más fluidos en el medio de reacción. Por ejemplo, la agitación del flujo se puede proporcionar mediante boquillas, eyectores y/o eductores. En diversas realizaciones de la presente descripción, menos de alrededor del 40, menos de alrededor del 20 o menos del 5 por ciento de la agitación del medio de reacción en el reactor de columna de burbujas se proporciona mediante agitación mecánica y/o de flujo.

Haciendo referencia todavía a la FIG. 1, el reactor de columna de burbujas 12 se ilustra como que comprende el difusor 10, una carcasa de recipiente 14, una entrada de gas 16, una entrada de suspensión 18, un conducto de entrada de gas 20 y una salida de gas de escape 22. El reactor de columna de burbujas 12 se puede configurar para

un esquema de reacción a contracorriente, de manera que, en operación, se pueda introducir una suspensión a través de la entrada de suspensión 18 en o cerca de la parte normalmente superior del reactor de columna de burbujas 12 y pueda fluir en una dirección hacia abajo a través de una zona de reacción 24 definida en el reactor de columna de burbujas 12. Se puede introducir un gas (por ejemplo, un oxidante en fase gaseosa) en el reactor de columna de burbujas 12 a través de la entrada 16 y dispersar en la zona de reacción 24 a través del difusor 10 situado en o cerca de la parte normalmente inferior del reactor de columna de burbujas 12. El gas entonces puede viajar de una manera sustancialmente hacia arriba a través de la zona de reacción 24. A partir de entonces, una suspensión tratada se puede retirar del fondo del reactor de columna de burbujas 12 a través de una salida de suspensión 26. En diversas realizaciones, el comportamiento del flujo en la zona de reacción 24 puede ser un flujo burbujeante o un flujo sustancialmente burbujeante. Además, en diversas realizaciones, el comportamiento del flujo en la zona de reacción 24 puede ser flujo de pistón o sustancialmente flujo de pistón, donde hay una mezcla convectiva insignificante de masa con masa circundante mientras que fluye a través de la zona de reacción 24. En diversas realizaciones, los patrones de flujo de pistón o casi flujo de pistón se pueden lograr aumentando la distribución de gas en la zona de reacción 24, de manera que se introduzca la misma cantidad o sustancialmente la misma cantidad de oxidante en fase gaseosa en cada área de la zona de reacción 24. En otras palabras, el comportamiento de flujo de pistón o casi flujo de pistón se puede lograr empleando una distribución de gas uniforme o sustancialmente uniforme a través de toda o sustancialmente toda la sección transversal horizontal de la zona de reacción 24.

Haciendo referencia ahora a la FIG. 2, se proporciona una sección transversal del reactor de columna de burbujas 12 tomada a lo largo de la línea 2-2 que representa el difusor 10 con mayor detalle. El difusor 10 comprende doce conductos de descarga de fluido rectos 28 o sustancialmente rectos que se extienden radialmente, cada uno que comprende ocho aberturas de descarga de fluido 30. Aunque el difusor 10 se representa que tiene doce de los conductos de descarga de fluido 28 que se extienden radialmente, en diversas realizaciones, el difusor 10 puede tener al menos 3, al menos 4, al menos 6, al menos 8 o al menos 10 de los conductos de descarga de fluido 28 que se extienden radialmente. Además, en una o más realizaciones, el difusor 10 puede tener en el intervalo de desde 3 hasta 20, en el intervalo de desde 6 hasta 18, o en el intervalo de desde 9 hasta 15 de los conductos de descarga de fluido 28 que se extienden radialmente.

Como se representa en la FIG. 2, cada uno de los conductos de distribución de fluido 28 que se extienden radialmente está acoplado en comunicación de flujo de fluido con un miembro vertical 32 del conducto de entrada de gas 20 y se extiende radialmente desde el mismo. En una o más realizaciones, cada uno de los conductos de distribución de fluido 28 que se extienden radialmente puede estar separado por igual o sustancialmente por igual alrededor del miembro vertical 32. Como se usa en la presente memoria, el término "separado sustancialmente por igual" significará que la separación entre cada uno de los conductos de distribución de fluido 28 que se extienden radialmente varía en menos del 5 por ciento. En diversas realizaciones, cada uno de los conductos de distribución de fluido 28 que se extienden radialmente puede ser cilíndrico o sustancialmente cilíndrico. Además, cada uno de los conductos de distribución de fluido 28 que se extienden radialmente puede tener una longitud en el intervalo de desde alrededor de 0,25 hasta alrededor de 3 metros, o en el intervalo de desde 0,5 hasta 2,5 metros. Además, cada uno de los conductos de distribución de fluido 28 que se extienden radialmente puede tener un diámetro exterior en el intervalo de desde alrededor de 1 hasta alrededor de 10 cm, o en el intervalo de desde alrededor de 2 hasta alrededor de 5 cm. En diversas realizaciones, cada uno de los conductos de distribución de fluido 28 que se extienden radialmente puede tener un diámetro exterior de alrededor de 3 cm.

Como se señaló anteriormente, cada uno de los conductos de distribución de fluido 28 que se extienden radialmente define una pluralidad de aberturas de descarga de fluido 30. En diversas realizaciones, cada conducto de distribución de fluido 28 que se extiende radialmente puede comprender al menos 3, al menos 4, al menos 6 o al menos 8 de las aberturas de descarga de fluido 30. Además, cada uno de los conductos de distribución de fluido 28 que se extienden radialmente puede comprender en el intervalo de desde 3 hasta 20, en el intervalo de desde 5 hasta 17, o en el intervalo de desde 7 hasta 14 de las aberturas de descarga de fluido 30. En diversas realizaciones, cada uno de los conductos de distribución de fluido 28 que se extienden radialmente puede comprender 8 aberturas de descarga de fluido. En diversas realizaciones, el difusor 10 puede comprender un total de al menos 20, al menos 50 o al menos 90 de las aberturas de descarga de fluido 30. Además, el difusor 10 puede comprender un número total de aberturas de descarga de fluido 30 en el intervalo de desde 20 hasta 300, en el intervalo de desde 50 hasta 250, o en el intervalo de desde 80 hasta 220.

En una o más realizaciones, la separación radial de las aberturas de descarga de fluido 30 asociadas con cada uno de sus respectivos conductos de distribución de fluido 28 que se extienden radialmente puede disminuir hacia fuera desde el centro axial del difusor 10. Se considera que la separación radial "disminuye" en la disposición donde, si las distancias entre pares adyacentes de aberturas de descarga de fluido 30 (valores Y) se trazaran en función de la ubicación de cada distancia con relación al centro del difusor (valores X), la línea de tendencia lineal resultante (es decir, la regresión lineal) tendría una pendiente negativa. Lo que significa la ubicación relativa de la distancia es que a la distancia entre el par de aberturas de descarga de fluido adyacentes más internas se le asignaría un valor X arbitrario de 1, a la distancia entre el siguiente par de aberturas de descarga de fluido separadas hacia fuera se le asignaría un valor X arbitrario de 2, y así sucesivamente. En diversas realizaciones, la separación radial puede disminuir entre cada par posterior de aberturas de descarga de fluido 30 separadas hacia fuera. No obstante, si bien está permitido, no es necesario que la separación radial disminuya entre cada par posterior de aberturas de

descarga de fluido 30 separadas hacia fuera, siempre que el gráfico descrito anteriormente tenga una regresión lineal general con pendiente negativa. A modo de ejemplo, un conducto de distribución de fluido que tenga la separación de aberturas de descarga de fluido descrita por los datos hipotéticos de la Tabla 1 tendría una pendiente de -5, incluso aunque las distancias de las designaciones de espacio 2 y 6 sean mayores que sus designaciones de espacio anteriores:

5

Tabla 1: Ejemplo hipotético de disminución de separación radial

Designación de espacio	Distancia entre aberturas adyacentes
1	35 cm
2	40 cm
3	25 cm
4	20 cm
5	15 cm
6	20 cm
7	5 cm

En una o más realizaciones, cada uno de los conductos de distribución de fluido 28 que se extienden radialmente puede comprender una abertura de descarga de fluido más interna 34, una abertura de descarga de fluido más externa 36 y una o más aberturas de descarga de fluido intermedias 38. Como se puede ver en la FIG. 2, la distancia entre la abertura de descarga de fluido más interna 34 y su abertura de descarga de fluido intermedia 38a adyacente puede ser mayor que la distancia entre la abertura de descarga de fluido más externa 36 y su abertura de descarga de fluido intermedia 38f adyacente. En diversas realizaciones, la distancia entre la abertura de descarga de fluido más interna 34 y su abertura de descarga de fluido 38a adyacente puede ser al menos un 1, al menos un 5 o al menos un 10 por ciento mayor que la distancia entre la abertura de descarga de fluido más externa 36 y su abertura de descarga de fluido intermedia 38f adyacente. Además, en diversas realizaciones, la distancia entre la abertura de descarga de fluido más interna 34 y su abertura de descarga de fluido intermedia 38a adyacente puede ser mayor que la distancia entre dos aberturas de descarga de fluido intermedias 38 adyacentes (por ejemplo, las aberturas de descarga de fluido 38a y 38b). En una o más realizaciones, la distancia entre la abertura de descarga de fluido más interna 34 y su abertura de descarga de fluido intermedia 38a adyacente puede ser al menos un 1, al menos un 5 o al menos un 10 por ciento mayor que la distancia entre dos aberturas de descarga de fluido intermedias 38 adyacentes (por ejemplo, las aberturas de descarga de fluido 38a y 38b). Además, en diversas realizaciones, la distancia entre la abertura de descarga de fluido más interna 34 y su abertura de descarga de fluido intermedia 38a adyacente puede ser mayor que cada una de las distancias entre aberturas de descarga de fluido 38 adyacentes. También, la distancia entre la abertura de descarga de fluido más interna 34 y su abertura de descarga de fluido intermedia 38a adyacente puede ser al menos un 1, al menos un 5 o al menos un 10 por ciento mayor que cada una de las distancias entre las aberturas de descarga de fluido 38 adyacentes. Además, en diversas realizaciones, la distancia entre las aberturas de descarga de fluido intermedias 38 adyacentes puede disminuir con la colocación radial hacia fuera desde el miembro vertical 32. En una o más realizaciones, la distancia entre las aberturas de descarga de fluido intermedias 38 adyacentes puede disminuir en al menos un 1, al menos un 5 o al menos un 10 por ciento entre cada par de aberturas de descarga de fluido intermedias 38 adyacentes colocadas hacia fuera posteriores. Por ejemplo, la distancia entre las aberturas de descarga de fluido intermedias 38b y 38c puede ser al menos un 1, al menos un 5 o al menos un 10 por ciento menor que la distancia entre las aberturas de descarga de fluido intermedias 38a y 38b. En todas las realizaciones descritas en la presente memoria con relación a la separación de las aberturas de descarga de fluido 30, la distancia entre las aberturas de descarga de fluido 30 se determinará desde el centro de una abertura de descarga de fluido hasta el centro de su abertura de descarga de fluido adyacente.

En una o más realizaciones, las aberturas de descarga de fluido 30 pueden estar separadas de manera equianular o sustancialmente equianular en cada uno de los conductos de distribución de fluido 28. Como se usa en la presente memoria, el término “equianular” cuando se usa para describir una separación de aberturas de descarga de fluido denotará una separación de manera que las áreas anulares de anillos teóricos concéntricos o sustancialmente concéntricos definidos por los centros de las aberturas de descarga de fluido 30 sean iguales. Como se usa en la presente memoria, el término “sustancialmente” cuando modifica el término “equianular” significará que las áreas anulares de los anillos concéntricos teóricos varían en menos del 1 por ciento entre dos áreas anulares cualesquiera.

45

En una o más realizaciones, cuando el difusor 10 se divide teóricamente en cuatro regiones anulares de igual área, el área de abertura de descarga acumulativa de todas las aberturas de descarga de fluido 30 situadas en una

primera región anular seleccionada puede estar dentro de un 25, dentro de un 10, dentro de un 5, o dentro de un 1 por ciento del área o áreas de abertura de descarga acumulativa de las aberturas de descarga de fluido 30 situadas en al menos una, al menos dos o las tres regiones anulares restantes. En otras palabras, al menos dos, al menos tres o las cuatro regiones anulares pueden tener áreas de aberturas de descarga acumulativas de las aberturas de descarga de fluido 30 que están dentro de un 25, dentro de un 10, dentro de un 5 o dentro de un 1 por ciento entre sí. Además, cuando el difusor 10 se divide teóricamente en cuatro regiones anulares de igual área, el área de abertura de descarga acumulativa de todas las aberturas de descarga de fluido 30 situadas en la región anular más externa puede estar dentro de un 25, dentro de un 10, dentro de un 5 o dentro de un 1 por ciento del área de abertura de descarga acumulativa de todas las aberturas de descarga de fluido 30 situadas en la región anular más interna. Además, cuando el difusor 10 se divide teóricamente en cuatro regiones anulares de igual área, el área de abertura de descarga acumulativa de todas las aberturas de descarga de fluido 30 situadas en la región anular más externa puede estar dentro de un 25, dentro de un 10, dentro de un 5 o dentro de un 1 por ciento del área de abertura de descarga acumulativa de todas las aberturas de descarga de fluido 30 situadas en la región anular intermedia interna. También, cuando el difusor 10 se divide teóricamente en cuatro regiones anulares de igual área, el área de abertura de descarga acumulativa de todas las aberturas de descarga de fluido 30 situadas en la región anular más externa puede estar dentro de un 25, dentro de un 10, dentro de un 5 o dentro de un 1 por ciento del área de abertura de descarga acumulativa de todas las aberturas de descarga de fluido 30 situadas en la región anular intermedia exterior. Además, cuando el difusor 10 se divide teóricamente en cuatro regiones anulares de igual área, el área de abertura de descarga acumulativa de todas las aberturas de descarga de fluido 30 situadas en la región anular más interna puede estar dentro de un 25, dentro de un 10, dentro de un 5 o dentro de un 1 por ciento del área de abertura de descarga acumulativa de todas las aberturas de descarga de fluido 30 situadas en la región anular intermedia interna. Además, cuando el difusor 10 se divide teóricamente en cuatro regiones anulares de igual área, el área de abertura de descarga acumulativa de todas las aberturas de descarga de fluido 30 situadas en la región anular más interna puede estar dentro de un 25, dentro de un 10, dentro de un 5 o dentro de un 1 por ciento del área de abertura de descarga acumulativa de todas las aberturas de descarga de fluido 30 situadas en la región anular intermedia exterior. También, cuando el difusor 10 se divide teóricamente en cuatro regiones anulares de igual área, el área de abertura de descarga acumulativa de todas las aberturas de descarga de fluido 30 situadas en la región anular intermedia interna puede estar dentro de un 25, dentro de un 10, dentro de un 5 o dentro de un 1 por ciento del área de abertura de descarga acumulativa de todas las aberturas de descarga de fluido 30 situadas en la región anular intermedia exterior. Se debería entender que, si el límite de una región anular teórica biseca una abertura de descarga de fluido 30, entonces cada parte de la abertura de descarga de fluido 30 bisecada contará solamente para el área de abertura de descarga acumulativa de la región anular respectiva en la que se encuentra esa parte.

En diversas realizaciones, las aberturas de descarga de fluido 30 pueden ser circulares o sustancialmente circulares. Además, las aberturas de descarga de fluido 30 pueden tener un diámetro medio promedio en el intervalo de desde alrededor de 0,5 hasta alrededor de 2,0 mm, en el intervalo de desde alrededor de 0,6 hasta alrededor de 1,8 mm, en el intervalo de desde alrededor de 0,7 hasta alrededor de 1,6 mm, o en el intervalo de desde 0,8 hasta 1,4 mm. Además, en diversas realizaciones, las aberturas de descarga de fluido 30 pueden ser todas sustancialmente del mismo tamaño, teniendo una variación en el diámetro medio de menos de 0,5 mm, menos de 0,3 mm, menos de 0,1 mm o menos de 0,05 mm entre dos cualesquiera de las aberturas de descarga de fluido 30.

En diversas realizaciones, al menos una parte de las aberturas de descarga de fluido 30 se puede colocar para ser capaces de descargar un fluido en una dirección normalmente hacia abajo. Como se usa en la presente memoria, el término "hacia abajo" denotará cualquier dirección que se extienda por debajo del lado normalmente inferior del difusor 10 dentro de 15° de la vertical. En una o más realizaciones, al menos un 50, al menos un 75, al menos un 90 o al menos un 95 por ciento de las aberturas de descarga de fluido 30 están colocadas para ser capaces de descargar un fluido en una dirección normalmente hacia abajo. Además, todas o sustancialmente todas las aberturas de descarga de fluido 30 se pueden configurar para descargar un fluido en una dirección normalmente hacia abajo.

En una o más realizaciones, el difusor 10 puede tener un área abierta de flujo pasante total de al menos un 25 por ciento, al menos un 50 por ciento o al menos un 75 por ciento. Como se usa en la presente memoria, el término "área abierta de flujo pasante" denotará el área horizontal total ocupada por un difusor definida por un perímetro teórico de sus puntos más externos menos el porcentaje de área ocupada por los conductos de distribución de fluido del difusor. Por ejemplo, con respecto al difusor 10, el espacio horizontal total ocupado por el difusor 10 se definiría por los extremos más externos de los conductos de distribución de fluido 28, mientras que el área abierta de flujo pasante total sería la suma de las áreas abiertas 40 en forma de cuña entre los conductos de distribución de fluido 28. Las áreas abiertas 40 en forma de cuña se miden en un plano horizontal teórico que pasa a través del difusor 10 a una altura donde los conductos de distribución de fluido 28 tienen sus diámetros horizontales máximos. En diversas realizaciones, el difusor 10 puede tener un área abierta de flujo pasante total en el intervalo de desde alrededor de un 25 hasta alrededor de un 99 por ciento, en el intervalo de desde alrededor de un 50 hasta alrededor de un 95 por ciento, o en el intervalo de desde alrededor de un 75 hasta un 90 por ciento.

El difusor 10 puede tener cualquier dimensión adecuada para su uso en un reactor de columna de burbujas. En una o más realizaciones, el difusor 10 puede tener un diámetro máximo de al menos 0,5 metros, al menos 0,75 metros o al menos 1 metro. Además, el difusor 10 puede tener un diámetro máximo en el intervalo de desde alrededor de 0,5

hasta alrededor de 6 metros, en el intervalo de desde alrededor de 0,75 hasta alrededor de 5 metros, o en el intervalo de desde 1 hasta 4 metros. También, cuando el difusor 10 está dispuesto en la zona de reacción de un reactor de columna de burbujas, tal como la zona de reacción 24 del reactor de columna de burbujas 12 representado en la FIG. 1, el difusor 10 puede tener un diámetro máximo que es al menos al menos un 90 por ciento, al menos un 95 por ciento, al menos un 96 por ciento o al menos un 97 por ciento del diámetro de la zona de reacción a la altura de la zona de reacción 24 donde se dispone el difusor 10. La altura del difusor 10 con relación a la zona de reacción se determinará usando el centroide del difusor 10. El centroide del difusor 10 se determinará en base al difusor solo y no se calculará incluyendo otros miembros, tales como el miembro vertical 32.

Haciendo referencia de nuevo a la FIG. 1, como se señaló anteriormente, el reactor de columna de burbujas 12 se puede configurar para facilitar un contacto a contracorriente entre una suspensión (por ejemplo, una suspensión de ácido tereftálico purificado ("PTA")) y una corriente en fase gaseosa (por ejemplo, un oxidante en fase gaseosa). Por consiguiente, en diversas realizaciones, la entrada de suspensión 18 del reactor de columna de burbujas 12 se puede situar para introducir una suspensión dentro de la región del 50 por ciento normalmente superior, del 30 por ciento normalmente superior, del 20 por ciento normalmente superior o del 10 por ciento normalmente superior de la zona de reacción 24 del reactor de columna de burbujas 12. Además, en diversas realizaciones, el difusor 10 se puede disponer dentro de la región del 30 por ciento normalmente inferior, del 20 por ciento normalmente inferior o del 10 por ciento normalmente inferior de la zona de reacción 24 del reactor de columna de burbujas 12.

En diversas realizaciones, el difusor 10 se puede configurar para introducir un gas, tal como un oxidante en fase gaseosa (por ejemplo, aire o una combinación de aire y vapor), en la zona de reacción 24. En diversas realizaciones, el caudal de gas al difusor 10 puede ser al menos de 25, al menos de 50, al menos de 75, al menos de 100 o al menos de 150 kg/hora. Además, el caudal de gas al difusor 10 puede estar en el intervalo de desde alrededor de 25 hasta alrededor de 700 kg/hora, en el intervalo de desde alrededor de 50 hasta alrededor de 600 kg/hora, o en el intervalo de desde 75 hasta 500 kg/hora. Además, se puede introducir un gas en la zona de reacción 24 a tal tasa que produzca una velocidad superficial de gas ("U_g") en la zona de reacción 24 en el intervalo de desde alrededor de 0,01 hasta alrededor de 0,9 cm/s, en el intervalo de desde alrededor de 0,05 hasta alrededor de 0,4 cm/s, o en el intervalo de desde 0,1 hasta 0,2 cm/s. La velocidad superficial del gas, como se conoce en la técnica, es simplemente la relación del caudal volumétrico de gas al área de sección transversal promedio de la zona de reacción 24. En diversas realizaciones, la velocidad superficial del gas en la zona de reacción 24 puede ser de alrededor de 0,16 cm/s. Además, la retención de gas en la zona de reacción 24 puede estar en el intervalo de desde alrededor del 0,5 hasta alrededor del 3 por ciento, o en el intervalo de desde el 1 hasta el 2 por ciento. Como se conoce en la técnica, la "retención de gas" es simplemente la fracción en volumen de un medio de reacción multifase que está en estado gaseoso. También, en diversas realizaciones, la caída de presión asociada con la introducción de la corriente en fase gaseosa en la zona de reacción 24 puede ser al menos 0,0069, al menos 0,014, al menos 0,017 MPa (1, al menos 2 o al menos 2,5 libras por pulgada cuadrada ("psi")). Además, la caída de presión asociada con la introducción de la corriente en fase gaseosa en la zona de reacción 24 puede estar en el intervalo de desde alrededor de 0,0068 MPa (1 psi) hasta alrededor de 0,069 MPa (10 psi), en el intervalo de desde alrededor de 0,014 MPa (2 psi) hasta alrededor de 0,052 MPa (7,5 psi), o en el intervalo de desde 0,017 MPa (2,5 psi) hasta 0,034 MPa (5 psi). La caída de presión se determina según la siguiente fórmula:

$$\Delta P \approx 0,36(\rho)(U_0^2)$$

donde ΔP es la caída de presión, ρ es la densidad de gas de la corriente entrante en fase gaseosa y U_0 es la velocidad de la corriente en fase gaseosa determinada en las aberturas de descarga de fluido 30. U_0 se determina según la siguiente fórmula:

$$U_0 = [\text{caudal de la corriente en fase gaseosa}] / [N(\pi/4)(d_0^2)]$$

donde N es el número total de aberturas de descarga de fluido 30 y d_0 es el diámetro promedio de las aberturas de descarga de fluido 30.

En diversas realizaciones, la presión operativa de la zona de reacción 24, medida en la salida de gas de escape 22, puede estar en el intervalo de desde alrededor de 0,4 hasta alrededor de 8 MPa, en el intervalo de desde alrededor de 0,5 hasta alrededor de 4 MPa, o en el intervalo de desde 1 hasta 2 MPa. Además, la temperatura de operación de la zona de reacción 24, medida en la salida de suspensión 26, puede estar en el intervalo de desde alrededor de 150 hasta alrededor de 280 °C, en el intervalo de desde alrededor de 160 hasta alrededor de 240 °C, o en el intervalo de desde 170 hasta 210 °C.

Haciendo referencia ahora a la FIG. 3, se representa un difusor 110 alternativo que tiene una pluralidad de conductos de distribución de fluido curvados 128 que se extienden radialmente. Cada uno de los conductos de distribución de fluido 128 puede comprender una pluralidad de aberturas de descarga de fluido 130, que incluyen aberturas de descarga de fluido más internas 134, aberturas de descarga de fluido intermedias 138 y aberturas de descarga de fluido más externas 136. Además, el difusor 110 comprende un conducto de entrada de gas 120. En diversas realizaciones, el difusor 110 se puede emplear en un reactor de columna de burbujas (tal como el reactor de columna de burbujas 12, descrito anteriormente con referencia a FIG. 1) para introducir un gas (por ejemplo, un

oxidante en fase gaseosa) en la zona de reacción del reactor. El difusor 110, los conductos de distribución de fluido 128 y las aberturas de descarga de fluido 130 pueden tener, cada uno, las mismas o sustancialmente las mismas dimensiones y pueden operar de la misma o sustancialmente de la misma manera que el difusor 10, los conductos de distribución de fluido 28 y las aberturas de descarga de fluido 30 descritos anteriormente con referencia a las FIGS. 1 y 2.

Haciendo referencia ahora a la FIG. 4, se representa un difusor 210 alternativo que tiene una pluralidad de conductos de distribución de fluido circulares 228. Los conductos de distribución de fluido circulares 228 se pueden colocar de una manera concéntrica o sustancialmente concéntrica. Además, en diversas realizaciones, los conductos de distribución de fluido circulares 228 pueden estar separados de manera equianular o sustancialmente equianular. Como se puede ver en la FIG. 4, los conductos de distribución de fluido 228 presentan una pluralidad de aberturas de descarga de fluido 230. Las aberturas de descarga de fluido más internas 234 se pueden situar en el conducto de distribución de fluido más interno 240, las aberturas de descarga de fluido intermedias 238 se pueden situar en sus conductos de distribución de fluido intermedios 242 respectivos, y las aberturas de descarga de fluido más externas 236 se pueden situar en el conducto de distribución de fluido más externo 244. El número, la separación y las dimensiones de las aberturas de descarga de fluido 230 pueden ser los mismos o sustancialmente los mismos que las aberturas de descarga de fluido 30 descritas anteriormente con respecto a FIG. 2. Además, el difusor 210 puede operar de la misma o sustancialmente de la misma manera que el difusor 10 descrito anteriormente con respecto a las FIGS. 1 y 2.

Haciendo referencia ahora a la FIG. 5, se representa un difusor 310 alternativo que tiene una pluralidad de conductos de distribución de fluido cuadrados 328. Los conductos de distribución de fluido cuadrados 328 se pueden colocar de una manera concéntrica o sustancialmente concéntrica. Como se puede ver en la FIG. 5, los conductos de distribución de fluido 328 presentan una pluralidad de aberturas de descarga de fluido 330. En diversas realizaciones, los conductos de distribución de fluido cuadrados 328 pueden estar separados de manera que las aberturas de descarga de fluido 330 estén separadas de manera equianular o sustancialmente equianular. En una o más realizaciones, las aberturas de descarga de fluido más internas 334 se pueden situar en el conducto de distribución de fluido más interno 340, las aberturas de descarga de fluido intermedias 338 se pueden situar en sus conductos de distribución de fluido intermedios 342 respectivos, y las aberturas de descarga de fluido más externas 336 se pueden situar en situado en el conducto de distribución de fluido más externo 344. El número, la separación y las dimensiones de las aberturas de descarga de fluido 330 pueden ser los mismos o sustancialmente los mismos que las aberturas de descarga de fluido 30 descritas anteriormente con respecto a la FIG. 2. Además, el difusor 310 puede operar de la misma o sustancialmente de la misma manera que el difusor 10 descrito anteriormente con respecto a las FIGS. 1 y 2.

Haciendo referencia ahora a la FIG. 6, se representa un difusor 410 alternativo que tiene una pluralidad de conductos de distribución de fluido octogonales 428. Los conductos de distribución de fluido octogonales 428 se pueden colocar de una manera concéntrica o sustancialmente concéntrica. Como se puede ver en la FIG. 6, los conductos de distribución de fluido 428 presentan una pluralidad de aberturas de descarga de fluido 430. En diversas realizaciones, los conductos de distribución de fluido octogonales 428 se pueden separar de manera que las aberturas de descarga de fluido 430 estén separadas de manera equianular o sustancialmente equianular. En una o más realizaciones, las aberturas de descarga de fluido más internas 434 se pueden situar en el conducto de distribución de fluido más interno 440, las aberturas de descarga de fluido intermedias 438 se pueden situar en sus conductos de distribución de fluido intermedios 442 respectivos, y las aberturas de descarga de fluido más externas 436 se pueden situar en el conducto de distribución de fluido más externo 444. El número, la separación y las dimensiones de las aberturas de descarga de fluido 430 pueden ser los mismos o sustancialmente los mismos que las aberturas de descarga de fluido 30 descritas anteriormente con respecto a la FIG. 2. Además, el difusor 410 puede operar de la misma o sustancialmente de la misma manera que el difusor 10 descrito anteriormente con respecto a las FIGS. 1 y 2.

Haciendo referencia ahora a la FIG. 7, se puede emplear un difusor 510 en un reactor de columna de burbujas 512 en un sistema 514 para oxidar, al menos parcialmente, un compuesto oxidable (por ejemplo, paraxileno) para formar un ácido dicarboxílico (por ejemplo, ácido tereftálico). El sistema 514 se representa como que comprende un reactor de oxidación inicial 516, un reactor de extracción lateral de oxidación inicial 518, un reactor de oxidación secundaria 520 y el reactor de columna de burbujas 512, que puede ser un reactor de extracción lateral. El difusor 510 puede tener las mismas o sustancialmente las mismas dimensiones y operar de la misma o sustancialmente de la misma manera que se describió anteriormente con referencia a cualquiera de los difusores 10, 110, 210, 310 o 410 descritos anteriormente con referencia a las FIGS. 2, 3, 4, 5 y 6, respectivamente. Además, el reactor de columna de burbujas 512 puede tener las mismas o sustancialmente las mismas dimensiones y operar de la misma o sustancialmente de la misma manera que el reactor de columna de burbujas 12 descrito anteriormente con referencia a la FIG. 1.

En operación, se puede introducir una corriente de alimentación en fase líquida que comprende un compuesto oxidable (por ejemplo, paraxileno) y un disolvente (por ejemplo, ácido acético y/o agua) en el reactor de oxidación inicial 516 para oxidación en fase líquida. También se puede introducir un oxidante en fase gaseosa (por ejemplo, aire) en el reactor de oxidación inicial 516 a través de un difusor 522. En una o más realizaciones, el reactor de oxidación inicial 516 puede ser un reactor de columna de burbujas, de modo que la agitación del medio de reacción

resultante en la zona de reacción 524 del reactor de oxidación inicial 516 se proporcione principalmente por burbujas del oxidante en fase gaseosa entrante. La oxidación del compuesto oxidable puede ser una reacción de precipitación que produce un medio de reacción de tres fases. Después de la oxidación inicial, el gas de escape resultante se puede descargar a través de una línea 526, y la suspensión de ácido dicarboxílico en bruto resultante (por ejemplo, una suspensión de ácido tereftálico en bruto ("CTA")) se puede retirar a través de un conducto de extracción lateral 528.

La suspensión en el conducto de extracción lateral 528 se puede introducir en el reactor de extracción lateral de oxidación inicial 518 donde puede sufrir oxidación adicional a través de contacto con oxidante en fase gaseosa adicional (por ejemplo, aire o una combinación de aire y vapor). El gas de escape resultante de una oxidación adicional en el reactor de extracción lateral de oxidación inicial 518 se puede retirar a través de una línea 530, mientras que la suspensión resultante se puede retirar a través de una línea 532.

La suspensión de la línea 532 se puede introducir en el reactor de oxidación secundaria 520. Además, un oxidante en fase gaseosa adicional (por ejemplo, aire) se puede mezclar con la suspensión de la línea 532 antes de la introducción en el reactor de oxidación secundaria 520. Alternativamente, un oxidante en fase gaseosa adicional (por ejemplo, aire) se puede introducir en el reactor de oxidación secundaria 520 por separado. Se puede introducir disolvente adicional (por ejemplo, ácido acético y/o agua) en el reactor de oxidación secundaria 520 a través de un difusor 534. En una o más realizaciones, el reactor de oxidación secundaria 520 puede ser un reactor de tanque agitado continuo ("CSTR"), de modo que la agitación del medio de reacción resultante en la zona de reacción 536 del reactor de oxidación secundaria 520 se proporciona principalmente por medios mecánicos. En realizaciones alternativas, el reactor de oxidación secundaria 520 puede ser un reactor de columna de burbujas. Después de la oxidación secundaria, el gas de escape resultante se puede descargar a través de una línea 538, y la suspensión de ácido dicarboxílico purificado resultante (por ejemplo, una suspensión de ácido tereftálico purificado ("PTA")) se puede retirar a través de un conducto de extracción lateral 540.

La suspensión en el conducto de extracción lateral 540 se puede introducir en el reactor de columna de burbujas 512 donde puede sufrir oxidación adicional a través de contacto con oxidante en fase gaseosa adicional (por ejemplo, aire). Como se señaló anteriormente, el oxidante en fase gaseosa adicional se puede introducir en la zona de reacción 542 del reactor de columna de burbujas 512 a través del difusor 510, que puede tener la misma configuración que cualquiera de los difusores descritos anteriormente de las FIGS. 2-6. El gas de escape resultante de la oxidación adicional en el reactor de columna de burbujas 512 se puede retirar a través de una línea 544, mientras que la suspensión resultante (por ejemplo, una suspensión de ácido tereftálico) se puede retirar a través de una tubería 546.

Definiciones

Se debería entender que lo siguiente no se pretende que sea una lista exclusiva de términos definidos. Se pueden proporcionar otras definiciones en la descripción anterior, tales como, por ejemplo, cuando se acompaña el uso de un término definido en contexto.

Como se usan en la presente memoria, los términos "un", "una", "el" y "la" significan uno o más.

Como se usa en la presente memoria, el término "y/o", cuando se usa en una lista de dos o más elementos, significa que cualquiera de los elementos enumerados se puede emplear por sí mismo o se puede emplear cualquier combinación de dos o más de los elementos enumerados. Por ejemplo, si se describe una composición como que contiene los componentes A, B y/o C, la composición puede contener A solo; B solo; C solo; A y B en combinación; A y C en combinación, B y C en combinación; o A, B y C en combinación.

Como se usan en la presente memoria, los términos "que comprende", "comprende" y "comprenden" son términos de transición abiertos usados para hacer una transición de un tema citado antes del término a uno o más elementos citados después del término, donde el elemento o elementos enumerados después del término de transición no son necesariamente los únicos elementos que componen el sujeto.

Como se usa en la presente memoria, los términos "que tiene", "tiene" y "tienen" tienen el mismo significado abierto que "que comprende", "comprende" y "comprenden" proporcionados anteriormente.

Como se usan en la presente memoria, los términos "que incluye", "incluye" e "incluyen" tienen el mismo significado abierto que "que comprende", "comprende" y "comprenden" proporcionados anteriormente.

Intervalos numéricos

La presente descripción usa intervalos numéricos para cuantificar ciertos parámetros con relación a la invención. Se debería entender que cuando se proporcionan intervalos numéricos, tales intervalos se han de interpretar como que proporcionan un soporte literal para las limitaciones de las reivindicaciones que solamente citan el valor inferior del intervalo, así como para las limitaciones de las reivindicaciones que solamente citan el valor superior del intervalo. Por ejemplo, un intervalo numérico descrito de 10 a 100 proporciona soporte literal para una reivindicación que cite "mayor que 10" (sin límites superiores) y una reivindicación que cite "menos de 100" (sin límites inferiores).

La presente descripción usa valores numéricos específicos para cuantificar ciertos parámetros con relación a la invención, donde los valores numéricos específicos no son expresamente parte de un intervalo numérico. Se debería entender que cada valor numérico específico proporcionado en la presente memoria se ha de interpretar como que proporciona un soporte literal para un intervalo amplio, intermedio y estrecho. El intervalo amplio asociado con cada valor numérico específico es el valor numérico más y menos el 60 por ciento del valor numérico, redondeado a dos dígitos significativos. El intervalo intermedio asociado con cada valor numérico específico es el valor numérico más y menos el 30 por ciento del valor numérico, redondeado a dos dígitos significativos. El intervalo estrecho asociado con cada valor numérico específico es el valor numérico más y menos el 15 por ciento del valor numérico, redondeado a dos dígitos significativos. Por ejemplo, si la especificación describe una temperatura específica de 16,7 °C (62 °F), tal descripción proporciona soporte literal para un intervalo numérico amplio de -3,9 °C a 37,2 °C (25 °F a 99 °F) (16,7 °C +/- 20,5 °C (62 °F +/- 37 °F)), un intervalo numérico intermedio de 6,1 °C a 27,2 °C (43 °F a 81 °F) (16,7 °C +/- 10,6 °C (62 °F +/- 19 °F)), y un intervalo numérico estrecho de 11,7 °C a 21,7 °C (53 °F a 71 °F) (16,7 °C +/-5 °C (62 °F +/-9 °F)). Estos intervalos numéricos amplio, intermedio y estrecho se deberían aplicar no solamente a los valores específicos, sino que también se deberían aplicar a las diferencias entre estos valores específicos. De este modo, si la especificación describe una primera presión de 0,76 MPa (110 psia) y una segunda presión de 0,33 MPa (48 psia) (una diferencia de 0,43 MPa (62 psi)), los intervalos amplio, intermedio y estrecho para la diferencia de presión entre estas dos corrientes serían de 0,17 a 0,68 MPa (25 a 99 psi), 0,30 a 0,56 MPa (43 a 81 psi) y 0,37 a 0,49 MPa (53 a 71 psi), respectivamente.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (514) para oxidar, al menos parcialmente, un compuesto oxidable poniendo en contacto al menos una parte de dicho compuesto oxidable con un oxidante en fase gaseosa, dicho sistema que comprende:
- un primer reactor de oxidación (516);
- 5 un segundo reactor de oxidación (520) en comunicación de flujo de fluido aguas abajo con dicho primer reactor de oxidación (516);
- un reactor de columna de burbujas (512) en comunicación de flujo de fluido aguas abajo con dicho segundo reactor de oxidación (520) y que define una zona de reacción (542); y
- 10 un difusor (510) dispuesto dentro de dicha zona de reacción (542) y configurado para descargar al menos una parte de dicho oxidante en fase gaseosa en dicha zona de reacción (542),
- en donde dicho difusor (510) comprende uno o más conductos de distribución de fluido que definen una pluralidad de aberturas de descarga de fluido,
- en donde cuando dicho difusor (510) está dividido teóricamente en cuatro regiones anulares de igual área, el área de
- 15 aberturas de descarga acumulativa de las aberturas de descarga de fluido situadas en una de dichas regiones anulares está dentro del 25 por ciento del área de aberturas de descarga acumulativa de las aberturas de descarga de fluido situadas en al menos otra de dichas regiones anulares,
- en donde dicho difusor (510) tiene un área abierta de flujo pasante total de al menos el 25 por ciento,
- en donde dicho difusor (510) tiene un diámetro máximo que es al menos el 90 por ciento del diámetro de dicha zona de reacción a la altura donde está dispuesto dicho difusor:
- 20 en donde dicho reactor de columna de burbujas (512) está configurado para recibir una suspensión de dicho segundo reactor de oxidación (520) dentro de la región normalmente superior del 50 por ciento de dicha zona de reacción (542), en donde dicho difusor (510) está dispuesto dentro de la región normalmente más baja del 30 por ciento de dicha zona de reacción (542).
2. El sistema (514) de la reivindicación 1, en donde dicho difusor comprende una pluralidad de conductos de
- 25 distribución de fluido, en donde cada uno de dichos conductos de distribución de fluido comprende al menos tres de dichas aberturas de descarga de fluido, en donde cada uno de dichos conductos de distribución de fluido está acoplado de manera fluida a un conducto de entrada de fluido común.
3. El sistema (514) de la reivindicación 2, en donde dicho difusor comprende al menos tres de dichos conductos de
- 30 distribución de fluido, en donde dichos conductos de distribución de fluido se extienden radialmente desde dicho conducto de entrada de fluido común, en donde la separación radial de dichas aberturas de descarga de fluido asociadas con cada uno de dichos conductos de distribución de fluido disminuyen hacia fuera desde dicho conducto de entrada de fluido común.
4. El sistema (514) de la reivindicación 1, en donde dichas aberturas de descarga de fluido tienen un diámetro medio
- 35 promedio en el intervalo de desde alrededor de 0,5 hasta alrededor de 2,0 mm, en donde más del 50 por ciento de dichas aberturas de descarga de fluido están colocadas para descargar dicho oxidante en fase gaseosa en una dirección normalmente hacia abajo, en donde dicho difusor tiene un diámetro máximo de al menos el 95 por ciento del diámetro máximo de dicha zona de reacción, en donde la desviación en el diámetro medio entre todas de dichas aberturas de descarga de fluido es menor que 0,5 mm.
5. El sistema (514) de la reivindicación 1, en donde el área de aberturas de descarga acumulativa de las aberturas de
- 40 descarga de fluido situadas en una de dichas regiones anulares está dentro del 25 por ciento de cada una de las áreas de aberturas de descarga acumulativa de las aberturas de descarga de fluido situadas respectivamente en al menos otras dos de dichas regiones anulares.
6. Un método para producir un ácido dicarboxílico, dicho método que comprende:
- 45 (a) poner en contacto un compuesto oxidable con un primer oxidante en fase gaseosa formando por ello una suspensión de ácido dicarboxílico en bruto;
- (b) purificar al menos una parte de dicha suspensión de ácido dicarboxílico en bruto formando por ello una suspensión de ácido dicarboxílico purificado; y
- (c) poner en contacto al menos una parte de dicha suspensión de ácido dicarboxílico purificado con un segundo
- 50 oxidante en fase gaseosa en una zona de reacción (542) de un reactor de columna de burbujas (512), en donde al menos una parte de dicho segundo oxidante en fase gaseosa se introduce en dicha zona de reacción (542) a través de un difusor (510) dispuesto en dicha zona de reacción (542),

en donde dicho difusor comprende uno o más conductos de distribución de fluido que definen una pluralidad de aberturas de descarga de fluido,

5 en donde cuando dicho difusor (510) se divide teóricamente en cuatro regiones anulares de igual área, el área de abertura de descarga acumulativa de las aberturas de descarga de fluido situadas en una de dichas regiones anulares está dentro del 25 por ciento del área de abertura de descarga acumulativa de las aberturas de descarga de fluido situadas en al menos otra de dichas regiones anulares,

en donde dicho difusor (510) tiene un área abierta de flujo pasante total de al menos el 25 por ciento,

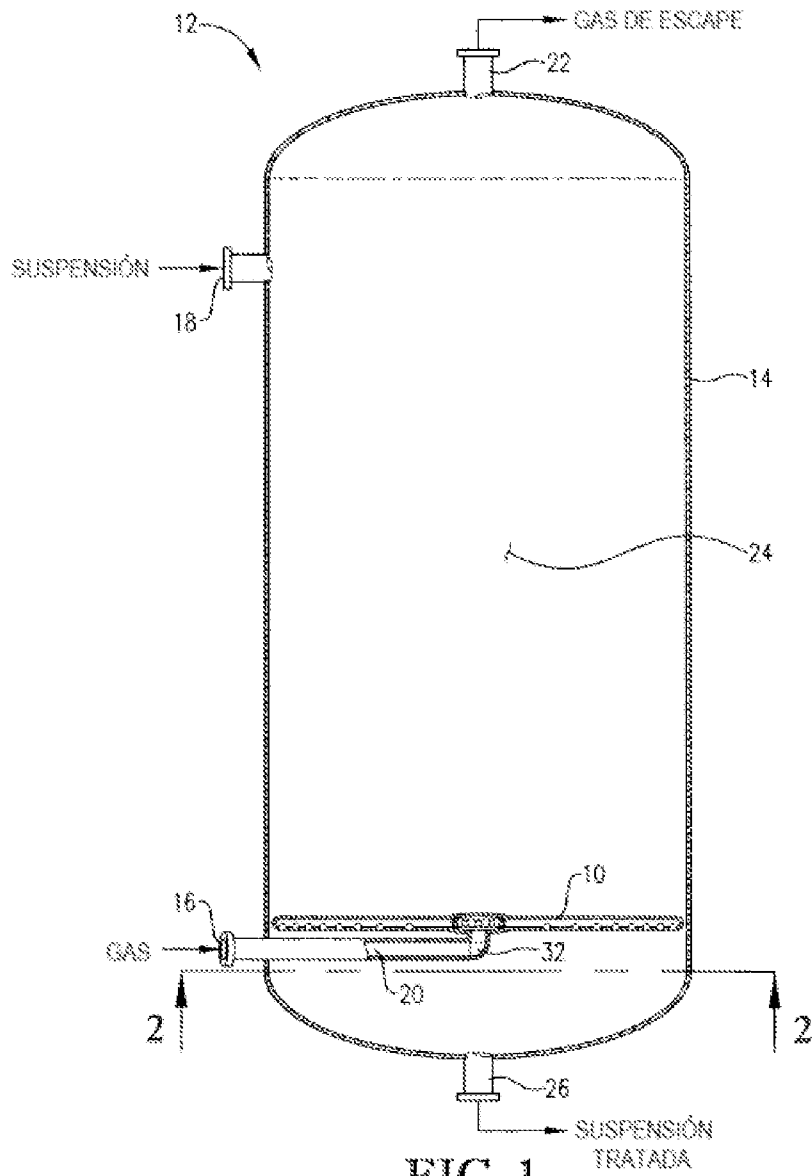
en donde dicho difusor (510) tiene un diámetro máximo que es al menos el 90 por ciento del diámetro de dicha zona de reacción a la altura donde está dispuesto dicho difusor (510).

10 7. El método de la reivindicación 6, en donde (i) dicho difusor (510) comprende al menos tres de dichos conductos de distribución de fluido, en donde cada uno de dichos conductos de distribución de fluido define al menos tres de dichas aberturas de descarga de fluido, en donde cada uno de dichos conductos de distribución de fluido está acoplado de manera fluida a un conducto de entrada de fluido común, en donde dichos conductos de distribución de fluido se extienden radialmente desde dicho conducto de entrada de fluido común, en donde la separación radial de
15 dichas aberturas de descarga de fluido asociadas con cada uno de dichos conductos de distribución de fluido disminuye hacia fuera desde dicho conducto de entrada de fluido común.

8. El método de la reivindicación 6, en donde dichas aberturas de descarga de fluido tienen un diámetro medio promedio en el intervalo de desde alrededor de 0,5 hasta alrededor de 2,0 mm, en donde más del 50 por ciento de dichas aberturas de descarga de fluido se colocan para descargar dicho segundo oxidante en fase gaseosa en una
20 dirección normalmente hacia abajo, en donde dicho difusor (510) tiene un diámetro máximo de al menos el 95 por ciento del diámetro de dicha zona de reacción a la altura donde está dispuesto dicho difusor (510), en donde la desviación en el diámetro medio entre todas de dichas aberturas de descarga de fluido es menor que 0,5 mm, en donde dicho segundo oxidante en fase gaseosa tiene una velocidad de gas superficial en dicha zona de reacción en el intervalo de desde alrededor de 0,01 hasta alrededor de 0,9 cm/s.

25 9. El método de la reivindicación 6, en donde el área de abertura de descarga acumulativa de las aberturas de descarga de fluido situadas en una de dichas regiones anulares está dentro del 25 por ciento de cada una de las áreas de abertura de descarga acumulativa de las aberturas de descarga de fluido situadas respectivamente en al menos dos de otras de dichas regiones anulares.

30 10. El método de la reivindicación 6, en donde dicho compuesto oxidable es paraxileno, en donde dicho ácido dicarboxílico es ácido tereftálico.



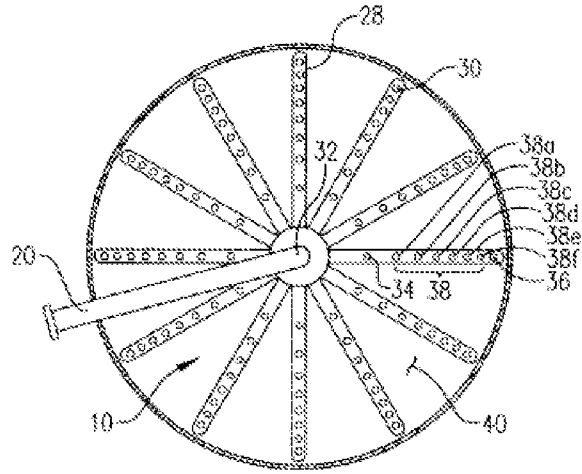


FIG. 2

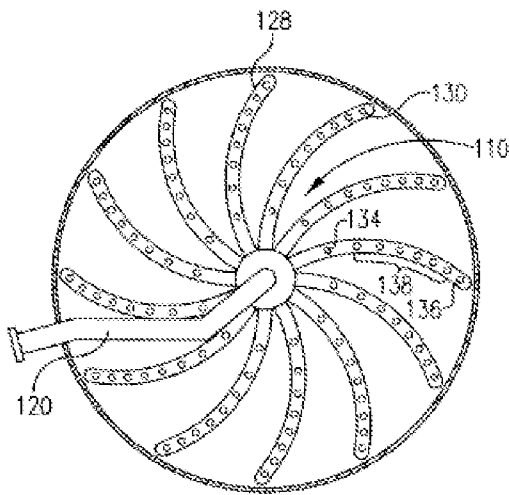


FIG. 3

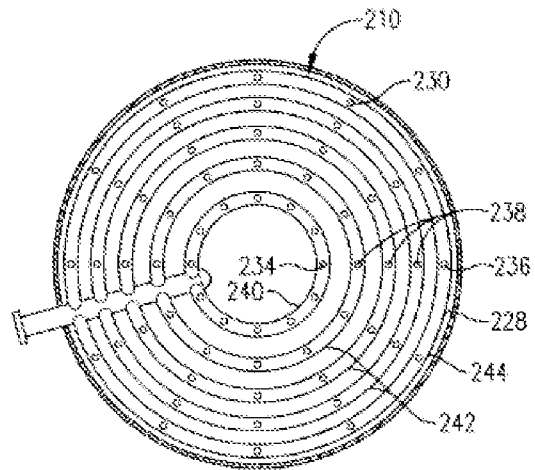


FIG. 4

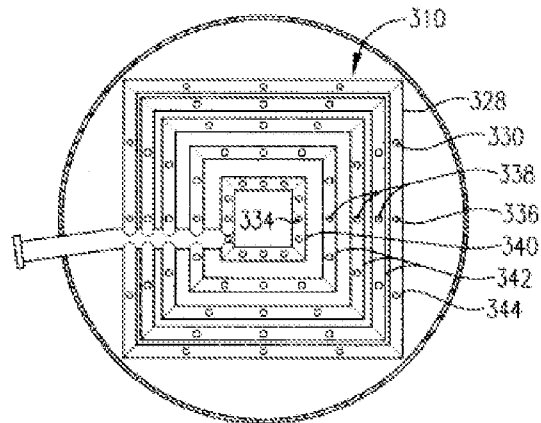


FIG. 5

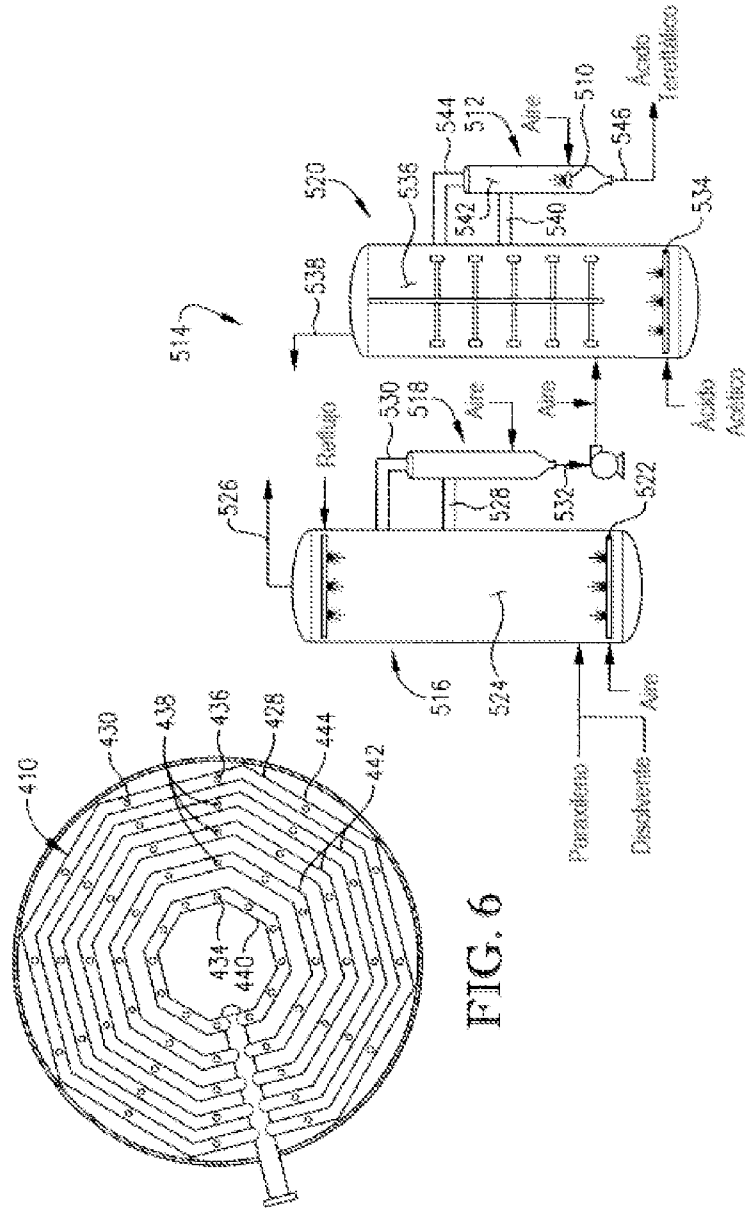


FIG. 6

FIG. 7