

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 397 306**

51 Int. Cl.:

**B01J 19/00** (2006.01)

**B01J 19/24** (2006.01)

**B01D 3/24** (2006.01)

**C08G 63/78** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.10.2006 E 09011808 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.10.2012 EP 2138226**

54 Título: **Proceso de polimerización con diseño de reactor optimizado**

30 Prioridad:

**28.10.2005 US 731390 P**  
**01.08.2006 US 496835**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**06.03.2013**

73 Titular/es:

**EASTMAN CHEMICAL COMPANY (100.0%)**  
**100 NORTH EASTMAN ROAD**  
**KINGSPORT, TN 37660-5075, US**

72 Inventor/es:

**YOUNT, THOMAS LLOYD;**  
**WINDES, LARRY CATES y**  
**DEBRUIN, BRUCE ROGER**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 397 306 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

Proceso de polimerización con diseño de reactor optimizado.

### 5 Campo de la Invención

La presente invención se refiere en general a un reactor para procesar un medio de reacción que tiene una viscosidad que aumenta a medida que el medio fluye a través del reactor. En otro aspecto, la presente invención se refiere a un reactor de polimerización que tiene una pluralidad de bandejas internas verticalmente separadas sobre las cuales fluye un medio de reacción de polimerización al tiempo que aumenta el grado de polimerización del medio de reacción.

### 10 Antecedentes de la Invención

En ciertos esquemas de procesamiento químico resulta deseable que las reacciones químicas tengan lugar en un medio de reacción que fluya en uno o más láminas relativamente delgadas. En tal esquema de procesamiento, la reacción avanza durante un extenso periodo de tiempo en vez que las láminas del medio de reacción están expuestas a las condiciones de reacción requeridas. Este tipo de proceso es particularmente ventajoso allí donde la reacción química produce un subproducto de reacción gaseoso y es deseable que tal subproducto se desacople rápida y completamente del medio de reacción. Por ejemplo, si la reacción química que produce el subproducto gaseoso es reversible, un fallo al desacoplar adecuadamente el subproducto podría contrarrestar la reacción deseada. Cuando el medio de reacción fluye en una o más láminas relativamente delgadas, el subproducto de reacción gaseoso puede escapar rápidamente del medio de reacción. Además, cuando el medio de reacción fluye en una o más láminas relativamente delgadas, la baja presión hidrostática sobre la porción inferior del medio de reacción minimiza la supresión de ebullición que puede presentarse cuando se ejecutan reacciones usando medios de reacción relativamente profundos.

Aunque la realización de reacciones químicas en láminas relativamente delgadas de un medio de reacción tiene una serie de ventajas, este tipo de proceso también presenta una serie de desafíos. Por ejemplo, debido a que las láminas delgadas del medio de reacción requieren grandes cantidades de área superficial sobre la cual fluir, pueden ser necesarios reactores muy grandes y/o numerosos para producir cantidades comerciales del producto de reacción. Además, en muchos procesos que emplean láminas delgadas de medio de reacción, la viscosidad del medio de reacción cambia a medida que avanza la reacción. De este modo, la viscosidad del producto final puede ser mucho mayor o mucho menor que la viscosidad del medio de reacción inicial. Esta viscosidad cambiante del medio de reacción presenta una serie de desafíos de diseño debido a que pueden resultar indeseables variaciones significativas del caudal y/o profundidad del medio de reacción.

Un ejemplo de un proceso comercial común en donde es deseable realizar una reacción química en uno o más láminas relativamente delgadas es en la etapa de "acabado" de la producción de tereftalato de polietileno (PET). Durante la etapa de acabado de PET la policondensación hace que el grado de polimerización del medio de reacción aumente significativamente y también produce glicol etilenglicol, acetaldehído y agua como subproductos de reacción. Típicamente, el grado de polimerización del medio de reacción introducido dentro del reactor/zona de acabado es de 20-60, mientras que el grado de polimerización del medio de reacción/producto que sale de la reacción de acabado es de 80-200. Este aumento del grado de polimerización del medio de reacción durante el acabado hace que la viscosidad del medio de reacción aumente significativamente. Además, dado que la reacción de policondensación asociada con el acabado de PET es reversible, es deseable desacoplar el subproducto de reacción de etilenglicol del medio de reacción tan rápida y completamente como sea posible.

Por tanto, existe una necesidad de un reactor más eficiente y económico que facilite el procesamiento de grandes cantidades de un medio de reacción en láminas relativamente delgadas durante extensos periodos de tiempo. Además, existe una necesidad de un reactor de acabado de PET más eficiente y efectivo que facilite la policondensación de grandes cantidades de un medio de reacción que fluye en láminas delgadas relativamente uniformes a través del reactor de acabado, al tiempo que proporcione un tiempo de residencia adecuada para lograr el grado requerido de polimerización.

### 55 Sumario de la Invención

De acuerdo con una realización de la presente invención, se provee un proceso de polimerización que comprende: (a) introducir un medio de reacción dentro de un reactor de polimerización que comprende una pluralidad de bandejas inclinadas verticalmente separadas; (b) hacer que el medio de reacción fluya hacia abajo en el reactor sobre las bandejas verticalmente separadas, en el que el espesor medio del medio de reacción que fluye en las bandejas verticalmente separadas se mantiene entre alrededor de 2,5 pulgadas o más; y (c) retirar el medio de reacción del reactor de polimerización, en el que el grado de polimerización del medio de reacción retirado del reactor de polimerización es por lo menos aproximadamente el 25 por ciento mayor que el grado de polimerización del medio de reacción introducido en el reactor de polimerización.

65

Breve descripción de las figuras de los dibujos

- 5 La figura 1 es una vista frontal en sección de un reactor para procesar un medio de reacción que fluye a su través en sentido descendente, ilustrando particularmente que el reactor incluye dos cajas de bandejas, cada una de las cuales aloja una pluralidad de bandejas internas inclinadas verticalmente separadas sobre las cuales fluye el medio de reacción a medida que atraviesa el reactor en sentido descendente.
- La figura 2a es una vista desde arriba en sección del reactor tomada a lo largo de la línea 2a-2a de la figura 1, ilustrando particularmente la dirección en sentido longitudinal del flujo del medio de reacción sobre la bandeja unidireccional superior.
- 10 La figura 2b es una vista desde arriba en sección del reactor tomada a lo largo de la línea 2b-2b de la figura 1, ilustrando particularmente la dirección en sentido longitudinal del flujo del medio de reacción sobre la bandeja unidireccional situada justo por debajo de la bandeja mostrada en la figura 2a.
- La figura 3a es una vista desde arriba en sección del reactor tomada a lo largo de la línea 3a-3a de la figura 1, ilustrando particularmente la dirección en el sentido de la anchura del flujo del medio de reacción sobre una bandeja unidireccional situada justo por debajo de las bandejas longitudinales ilustradas en las figuras 2a y 2b.
- 15 La figura 3b es una vista desde arriba en sección del reactor tomada a lo largo de la línea 3b-3b de la figura 1, ilustrando particularmente la dirección en el sentido de la anchura del flujo del medio de reacción sobre la bandeja unidireccional situada justo por debajo de la bandeja mostrada en la figura 3a.
- La figura 4a es una vista desde arriba en sección del reactor tomada a lo largo de la línea 4a-4a de la figura 1, ilustrando particularmente la dirección de flujo del medio de reacción sobre una bandeja de tejado bidireccional que diverge hacia abajo situada por debajo de las bandejas unidireccionales.
- 20 La figura 4b es una vista desde arriba en sección del reactor tomada a lo largo de la línea 4b-4b de la figura 1, ilustrando particularmente la dirección de flujo del medio de reacción sobre una bandeja de artesa que converge bidireccional hacia abajo situada por debajo de las bandejas de tejado mostrada en la figura 4a.
- 25 La figura 5a es una vista frontal agrandada del par de bandejas unidireccionales longitudinales circunscritas en líneas de puntos y trazos y etiquetadas con "5" en la figura 1.
- La figura 5b es una vista lateral de las bandejas unidireccionales longitudinales mostradas en la figura 5a.
- La figura 6a es una vista frontal agrandada del par de bandejas unidireccionales en el sentido de la anchura circunscritas en líneas de puntos y trazos y etiquetadas con "6" en la figura 1.
- 30 La figura 6b es una vista lateral de las bandejas unidireccionales en el sentido de la anchura mostradas en la figura 6a.
- La figura 7a es una vista frontal agrandada del par de bandejas bidireccionales circunscritas en líneas de puntos y trazos y etiquetadas con "7" en la figura 1.
- 35 La figura 7b es una vista lateral de las bandejas bidireccionales mostradas en la figura 7a.
- La figura 8a es una vista frontal agrandada del conjunto de transición circunscrito con líneas de puntos y trazos y etiquetadas con "8" en la figura 1.
- La figura 8b es una vista desde arriba del conjunto de transición mostrado en la figura 8a.
- La figura 9 es una vista frontal en sección de un reactor construido según una primera realización alternativa de la presente invención, ilustrando particularmente que el reactor tiene únicamente una sola caja de bandejas dispuesta en él.
- 40 La figura 10 es una vista desde arriba en sección del reactor alternativo tomada a lo largo de la línea 10-10 de la figura 9, ilustrando particularmente la manera según la cual la única caja de bandejas está posicionada en el reactor.
- La figura 11 es una vista frontal en sección de un reactor construido con arreglo a una segunda realización alternativa de la presente invención, ilustrando particularmente que el reactor tiene tres cajas de bandejas dispuestas en él.
- 45 La figura 12 es una vista desde arriba en sección del reactor alternativo tomada a lo largo de la línea 12-12 de la figura 1, ilustrando particularmente la manera según la cual las tres cajas de bandejas están posicionadas en el reactor.
- 50 La figura 13 es una vista desde arriba en sección de un reactor construido según una tercera realización alternativa del a presente invención, ilustrando particularmente que el reactor tiene seis cajas de bandejas posicionadas lado con lado en el reactor.
- La figura 14 es una vista lateral de una serie de bandejas unidireccionales construidas según una realización alternativa de la presente invención, ilustrando particularmente que puede formarse un hueco en la parte posterior de las bandejas unidireccionales para permitir que una porción del medio de reacción fluya sobre la parte posterior de una bandeja y caiga hasta la siguiente bandeja inferior.
- 55

Descripción detallada de la Invención

- 60 Haciendo referencia inicialmente a la figura 1, se ilustra un reactor 20 comprendiendo una envuelta 22 de vasija, un distribuidor 24 y dos cajas 26a, b de bandejas. La envuelta 22 de vasija tiene preferiblemente una configuración alargada generalmente cilíndrica. La relación longitud versus diámetro (L:D) de la envuelta 22 de vasija es preferiblemente al menos de aproximadamente 1:1, más preferiblemente en el rango de aproximadamente 2:1 a aproximadamente 30:1, y muy preferiblemente en el rango de 3:1 hasta 10:1. Durante el funcionamiento normal del reactor 20, la envuelta 22 de vasija se mantienen en una posición sustancialmente vertical.
- 65

La envuelta 22 de vasija define una entrada superior 28 y una entrada inferior 30. El distribuidor 24 y las cajas 26a, b de bandejas están posicionadas verticalmente entre la entrada 28 y la salida 30 de modo que el medio de reacción que entra en el reactor 20 a través de la entrada 28 pueda fluir en sentido descendente a través del distribuidor 24 y las cajas 26a, b de bandejas antes de ser descargado desde el reactor 20 a través de la salida 30.

Cuando el reactor 20 incluye una pluralidad de cajas 26a, b de bandejas, el distribuidor 24 se usa para dividir y distribuir el flujo del medio de reacción entrante de modo que cada caja 26a, b de bandejas reciba y procese sustancialmente la misma cantidad del medio de reacción. Si el reactor 20 fuera a emplear únicamente una caja de bandejas, entonces el distribuidor no dividiría el flujo del medio de reacción, sino que aún actuaría para distribuir adecuadamente el medio de reacción hacia la entrada de la caja de bandejas.

En la realización ilustrada en las figuras 1-8, el reactor 20 incluye dos cajas 26a, b de bandejas sustancialmente idénticas. La siguiente sección describirá la configuración de únicamente un caja 26a de bandejas en el entendimiento de que todas las cajas 26a, b de bandejas tienen sustancialmente la misma configuración.

Haciendo referencia ahora a las figuras 1 y 2a, la caja 26a de bandejas incluye una pluralidad de paredes laterales erectas 27a, b, c, d que definen un espacio interno generalmente rectangular. La caja 26a de bandejas también incluye una pluralidad de bandejas inclinadas verticalmente separadas recibidas en el espacio interno y acopladas rígidamente a las paredes laterales erectas 27a, b, c, d. El espacio interno definido por las paredes laterales erectas 27a, b, c, d está abierto en las partes superior e inferior de modo que el medio de reacción pueda entrar en la parte superior de la caja 26a de bandejas, fluir en sentido descendente a través del espacio interno sobre las bandejas inclinadas y salir de la parte inferior de la caja 26a de bandejas. Preferiblemente, la caja 26a de bandejas incluye al menos cerca de 10 bandejas, más preferiblemente al menos cerca de 20 bandejas y muy preferiblemente en el rango de 30 a 100 bandejas. Por supuesto, el número total preferido de bandejas en el reactor 20 es sencillamente el número de bandejas de una caja de bandejas multiplicado por el número de cajas de bandejas en el reactor 20. La inclinación de las bandejas aumenta generalmente en sentido descendente dentro del reactor 20 para acomodar la viscosidad creciente del medio de reacción a medida que éste fluye hacia abajo sobre las bandejas.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 1, se prefiere que la caja 26a de bandejas incluya bandejas con configuraciones y/u orientaciones diferentes para optimizar el flujo del medio de reacción a su través. Preferiblemente, la caja 26a de bandejas incluye una pluralidad de bandejas unidireccionales 32 y una pluralidad de bandejas bidireccionales 34. Según se emplea en este documento, el término "bandeja unidireccional" significa una bandeja que se inclina en sólo una dirección de modo que el fluido que fluye en la caja de bandejas a la altura de esa bandeja fluye únicamente en una dirección. Según se emplea aquí, el término "bandeja bidireccional" significa una bandeja que se inclina en dos direcciones de modo que el fluido que fluye en la caja de bandejas a la altura de esa bandeja fluye en dos direcciones. En una realización preferida de la presente invención, al menos una porción de la bandejas unidireccionales 32 están situadas por encima de al menos una porción de las bandejas bidireccionales 34. Más preferiblemente, todas las bandejas unidireccionales 32 están situadas por encima de todas las bandejas bidireccionales 34. Preferiblemente, la caja 26a de bandejas incluye al menos aproximadamente 5 bandejas unidireccionales, más preferiblemente al menos cerca de 10 bandejas unidireccionales y muy preferiblemente en el rango de 15 a 50 bandejas unidireccionales. Preferiblemente, la caja 26a de bandejas incluye al menos cerca de 5 bandejas bidireccionales, más preferiblemente al menos cerca de 10 bandejas bidireccionales y muy preferiblemente en el rango de 15 a 50 bandejas bidireccionales. Preferiblemente, al menos aproximadamente un 10 por ciento de todas las bandejas de la caja 26 de bandejas son bandejas unidireccionales, más preferiblemente al menos cerca del 20 por ciento son bandejas unidireccionales y muy preferiblemente en el rango de un 30 por ciento a un 80 por ciento son bandejas unidireccionales. Preferiblemente, al menos cerca del 10 por ciento de todas las bandejas de la caja 26a de bandejas son bandejas bidireccionales y más preferiblemente al menos cerca del 20 por ciento son bandejas bidireccionales.

Según se ilustra en la figura 1, la caja 26a de bandejas incluye preferiblemente un conjunto superior 26 y un conjunto inferior 38 de bandejas unidireccionales 32. El conjunto superior 36 de bandejas unidireccionales 32 incluye preferiblemente una pluralidad de bandejas 40 inclinadas en sentido longitudinal. El conjunto inferior 38 de bandejas unidireccionales 32 incluye preferiblemente una pluralidad de bandejas 42 inclinadas en el sentido de la anchura. Según se muestra por las flechas en las figuras 2 y 3, se prefiere que cada bandeja unidireccional 32 sea alargada – estando inclinadas las bandejas 40 inclinadas en sentido longitudinal (figura 2) en la dirección de alargamiento de bandeja, mientras que las bandejas 42 inclinadas en el sentido de la anchura (figura 3) están inclinadas en perpendicular a la dirección de alargamiento de las bandejas. Según se ilustra en las figuras 2 y 3, las direcciones de inclinación de las bandejas 40 inclinadas en sentido longitudinal y de las bandejas 42 inclinadas en el sentido de la anchura son sustancialmente perpendiculares entre ellas.

Según se ilustra en las figuras 1, 2 y 5, las bandejas 40a, b inclinadas en sentido longitudinal verticalmente adyacentes están inclinadas en direcciones generalmente opuestas de modo que el medio de reacción es forzado a fluir hacia delante y hacia atrás sobre las bandejas 40 inclinadas en sentido longitudinal a medida que avanza en sentido descendente en el reactor 20. Según se ilustra en las figuras 2 y 5, cada bandeja 40 inclinada en sentido longitudinal incluye un miembro principal 44 sustancialmente rectangular y plano y un vertedero 46. En la realización ilustrada en las figuras 1-6, tres lados del miembro principal 44 están preferiblemente acoplados y sellados a lo largo de tres de las cuatro paredes laterales 27 de la caja 26a de bandejas, mientras que un hueco 47 (figuras 2a, b y 5b) está formado entre el

cuarto lado del miembro principal 44 y la pared lateral restante 27 de la caja 26a de bandejas. El hueco 47 proporciona un pasadizo a través del cual el medio de reacción puede caer hacia abajo sobre la siguiente bandeja inferior 40 inclinada en sentido longitudinal. El miembro principal 44 está inclinado hacia abajo de modo que el medio de reacción pueda fluir por gravedad hacia el vertedero 46. La inclinación descendente del miembro principal 44 está preferiblemente en el rango de aproximadamente 0,5 hasta aproximadamente 10 grados respecto de la horizontal y muy preferiblemente en el rango de 1 a 4 grados respecto de la horizontal.

Haciendo referencia de nuevo a las figuras 2 y 5, el miembro principal 44 presenta una superficie superior orientada hacia arriba generalmente plana. Preferiblemente, el miembro principal 44 no tiene sustancialmente aberturas en él de modo que todo el líquido que fluya sobre la bandeja 40 debe pasar sobre/a través del vertedero 46 con el fin de abandonar la bandeja 40. El vertedero 46 se extiende hacia arriba desde la superficie superior del miembro principal 44 cerca de la altura más inferior del miembro principal 44. Preferiblemente, el vertedero 46 está separado menos de aproximadamente 6 pulgadas respecto del borde terminal del miembro principal 44, más preferiblemente menos de aproximadamente 3 pulgadas y muy preferiblemente menos de 2 pulgadas. Preferiblemente, el vertedero 46 se extiende a todo lo largo de la anchura de la bandeja 40 inclinada en sentido longitudinal, desde la pared lateral 27a a la pared lateral 27c. El vertedero 46 ayuda a mantener una lámina sustancialmente uniforme de medio de reacción sobre la bandeja 40. Preferiblemente, el vertedero 46 tiene una altura de al menos unas 2,5 pulgadas. Más preferiblemente, la altura del vertedero 46 está en el rango de 3 a 12 pulgadas. Según se ilustra en la figura 5a, una pluralidad de aberturas 48 de vertedero relativamente pequeñas están formadas preferiblemente cerca de la parte inferior del vertedero 46, junto al miembro principal 44. Las aberturas 48 del vertedero permiten que una cantidad relativamente pequeña de medio de reacción fluya a su través durante la operación normal del reactor 20. Durante la parada del reactor 20, las aberturas 48 del vertedero permiten que sustancialmente todo el medio de reacción sea drenado de las bandejas 40, de modo que no permanezca atrapado un charco del medio de reacción detrás del vertedero 46 cuando se detiene el reactor 20.

Según se ilustra en las figuras 1, 3 y 6, las bandejas 42a, b inclinadas en el sentido de la anchura verticalmente adyacentes están inclinadas en direcciones generalmente opuestas de modo un medio de reacción sea forzado a fluir hacia delante y hacia atrás sobre las bandejas 42 inclinadas en el sentido de la anchura a medida que éste avanza en sentido descendente en el reactor 20. Según se ilustra en las figuras 3 y 6, cada bandeja 42 inclinada en el sentido de la anchura incluye un miembro principal 50 sustancialmente rectangular y plano y un vertedero 52. Tres lados del miembro principal 44 están acoplados a y sellados a lo largo de tres de las cuatro paredes laterales 27 de la caja 26a de bandejas, mientras que un hueco 53 (figuras 3a, b y 6a) está formado entre el cuarto lado del miembro principal 50 y la pared lateral restante 27 de la caja 26a de bandejas. El hueco 53 proporciona un pasadizo a través del cual el medio de reacción puede caer hacia abajo sobre la siguiente bandeja inferior 42 inclinada en el sentido de la anchura. El miembro principal 50 está inclinado de modo que el medio de reacción pueda fluir por gravedad hacia el vertedero 52. La inclinación descendente de las bandejas 42 inclinadas en el sentido de la anchura aumenta en sentido descendente en el reactor 20. Preferiblemente, la más superior de las bandejas 42 inclinadas en el sentido de la anchura tiene una inclinación descendente en el rango de aproximadamente 0,5 hasta aproximadamente 10 grados respecto de la horizontal, y muy preferiblemente en el rango de 1 hasta 4 grados respecto de la horizontal. Preferiblemente, la más inferior de las bandejas 42 inclinadas en el sentido de la anchura tiene una inclinación descendente en el rango de aproximadamente 2 hasta aproximadamente 20 grados respecto de la horizontal, y muy preferiblemente en el rango de 4 hasta 10 grados respecto de la horizontal. Preferiblemente, la inclinación descendente de la más inferior de las bandejas 42 inclinadas en el sentido de la anchura es al menos alrededor de 1 grado mayor que la inclinación descendente de la más superior de las bandejas 42 inclinadas en el sentido de la anchura, más preferiblemente al menos unos 2 grados mayor que la inclinación descendente de la más superior de las bandejas 42 inclinadas en el sentido de la anchura y muy preferiblemente en el rango de 4 a 10 grados mayor que la inclinación descendente de la más superior de las bandejas 42 inclinadas en el sentido de la anchura.

Haciendo referencia de nuevo a las figuras 3 y 6, es preferible que el miembro principal 50 no tenga sustancialmente aberturas en él de modo que todo el líquido que fluya sobre la bandeja 42 deba pasar sobre/a través del vertedero 52 con el fin de abandonar la bandeja 42. El miembro principal 50 presenta una superficie superior orientada generalmente hacia arriba. El vertedero 52 se extiende hacia arriba desde la superficie superior del miembro principal 50 cerca de la altura más inferior del miembro principal 50. Preferiblemente, el vertedero 46 está separado del borde terminal del miembro principal 50 por una distancia menor de aproximadamente 6 pulgadas, más preferiblemente menos de aproximadamente 3 pulgadas y muy preferiblemente menor de 1 pulgada. Preferiblemente, el vertedero 52 se extiende a todo lo largo entre la pared lateral 27b y la pared lateral 27d. El vertedero 52 ayuda a mantener una lámina sustancialmente uniforme de medio de reacción sobre la bandeja 42. Preferiblemente, el vertedero 52 tiene una altura de al menos unas 2,5 pulgadas. Más preferiblemente, la altura del vertedero 52 está en el rango de 3 a 12 pulgadas. Según se ilustra en la figura 6b, una pluralidad de aberturas relativamente pequeñas 54 del vertedero están formadas preferiblemente cerca de la parte inferior del vertedero 52, junto al miembro principal 50. Las aberturas 54 del vertedero permiten que una cantidad relativamente pequeña de medio de reacción fluya a su través durante la operación normal del reactor 20. Durante la parada del reactor 20, las aberturas 54 del vertedero permiten que sustancialmente todo el medio de reacción sea drenado de las bandejas 42, de modo que no permanezca atrapado un charco del medio de reacción detrás del vertedero 52 cuando se detiene el reactor 20.

En una realización de la presente invención, al menos 5 de las bandejas unidireccionales 32 están equipadas con un vertedero y más preferiblemente al menos 10 de las bandejas unidireccionales 32 están equipadas con un vertedero.

Preferiblemente, al menos un 10 por ciento de todas las bandejas unidireccionales 32 de la caja 26a de bandejas están equipadas con un vertedero, más preferiblemente al menos un 33 por ciento de las bandejas unidireccionales 32 están equipadas con un vertedero, y muy preferiblemente al menos un 66 por ciento de las bandejas unidireccionales 32 están equipadas con un vertedero.

El vertedero puede ayudar a proporcionar más tiempo de residencia en el reactor de la invención que en diseños convencionales, al tiempo que requiere de una cantidad equivalente o menor de volumen de reactor, bandejas y/o superficies metálicas. Además, los vertederos pueden ayudar a proporcionar una lámina más gruesa de medio de reacción sobre las bandejas que los diseños de acabado de PET convencionales. Asimismo, deberá observarse que las realizaciones aquí descritas proporcionan ventajosamente láminas más delgadas de medio de reacción que caen hacia abajo de bandeja a bandeja y láminas más gruesas de medio de reacción sobre las bandejas.

Según se ilustra en las figuras 1, 4 y 7, las bandejas bidireccionales 34 están acopladas a, y se extienden entre, las paredes laterales 27b, d de la caja 26a de bandejas. Las bandejas bidireccionales 34 incluyen bandejas de tejado alternas 34a y bandejas 34b de artesa. Según quizá se ilustra mejor en las figuras 4a y 7a, cada bandeja de tejado bidireccional 34a incluye un miembro divisor erecto 56 y un par de miembros de tejado inclinados hacia abajo 58, 60 que se extienden en direcciones generalmente opuestas desde la parte inferior del miembro divisor 56. Los miembros de tejado 58, 60 divergen uno de otro a medida que se extienden hacia abajo y hacia fuera del miembro divisor 56. Un primer hueco 62 está formado entre el borde terminal del miembro de tejado 58 y la pared lateral 27a. Un segundo hueco 64 está formado entre el borde terminal del miembro de tejado 60 y la pared lateral 27c. El medio de reacción fluye hacia abajo a través de los huecos 62, 64 con el fin de alcanzar la siguiente bandeja de artesa bidireccional inferior 34b.

Haciendo referencia a las figuras 4b y 7a, cada bandeja de artesa bidireccional 34b incluye un par de miembros de artesa 66, 68 que se inclinan hacia abajo acoplados a, y que se extienden hacia dentro desde, las paredes laterales 27a, c de la caja 26a de bandejas. Los miembros de artesa 66, 68 convergen uno hacia otro a medida que se extienden hacia abajo y hacia dentro desde las paredes laterales 27a, c. Un hueco 70 está formado entre los bordes terminales inferiores de los miembros de artesa 66, 68. El hueco 70 es lo suficientemente grande para permitir que láminas separadas de medio de reacción que fluyen sobre los miembros de artesa 66, 68 permanezcan separadas a medida que caen a través del hueco 70 hasta la siguiente bandeja de tejado inferior 34a. Las porciones separadas del medio de reacción que fluyen sobre los miembros de artesa 66, 68 caen hacia abajo a través del hueco 70 en lados opuestos del miembro divisor 56 de la siguiente bandeja de tejado inferior 34a.

En una realización preferida de la presente invención, la inclinación de las bandejas bidireccionales 34 aumenta hacia abajo en el reactor 20. Preferiblemente, la más superior de las bandejas bidireccionales 34 tiene una inclinación descendente en el rango de aproximadamente 0,5 hasta aproximadamente 10 grados respecto de la horizontal y muy preferiblemente en el rango de 1 a 4 grados respecto de la horizontal. Preferiblemente, la más inferior de las bandejas bidireccionales 42 tiene una inclinación descendente en el rango de aproximadamente 5 hasta aproximadamente 40 grados respecto de la horizontal y muy preferiblemente en el rango de 10 a 25 grados respecto de la horizontal. Preferiblemente, la inclinación descendente de la más inferior de las bandejas bidireccionales 34 es al menos unos 2 grados mayor que la inclinación descendente de la más superior de las bandejas bidireccionales 34, más preferiblemente al menos unos 4 grados mayor que la inclinación descendente de la más superior de las bandejas bidireccionales 34 y muy preferiblemente en el rango de 6 a 20 grados mayor que la inclinación descendente de la más superior de las bandejas bidireccionales 34.

Haciendo referencia ahora a las figuras 1 y 8, se emplea un miembro de transición 72 para hacer pasar el flujo del medio de reacción desde un flujo unilaminar sobre bandejas unidireccionales 32 hasta un flujo bilaminar sobre bandejas bidireccionales 34. El miembro de transición 74 está acoplado a, y se extiende entre, las paredes laterales 27b, d de la caja 26a de bandejas. El miembro de transición 74 incluye un arcón de distribución superior 76 y una bandeja de distribución inferior 78. El arcón de distribución 76 es operable para recibir el medio de reacción desde la bandeja unidireccional más inferior 32 y dividir el medio de reacción en dos porciones sustancialmente iguales. Las dos porciones iguales de medio de reacción se descargan desde la parte inferior del arcón de distribución 76 sobre unas secciones divergentes separadas 80a, b de la bandeja de distribución 78. De la misma manera, son posibles divisiones subsiguientes del flujo que sale de las bandejas bidireccionales de aguas abajo usando cajas de distribución similares. De esta manera, si fuera necesario, pueden crearse múltiples trayectorias bidireccionales por objetivos de viscosidad, caudal y profundidad de líquido.

El arcón de distribución 76 incluye un par de paredes laterales inclinadas 82a, b que convergen hacia abajo una con otra. Una línea divisora 84 está definida en el lugar en el que las paredes laterales 82a, b se unen una con otra. Una pluralidad de primeras aberturas 86a está definida en la pared lateral 82a cerca de la línea divisora 84. Una pluralidad de segundas aberturas 86b está definida en la pared lateral 82b cerca de la línea divisora 84. Preferiblemente, el miembro de transición 78 incluye un total de al menos 10 aberturas 86a, b. Según se ilustra mejor en la figura 8b, las aberturas primeras y segundas 86a, b están situadas en lados opuestos de la línea divisora 84. Preferiblemente, el área abierta acumulativa definida por las primeras aberturas 86a es sustancialmente igual al área abierta acumulativa definida por las segundas aberturas 86b, de modo que fluyan automáticamente cantidades iguales de medio de reacción a través de las aberturas primeras y segundas 86a, b. Las primeras aberturas 86a están alineadas sobre la primera sección 80a de la bandeja de distribución 78, mientras que las segundas aberturas 86b están alineadas sobre la segunda sección 80b de la

bandeja de distribución 78.

Según se muestra en las figuras 8a, b, los bordes terminales de las secciones inclinadas primera y segunda 80a, b de la bandeja de distribución 78 están separadas de las paredes laterales 27a, c de modo que estén formados entre ellas unos huecos 88a, b. Las dos porciones sustancialmente iguales de medio de reacción descargadas del arcón de distribución 76 fluyen sobre las secciones divergentes inclinadas hacia abajo 80a, b de la bandeja de distribución 78 hacia los huecos 88a, b. Las porciones separadas del medio de reacción caen entonces fuera de la bandeja de distribución 78, a través de los huecos 88a, b, y sobre la bandeja bidireccional convergente más superior 34b. Según se mencionó anteriormente, las dos porciones sustancialmente iguales del medio de reacción se mantienen entonces separadas a medida que fluyen hacia abajo sobre las bandejas bidireccionales 34.

Haciendo ahora referencia a las figuras 9 y 10, se ilustra un primer diseño de reactor alternativo. El reactor alternativo 100 incluye únicamente una sola caja 102 de bandejas. Este diseño tiene la ventaja de no necesitar la división a partes iguales de la alimentación entre múltiples cajas de bandejas. De este modo, se simplifica la construcción del distribuidor 104. Asimismo, el número total de bandejas, la distribución de diferentes tipos de bandejas, el número de vertederos, la localización de los vertederos y las bandejas inclinadas en el reactor 100 son diferentes que los del reactor 20 (figuras 1-8). Estas diferencias ilustran que puede resultar deseable variar el diseño del reactor para satisfacer los requisitos particulares del proceso dentro del cual se implementa. Sin embargo, todos los diseños aquí descritos están dentro del ámbito de la presente invención.

Haciendo referencia ahora a las figuras 11 y 12, se ilustra un segundo diseño de reactor alternativo. El reactor alternativo 200 tiene tres cajas 202a, b, c de bandejas.

Haciendo ahora referencia a la figura 13, se ilustra un tercer diseño de reactor alternativo. El reactor alternativo 300 incluye seis cajas 302 de bandejas. Este diseño tiene la ventaja de usar más espacio dentro de la vasija de reacción, de modo que puede reducirse el tamaño de la vasija de reacción.

Haciendo referencia ahora a la figura 14, se ilustra un diseño de bandeja unidireccional alternativo. Las bandejas unidireccionales 400 ilustradas en la figura 14 son similares a las ilustradas en las figuras 5 y 6, pero están configuradas para proporcionar un hueco 402 entre la parte posterior 404 de cada bandeja unidireccional 400 y la pared lateral más cercana 406 de la caja de bandejas. Deberá entenderse que la pared lateral 406 no necesita ser una pared de la caja de bandejas con la que están asociadas las bandejas 400; en vez de ello, la pared lateral 406 puede ser la pared de otra caja de bandejas o la pared de la vasija del reactor. Según se ilustra en la figura 14, este hueco 402 entre la parte posterior 404 de cada bandeja 400 y la pared lateral más cercana 406 permite que una porción del medio de reacción procesado 408 rebose por la parte posterior 404 de la bandeja 400 y caiga hacia abajo hasta la siguiente bandeja inferior 400. Con el fin de proporcionar una abertura suficientemente grande para el paso del medio de reacción rebosante 408, se prefiere que el hueco 402 entre la parte posterior 404 de las bandejas 400 y la pared lateral más cercana 406 tenga una anchura media de al menos cerca de una pulgada, más preferiblemente en el rango de aproximadamente 1,5 hasta aproximadamente 12 pulgadas y muy preferiblemente en el rango de 2 a 8 pulgadas.

En la realización ilustrada en la figura 14, se prefiere que la parte posterior 404 de cada bandeja unidireccional 400 incluya un borde inferior redondeado 410 que permita al medio de reacción rebosante 408 "aferrarse" a la bandeja superior 400 hasta que esté posicionado sobre al menos una porción de la siguiente bandeja más inferior 400. Una vez posicionado sobre la siguiente bandeja más inferior 400, el medio de reacción 408 cae desde la bandeja superior 400 hasta la bandeja inferior 400, en donde se recombina con la porción del medio de reacción 408 que fluyó sobre el borde terminal 412 de la bandeja superior 400 y hacia la bandeja inferior 400. Con el fin de permitir que el medio de reacción rebosante se aferre a la bandeja superior 400 hasta que esté posicionado sobre la bandeja inferior 400, se prefiere que el borde inferior redondeado 410 de las bandejas unidireccionales 400 tenga una radio mínimo de curvatura de al menos 1 pulgada, más preferiblemente en el rango de aproximadamente 1,5 hasta aproximadamente 12 pulgadas y muy preferiblemente en el rango de 2 a 8 pulgadas.

Asimismo, se observará que la realización ilustrada en la figura 14 emplea bandejas unidireccionales 400 sin vertederos. De este modo, los bordes terminales 412 de las bandejas 400 ilustradas en la figura 14 están definidos por un borde del miembro principal 414 sustancialmente plano de las bandejas 400, en vez de por el borde superior de un vertedero. Sin embargo, se contempla que el diseño de desbordamiento posterior ilustrado en la figura 14 también sea adecuado para su uso con bandejas que tengan vertederos.

Los reactores ilustrados en las figuras 1-14 pueden emplearse en una variedad de procesos diferentes. Estos reactores son particularmente útiles en procesos en los que resulta ventajoso que las reacciones químicas tengan lugar en láminas relativamente delgadas de un medio de reacción. Además, estos reactores están diseñados para acomodarse a la situación en la que la viscosidad del medio de reacción aumenta durante el procesamiento. En una realización preferida de la presente invención, la viscosidad dinámica (medida en poises) del medio de reacción que sale del reactor es al menos cerca de un 50 por ciento mayor que la viscosidad dinámica del medio de reacción que entra en el reactor, más preferiblemente al menos cerca de un 250 por ciento mayor que la viscosidad dinámica del medio de reacción que entra en el reactor y muy preferiblemente al menos un 1.000 por ciento mayor que la viscosidad dinámica del medio de reacción que entra en el reactor. Preferiblemente, el(los) reactor(es) descrito(s) anteriormente son reactores de polimerización

empleados para procesar un medio de reacción que experimenta polimerización.

5 En un proceso particularmente preferido, el reactor se emplea en un proceso para producir tereftalato de polietileno (PET). En un proceso de esta clase, el medio de reacción que entra en el reactor tiene preferiblemente un grado de polimerización (DP) en el rango de aproximadamente 20 hasta aproximadamente 75, más preferiblemente en el rango de aproximadamente 35 hasta aproximadamente 60 y muy preferiblemente en el rango de aproximadamente 40 hasta 55. Según se emplea en el presente documento, "grado de polimerización" o "DP" significa un grado medio numérico de polimerización, el cual se define como el peso molecular medio numérico del polímero dividido por el peso molecular de unidades repetitivas. A medida que el medio de reacción fluye en sentido descendente a través del reactor, el DP del medio de reacción aumenta debido a la policondensación. Preferiblemente, el DP del medio de reacción que sale del reactor es al menos aproximadamente un 25 por ciento mayor que el DP del medio de reacción que entra en el reactor, más preferiblemente está en el rango de aproximadamente 50 hasta aproximadamente un 500 por ciento mayor que el DP del medio de reacción que entra en el reactor, y muy preferiblemente está en el rango de 80 hasta un 400 por ciento mayor que el DP del medio de reacción que entra en el reactor. Preferiblemente, el medio de reacción que sale del reactor tiene un DP en el rango de aproximadamente 75 hasta aproximadamente 200, más preferiblemente en el rango de aproximadamente 90 hasta aproximadamente 180 y muy preferiblemente en el rango de aproximadamente 105 hasta 165.

20 En una realización preferida de la presente invención, las condiciones de reacción dentro del reactor se mantienen a una temperatura en el rango de aproximadamente 250° C hasta aproximadamente 325° C y a una presión en el rango de aproximadamente 0,1 hasta aproximadamente 4 torr, más preferiblemente a una temperatura en el rango de aproximadamente 270° C hasta aproximadamente 310° C y a una presión en el rango de aproximadamente 0,2 hasta aproximadamente 2 torr, y muy preferiblemente a una temperatura en el rango de aproximadamente 275° C hasta aproximadamente 295° C y a una presión en el rango de aproximadamente 0,3 hasta aproximadamente 1,5 torr. El tiempo medio de residencia del medio de reacción en el reactor está preferiblemente en el rango de aproximadamente 0,25 hasta aproximadamente 5 horas y muy preferiblemente en el rango de 0,5 a 2,5 horas.

30 La configuración del reactor descrita anteriormente con referencia a las figuras 1-14 es preferiblemente operable para mantener una profundidad medio del medio de reacción en las bandejas de al menos aproximadamente 6,4 cm (2,5 pulgadas) y muy preferiblemente en el rango de 7,6 cm a 30,5 cm (3 a 12 pulgadas).



**REIVINDICACIONES**

- 5 1.- Un proceso de polimerización que comprende: (a) introducir un medio de reacción en un reactor de polimerización que comprende una pluralidad de bandejas inclinadas unidireccionales verticalmente separadas y una pluralidad de bandejas inclinadas bidireccionales verticalmente separadas; (b) hacer que dicho medio de reacción fluya hacia abajo en dicho reactor de polimerización sobre dichas bandejas verticalmente separadas, en el que el espesor medio de dicho medio de reacción que fluye en dichas bandejas verticalmente separadas se mantiene en 6,4 cm (2,5 pulgadas) o más; y (c) retirar dicho medio de reacción de dicho reactor de polimerización, en el que el grado de polimerización (DP) de dicho medio de reacción retirado de dicho reactor de polimerización es por lo menos el 25 por ciento mayor que el DP de dicho medio de reacción introducido en dicho reactor de polimerización.
- 10 2.- El proceso de polimerización de la reivindicación 1, en el que espesor medio de dicho medio de reacción que fluye en las bandejas verticalmente separadas se mantiene en el rango de 7,62 cm a 30,5 cm (3 a 12 pulgadas).
- 15 3.- El proceso de polimerización de la reivindicación 1, en el que el DP de dicho medio de reacción introducido en dicho reactor de polimerización está en el rango de 20 a 75.
- 20 4.- El proceso de polimerización de la reivindicación 1, en el que el dicho medio de reacción retirado de dicho reactor de polimerización comprende tereftalato de polietileno (PET).
- 25 5.- El proceso de polimerización de la reivindicación 1, en el que dicho medio de reacción se mantiene a una temperatura en el rango de 250° C a 325° C y a una presión en el rango de 0,1 torr a 4 torr en dicho reactor de polimerización.
- 30 6.- El proceso de polimerización de la reivindicación 1, en el que por lo menos algunas de dichas bandejas incluyen un vertedero que se extiende ascendentemente sobre el cual, al menos, una porción de dicho medio de reacción fluye para pasar a la próxima bandeja situada inmediatamente allí debajo.
- 35 7.- El proceso de polimerización de la reivindicación 6, en el que dicho vertedero tiene una altura de por lo menos 6,4 cm (2,5 pulgadas).
- 40 8.- El proceso de polimerización de la reivindicación 6, en el que por lo menos el 10 por ciento de todas las bandejas dichas están provistos con dicho vertedero.
- 9.- El proceso de polimerización de la reivindicación 1, en el que dichas bandejas incluyen una pluralidad de bandejas unidireccionales, en el que dicho proceso comprende además hacer que, al menos, una porción de dicho medio de reacción fluya simultáneamente sobre dos extremos generalmente opuestos de, al menos, una de dichas bandejas unidireccionales.
- 10.- El proceso de polimerización de la reivindicación 9, en el que dichos extremos generalmente opuestos de dichas bandejas unidireccionales están situados a diferente altura.

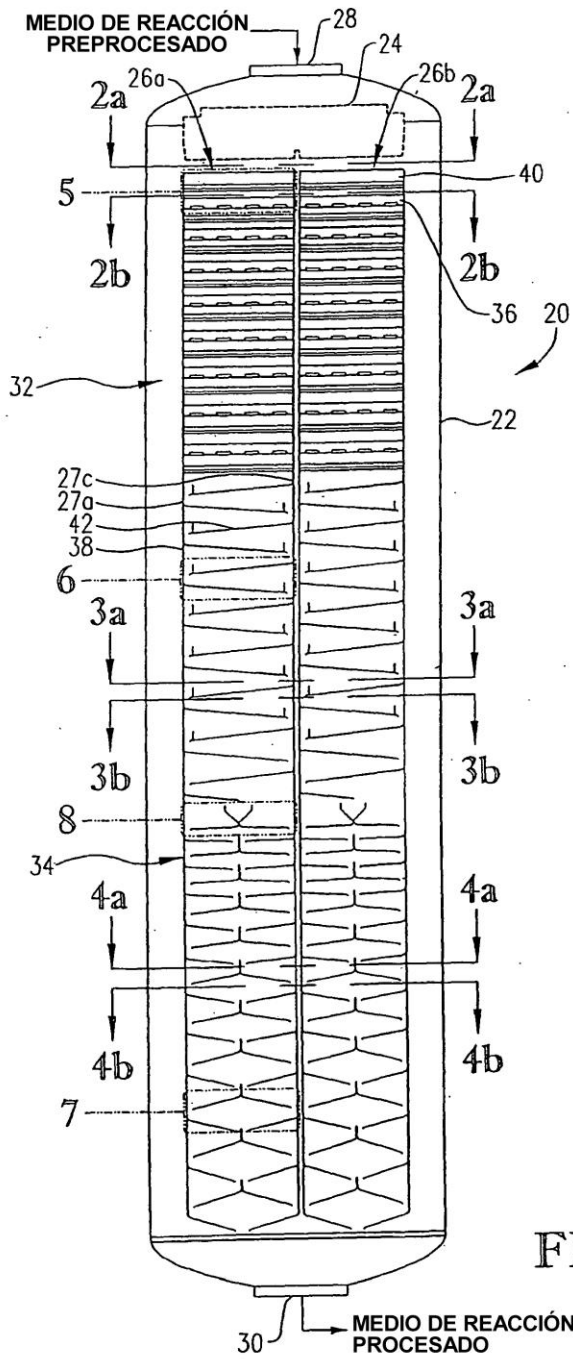


FIG. 1

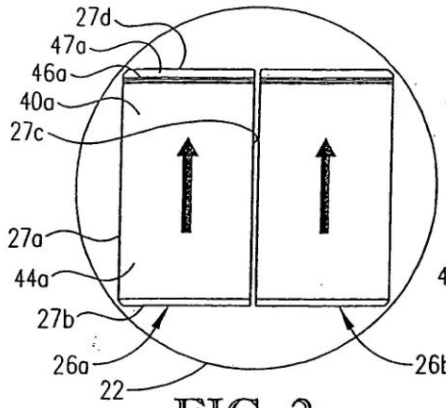


FIG. 2a

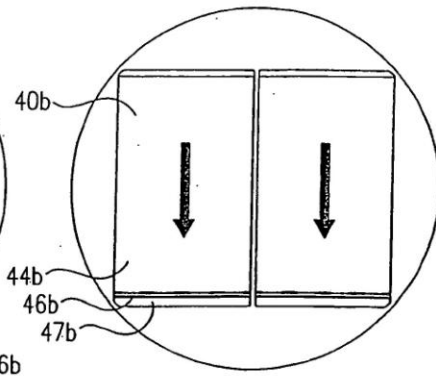


FIG. 2b

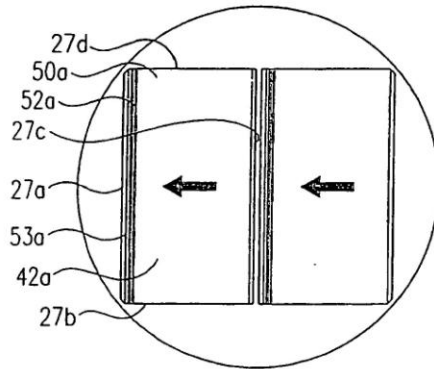


FIG. 3a

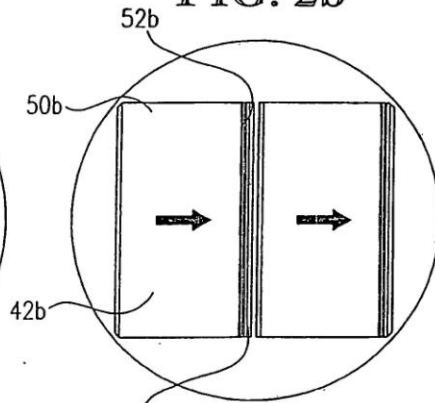


FIG. 3b

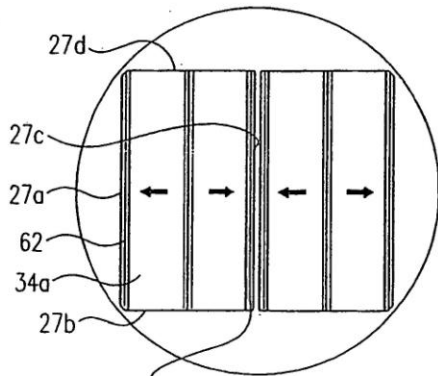


FIG. 4a

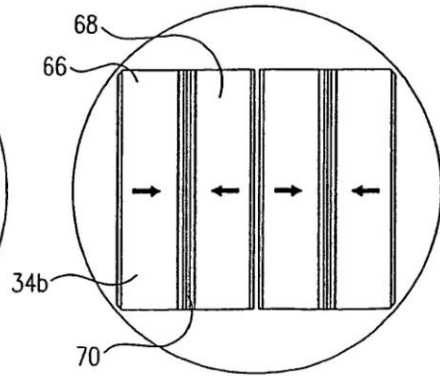
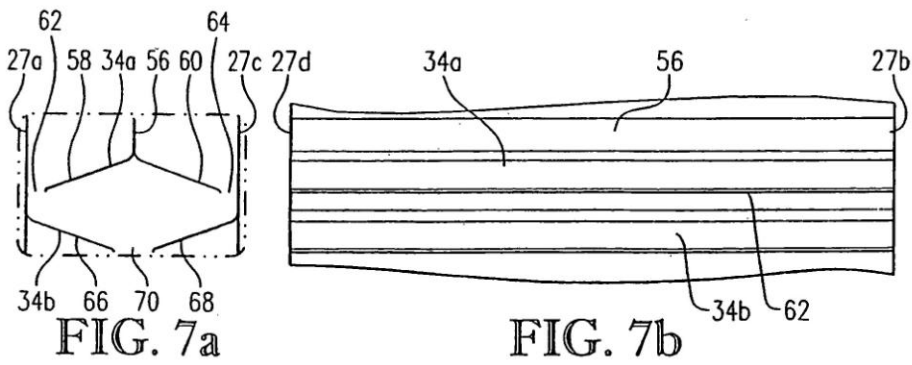
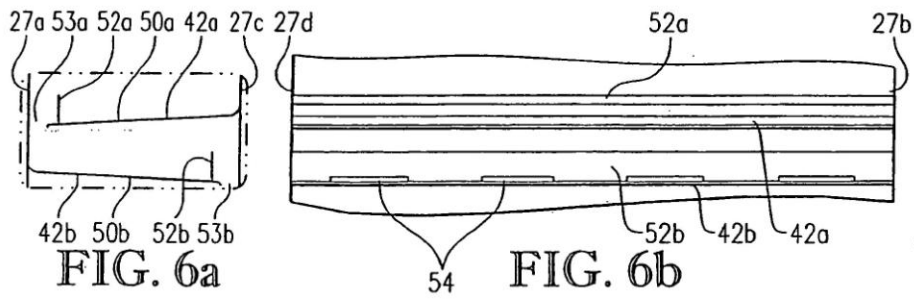
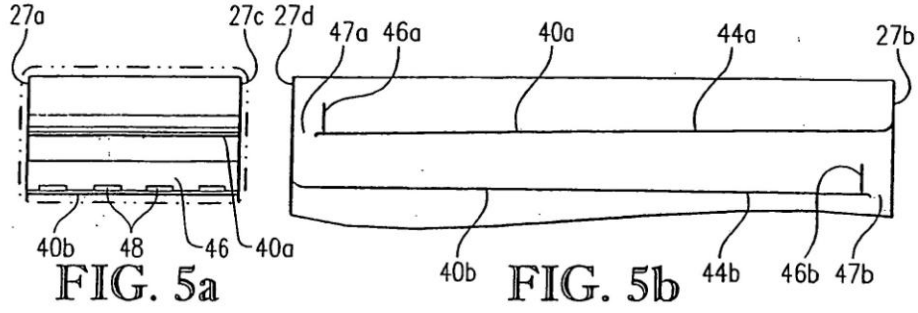
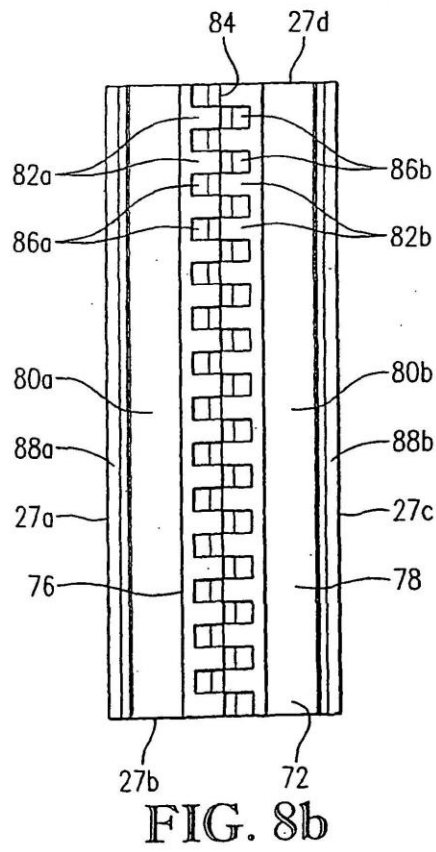
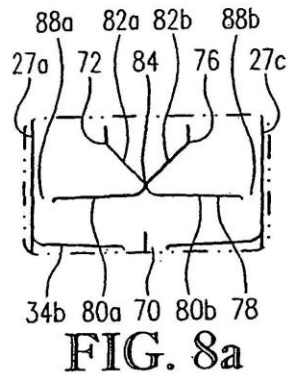


FIG. 4b





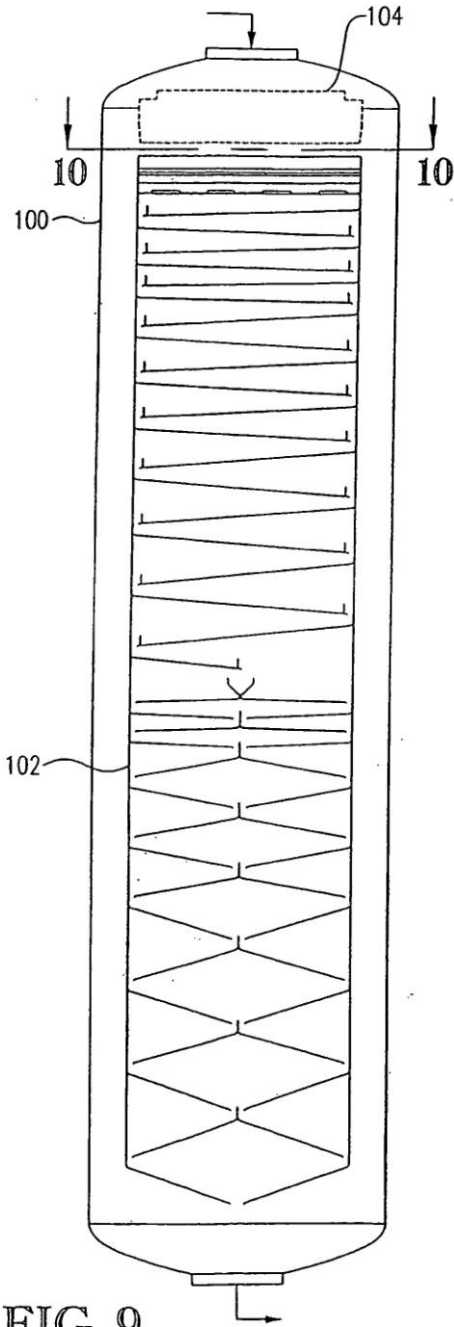


FIG. 9

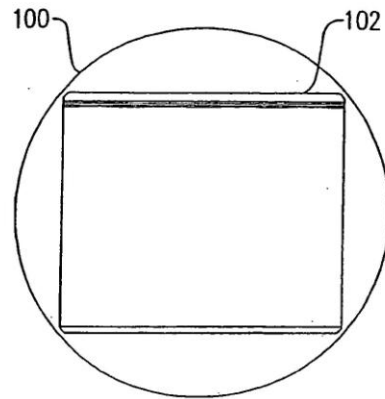
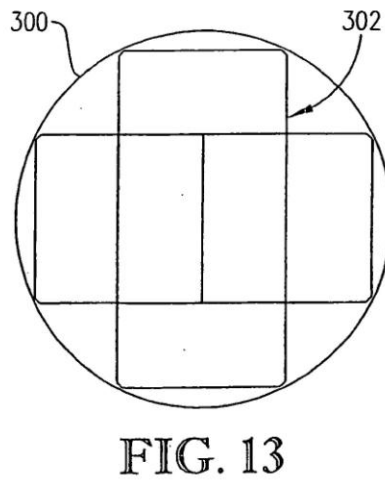
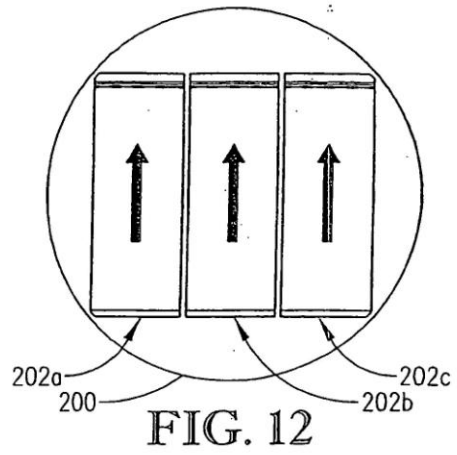
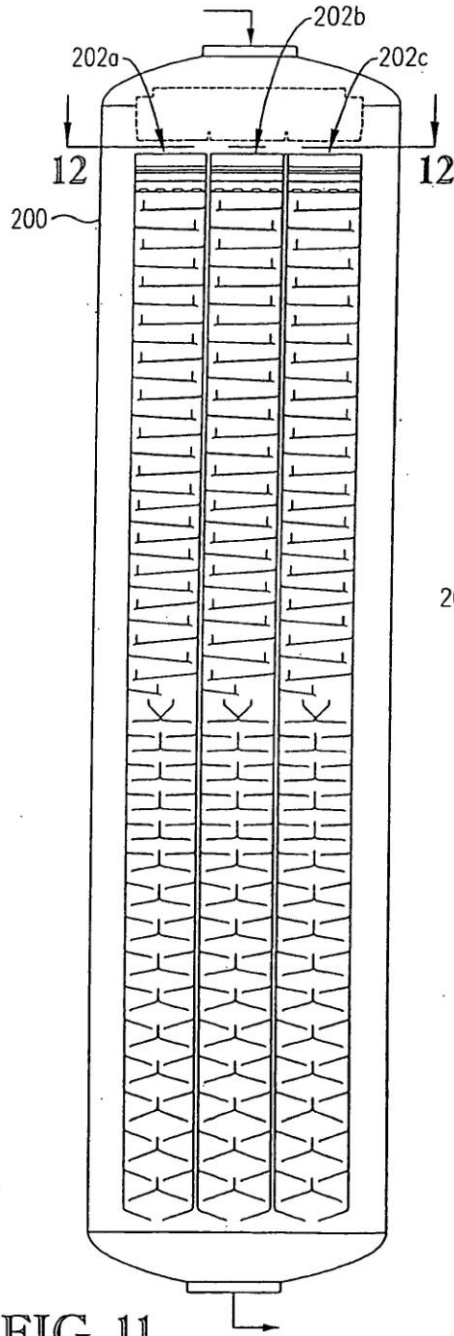


FIG. 10



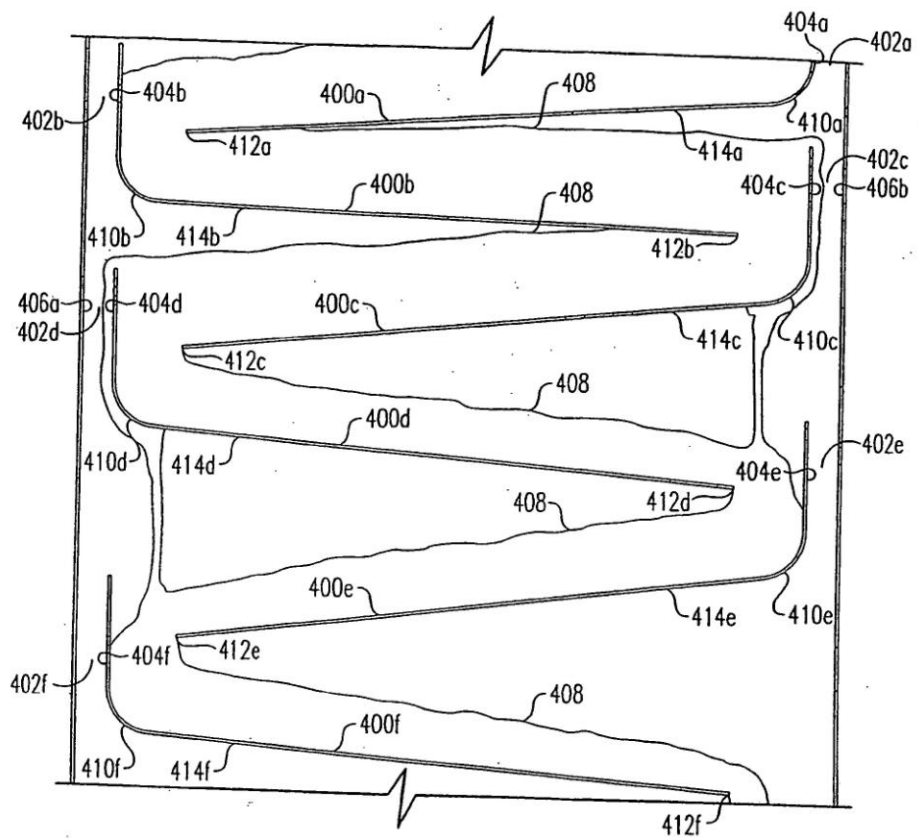


FIG. 14