

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 445 815**

51 Int. Cl.:

B01F 5/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.01.2011 E 11702335 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2013 EP 2525902**

54 Título: **Sistema de mezcla que comprende un mezclador de flujo extensivo**

30 Prioridad:

22.01.2010 US 692009

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

05.03.2014

73 Titular/es:

**DOW GLOBAL TECHNOLOGIES LLC (100.0%)
2040 Dow Center
Midland, MI 48674, US**

72 Inventor/es:

**POLLARD, MARIA;
STRAND, STEVEN;
EVERSDYK, DAVID y
SCHAEFER, MATTHIAS**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 445 815 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

Sistema de mezcla que comprende un mezclador de flujo extensivo

Antecedentes de la invención

5 La presente invención está relacionada en general con mezcladores estáticos, y más particularmente con un mezclador de flujo extensivo seguido de elementos mezcladores de tipo helicoidal, preferiblemente también seguido de elementos mezcladores estáticos de alta cizalladura y alta caída de presión, que mezcla dos o más corrientes de fluidos que fluyen en una tubería.

10 A menudo es deseable mezclar fluidos que tienen diversas viscosidades en una tubería. En un flujo turbulento, la mezcla se produce más rápidamente debido a la turbulencia. En un flujo laminar, la mezcla de corrientes de fluidos es más difícil. En la polimerización de disoluciones, por ejemplo, a menudo es deseable mezclar una corriente a granel con una viscosidad relativamente alta, tal como una disolución de polímero, con una corriente de aditivo líquido con una viscosidad relativamente baja. Los aditivos líquidos, catalizadores, monómeros fluidos y disolventes típicamente se añaden a una disolución polimérica para conseguir otros polímeros.

15 Sin embargo, a causa de las altas fuerzas de cizalladura necesarias para favorecer la mezcla, la corriente a granel de alta viscosidad y la corriente de aditivo de baja viscosidad pueden permanecer esencialmente separadas, lo que tiene como resultado bajas velocidades de incorporación de corriente de aditivo en la corriente a granel. En un flujo laminar, la mezcla se produce mediante la difusión de una corriente dentro de otra, que típicamente es un proceso lento. La lenta difusión es inaceptable cuando se necesita un tiempo más rápido de mezcla para la dispersión. Frecuentemente, cuando la corriente de aditivo se inyecta en la corriente a granel, la corriente de aditivo se mantendrá sustancialmente intacta y formará un túnel a través de la corriente a granel sin mezcla significativa de las corrientes en la interfaz. Esta baja velocidad de mezcla se debe en parte al bajo contacto de área superficial entre la corriente a granel y la corriente de aditivo. Para luchar contra este resultado, es ventajoso deformar la corriente de aditivo desde la forma cilíndrica que tiene inicialmente la corriente de aditivo, hasta una hoja relativamente plana que tiene más área superficial. Se encuentra que deformar la corriente de aditivo mediante el aumento de su relación de aspecto, la relación de su anchura con su altura, aumenta su área superficial y por lo tanto su potencial área de mezcla en la interfaz. El aumento de área superficial también facilita la estrategia de cortar, dividir y recombinar las corrientes en los mezcladores estáticos tradicionales. La distribución de la corriente de aditivo como una hoja delgada también aumenta la eficiencia de mezcla de los elementos mezcladores estáticos, si los hay, después del mezclador de flujo extensivo.

20 Se conocen diversos tipos de estructuras que favorecen la mezcla de una corriente a granel con una corriente de aditivo, entre otras las estructuras de deflectores y los mezcladores de cizalladura. La patente de EE.UU. n° 4.808.007, expedida para King, describe un mezclador de doble viscosidad que introduce una corriente de aditivo en una corriente a granel a través de un orificio de entrada dentro del mezclador para crear un plano llano alargado de la corriente de aditivo.

25 Sin embargo, se han encontrado varios problemas en el campo con esta y otras estructuras de mezcla. Por ejemplo, en las aplicaciones de polimerización, se ha observado acumulación de polímero en los puntos de contacto entre el inyector de corriente de aditivo y el polímero de la corriente a granel. Esta acumulación se produce a menudo cuando la corriente de aditivo se inyecta desde dentro del mezclador estático. El problema de acumulación de polímero se agrava por sí mismo hasta que finalmente hay una obstrucción o cierre completo del inyector de aditivo, lo que lleva a una mala distribución del flujo en el mezclador estático.

Además, cuando una corriente de aditivo, tal como un catalizador, contacta con un deflector u otra pared o superficie de contacto sólida, se produce una humectación de la superficie con el catalizador, disminuyendo de ese modo la eficiencia global de la mezcla del catalizador con la corriente a granel.

30 En esos mezcladores en los que hay un regiones fuertemente angulares o características similares a escalones, la corriente a granel y la corriente de aditivo, mientras fluyen fuera de estas características, pueden desarrollar zonas de recirculación y corrientes de Eddy, lo que disminuye la eficiencia global de mezcla del mezclador.

Otro problema es la pérdida de presión de fluido a medida que las corrientes pasan por el mezclador. Otros dos mezcladores disponibles de doble viscosidad tienen una caída de presión relativamente alta, ya que las corrientes pierden presión de fluido entre la entrada y la salida del mezclador.

35 La Publicación Internacional n° WO 00/21650 describe un mezclador de flujo extensivo para mezclar una corriente a granel con una corriente de aditivo. Dos mezcladores extensivos se pueden disponer en serie con una separación de aproximadamente el diámetro del conductor de flujo para favorecer capacidades adicionales de mezcla. El mezclador extensivo puede utilizarse en condiciones de flujo laminar, de transición o turbulento.

40 Mientras que la técnica anterior describe mezcladores que mezclan corrientes a granel con corrientes de aditivo, existe la necesidad de un sistema de mezcla que mejore el grado de mezcla de la corriente a granel y la corriente de

aditivo mediante el aumento de la dispersión de la corriente de aditivo dentro de la corriente a granel, lo que aumenta aún más el área de la interfaz entre las dos corrientes.

Compendio de la invención

La invención proporciona un sistema de mezcla que comprende lo siguiente:

5 A) por lo menos un mezclador de flujo extensivo que comprende:

un cuerpo hueco y generalmente abierto que tiene una superficie exterior contorneada y que tiene:

un solo orificio de entrada y un solo orificio de salida;

10 unos medios para comprimir una corriente a granel que fluye a través de un cuerpo hueco y generalmente abierto en un sentido del flujo, y por lo menos una corriente inyectada de aditivo introducida en el único orificio de entrada en el sentido del flujo; y

15 unos medios para ampliar la corriente a granel y la por lo menos una corriente inyectada de aditivo, de tal manera que una zona de interfaz entre la corriente a granel y la por lo menos una corriente inyectada de aditivo es mayor a medida que la corriente a granel y la por lo menos una corriente inyectada de aditivo fluyen a través del cuerpo hueco generalmente abierto en la dirección de flujo para favorecer la mezcla de la corriente a granel y la por lo menos una corriente inyectada de aditivo;

B) un conductor de flujo que tiene un eje y que tiene un cuerpo, de mezclador de flujo, hueco y generalmente abierto asegurado en el mismo; y

20 C) un inyector de corriente de aditivo primario situado en el orificio de entrada del cuerpo generalmente abierto y hueco de mezclador de flujo, en donde el inyector de corriente de aditivo primario inyecta una corriente de aditivo en el interior del mezclador de flujo en la dirección de flujo, cuando la corriente a granel está fluyendo a través del cuerpo generalmente abierto y hueco de mezclador de flujo, para permitir la compresión y la ampliación de la corriente a granel y la corriente de aditivo juntas dentro del mezclador de flujo extensivo, para facilitar la mezcla de la corriente a granel y la corriente de aditivo primario en una salida del mezclador de flujo extensivo; y

25 en donde el mezclador de flujo extensivo es seguido por D) por lo menos un elemento mezclador estático helicoidal que tiene por lo menos la mitad del "diámetro del conductor de flujo (D1)" aguas abajo de la salida del mezclador de flujo extensivo.

Breve descripción de los dibujos

30 La Fig. 1 es una vista en perspectiva de una realización del mezclador de flujo extensivo de la presente invención con un solo inyector de corriente de aditivo.

La Fig. 2 es una vista delantera del mezclador de flujo extensivo, que mira aguas abajo y que muestra el mezclador de flujo extensivo asegurado dentro de una parte del conductor de flujo, tomada a lo largo de la línea 2-2 de la Fig. 1.

La Fig. 3 es una vista trasera del mezclador de flujo extensivo de la Fig. 2 que mira aguas arriba.

35 La Fig. 4 es una vista lateral del mezclador de flujo extensivo según la presente invención asegurado dentro del conductor en sección de flujo.

La Fig. 5 es una vista lateral en sección del mezclador de flujo que muestran la región de compresión según la presente invención, tomada a lo largo de la línea 5-5 de la Fig. 1.

La Fig. 6 es una vista superior en sección del mezclador de flujo que muestran la región de ampliación según la presente invención, tomada a lo largo de la línea 6-6 de la Fig. 1.

40 La Fig. 7 es una vista en perspectiva que muestra el inyector de corriente de aditivo primario, más una ubicación preferida de dos corrientes de inyección de aditivo adicional dirigidas al exterior del mezclador de flujo extensivo según un aspecto de la invención.

45 La Fig. 8 es una vista delantera que muestra el inyector de corriente de aditivo primario, más una posición preferida de los dos inyectores de corriente de aditivo adicional según un aspecto de la invención, tomada a lo largo de la línea 8-8 de la Fig. 7.

La Fig. 9 es una vista en perspectiva de una realización de tres lóbulos por región de la presente invención con el inyector de corriente de aditivo primario.

La Fig. 10 es una vista delantera de la realización de tres lóbulos por región de la presente invención que mira aguas abajo, tomada a lo largo de la línea 10-10 de la Fig. 9.

La Fig. 11 es una vista trasera de la realización de tres lóbulos por región de la Fig. 9 que mira aguas arriba.

La FIG. 12 es una vista lateral de la realización de tres lóbulos de la presente invención en la FIG. 9.

- 5 La Fig. 13 es una vista en planta que muestra la realización de tres lóbulos por región de la presente invención, tomada 60 grados sobre la Fig. 12.

La Fig. 14 es una vista en perspectiva de la realización de tres lóbulos por región de la presente invención con el inyector de corriente de aditivo primario y las ubicaciones preferidas de los inyectores de corriente de aditivo adicional.

- 10 La Fig. 15 es una vista delantera de la realización de tres lóbulos por región de la presente invención que mira aguas abajo, tomada a lo largo de la línea 15-15 de la Fig. 14.

La Fig. 16 es una vista en perspectiva de una realización de cuatro lóbulos por región de la presente invención con el inyector de corriente de aditivo primario.

- 15 La Fig. 17 es una vista delantera de la realización de cuatro lóbulos por región de la presente invención que mira aguas abajo, tomada a lo largo de la línea 17-17 de la Fig. 16.

La Fig. 18 es una vista trasera de la realización de cuatro lóbulos por región de la Fig. 16 que mira aguas arriba.

La FIG. 19 es una vista lateral de la realización de cuatro lóbulos por región de la presente invención en la FIG. 16.

La Fig. 20 es una vista en planta que muestra la realización de cuatro lóbulos por región de la presente invención, tomada 45 grados sobre la Fig. 19.

- 20 La Fig. 21 es una vista en perspectiva de la realización de cuatro lóbulos por región de la presente invención con el inyector de corriente de aditivo primario y las ubicaciones preferidas de los inyectores de corriente de aditivo adicional.

La Fig. 22 es una vista delantera de la realización de cuatro lóbulos por región de la presente invención que mira aguas abajo, tomada a lo largo de la línea 22-22 de la Fig. 21.

- 25 La Fig. 23 es un análisis estadístico de concentración de ácido en el espacio de vapor de un envase en partes por millón para la invención y una comparación.

La Fig. 24 es un coeficiente simulado de la variación para la invención y una comparación.

La Fig. 25 es un coeficiente simulado de la variación para los perfiles a lo largo de la longitud del conductor para la invención y una comparación de base.

- 30 Las Figs. 26 (a), (b) y (c) son coeficientes simulados de la variación para los perfiles a lo largo de la longitud del conductor para la invención y una comparación de base.

Las Figs. 27 (a) y (b) son coeficientes simulados de la variación para los perfiles a lo largo de la longitud del conductor para la invención.

- 35 Las Figs. 28 (a), (b) y (c) son fotografías de combinaciones de resinas en las que la corriente secundaria es negra y la corriente primaria es blanca a lo largo del eje del conductor al final del sistema de mezcla de la invención y de una comparación de base.

La Fig. 29 representa tres elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (por ejemplo, elementos mezcladores estáticos Kenics de Chemineer, Inc.) y define el diámetro, d_2 y la longitud, l_2 , de un elemento.

- 40 La Fig. 30 representa cuatro elementos mezcladores de alta cizalla y alta caída de presión que consisten en una distribución de barras cruzadas dispuestas con un ángulo de 45° respecto del eje del tubo (por ejemplo, elementos mezcladores estáticos SMX Chemineer, Inc.) y define el diámetro, d_2 y la longitud, l_2 , de un elemento.

- 45 La Fig. 31 representa el sistema de mezcla que comprende un inyector coaxial con la dirección del flujo a granel, una separación, g_1 , el mezclador extensivo de flujo, una separación, g_2 , en donde otro inyector perpendicular al sentido del flujo a granel está en el medio del conductor de flujo y con la extremidad del inyector cortada con un ángulo de 45° y seis elementos mezcladores de tipo helicoidal (por ejemplo elementos mezcladores estáticos Kenics de Chemineer, Inc. de diámetro, d_2 y longitud l_2) dentro de un conductor de flujo de diámetro interior D_1 longitud L_1 .

La Fig. 32 representa el análisis estadístico resultante de utilizar software JMP para la prueba Tukey-Kramer para los medios de las mediciones de ácido utilizando dos configuraciones diferentes de sistema de mezcla.

Descripción detallada de la invención

Como se menciona anteriormente, la invención proporciona un sistema de mezcla que comprende lo siguiente:

A) por lo menos un mezclador de flujo extensivo que comprende:

un cuerpo hueco y generalmente abierto que tiene una superficie exterior contorneada y que tiene:

5 un solo orificio de entrada y un solo orificio de salida;

unos medios para comprimir una corriente a granel que fluye a través de un cuerpo hueco y generalmente abierto en un sentido del flujo, y por lo menos una corriente inyectada de aditivo introducida en el único orificio de entrada en el sentido del flujo; y

10 unos medios para ampliar la corriente a granel y la por lo menos una corriente inyectada de aditivo, de tal manera que una zona de interfaz entre la corriente a granel y la por lo menos una corriente inyectada de aditivo es mayor a medida que la corriente a granel y la por lo menos una corriente inyectada de aditivo fluyen a través del cuerpo hueco generalmente abierto en la dirección de flujo para favorecer la mezcla de la corriente a granel y la por lo menos una corriente inyectada de aditivo;

15 B) un conductor de flujo que tiene un eje y que tiene un cuerpo, de mezclador de flujo, hueco y generalmente abierto asegurado en el mismo; y

20 C) un inyector de corriente de aditivo primario situado en el orificio de entrada del cuerpo generalmente abierto y hueco de mezclador de flujo, en donde el inyector de corriente de aditivo primario inyecta una corriente de aditivo en el interior del mezclador de flujo en la dirección de flujo, cuando la corriente a granel está fluyendo a través del cuerpo generalmente abierto y hueco de mezclador de flujo, para permitir la compresión y la ampliación de la corriente a granel y la corriente de aditivo juntas dentro del mezclador de flujo extensivo, para facilitar la mezcla de la corriente a granel y la corriente de aditivo primario en una salida del mezclador de flujo extensivo; y

25 en donde el mezclador de flujo extensivo es seguido por D) por lo menos un elemento mezclador estático helicoidal que tiene por lo menos la mitad del "diámetro del conductor de flujo (D1)" aguas abajo de la salida del mezclador de flujo extensivo.

Preferiblemente, en el sistema de mezcla, los medios para ampliar incluyen una pluralidad de lóbulos contorneados, cada lóbulo tiene una superficie substancialmente contorneada, y en donde la pluralidad de lóbulos en los medios para comprimir disminuyen de tamaño en el sentido del flujo, y la pluralidad de lóbulos contorneados en los medios para ampliar aumentan de tamaño en el sentido del flujo.

30 También preferiblemente, en el sistema de mezcla, los medios para comprimir se encuentran en un plano de compresión, y los medios para ampliar se encuentran en un plano de ampliación perpendicular al plano de compresión.

35 También preferiblemente, en el sistema de mezcla, los medios para comprimir disminuyen de tamaño a lo largo del plano de compresión en el sentido del flujo, y los medios para ampliar aumentan de tamaño simultáneamente a lo largo del plano de ampliación en el sentido del flujo.

También preferiblemente, en el sistema de mezcla, el por lo menos un elemento mezclador estático helicoidal no tiene más de cuatro diámetros del conductor de flujo aguas abajo de la salida del mezclador de flujo extensivo.

40 También preferiblemente, el sistema de mezcla comprende además por lo menos un elemento mezclador estático de alta cizalladura y de alta caída de presión, que comprende una distribución de barras cruzadas anguladas con un ángulo de 45° respecto del eje, y dispuestas de tal manera que los elementos mezcladores consecutivos están rotados 90° alrededor del eje, y colocados aguas abajo del por lo menos un elemento mezclador estático helicoidal.

También preferiblemente, en el sistema de mezcla, el inyector de corriente de aditivo primario está situado en el centro del orificio de entrada.

45 También preferiblemente, en el sistema de mezcla, el inyector de corriente de aditivo primario se encuentra a lo largo de un eje longitudinal del cuerpo, de mezclador de flujo, generalmente hueco, especialmente en donde el inyector de corriente de aditivo se coloca además en el centro del único orificio de entrada.

También preferiblemente, en el sistema de mezcla, la corriente a granel recibida por el único orificio de entrada comprende por lo menos uno entre un polímero y una disolución polimérica.

50 También preferiblemente, en el sistema de mezcla, la corriente de aditivo recibida por el único orificio de entrada comprende por lo menos uno entre un monómero y una disolución de monómero, más preferiblemente en donde la disolución de monómero es etileno disuelto en un disolvente.

También preferiblemente, en el sistema de mezcla, la corriente de aditivo recibida por el único orificio de entrada comprende por lo menos uno entre un aditivo o un aditivo en disolución, especialmente en donde la corriente de aditivo recibida por el único orificio de entrada se selecciona de un grupo que consiste en antioxidantes, eliminadores de ácidos, agentes catalizadores destructores y disoluciones de los mismos.

- 5 También preferiblemente, en el sistema de mezcla, la región de compresión comprende dos lóbulos de región de compresión que se encuentran en una parte de entrada central constreñida, y la región de ampliación comprende dos lóbulos de región de ampliación que se encuentran en una parte de salida central constreñida.

10 También preferiblemente, en el sistema de mezcla, el eje principal de la salida (orificio de salida) del mezclador de flujo extensivo es perpendicular a una orilla delantera del por lo menos un elemento mezclador estático helicoidal. La orilla delantera del por lo menos un elemento mezclador estático helicoidal, en una serie de ese tipo de elementos mezcladores, se conoce como la orilla delantera del primer elemento mezclador de la serie. La "orilla delantera" es la orilla del "elemento mezclador estático helicoidal" que es la más cercana al orificio de salida del mezclador de flujo extensivo. También, por ejemplo, como se muestra en la Figura 1, el eje principal de la salida del mezclador de flujo extensivo cae a lo largo de la línea 6-6.

- 15 En una realización preferida, el mezclador de flujo extensivo y el por lo menos un elemento mezclador estático helicoidal están situados dentro del conductor de flujo.

En una realización preferida, todos elementos mezcladores se ubican dentro del conductor de flujo.

20 En una realización el por lo menos un elemento mezclador estático helicoidal está ubicado a una distancia de "la mitad del diámetro del conductor de flujo ($1/2 D1$)" a "dos veces el diámetro del conductor de flujo ($2 D1$)", aguas abajo de la salida (orificio de salida) del mezclador de flujo extensivo.

En una realización el por lo menos un elemento mezclador estático helicoidal está ubicado a una distancia de "la mitad del diámetro del conductor de flujo ($1/2 D1$)" a "un diámetro del conductor de flujo ($1 D1$)", aguas abajo de la salida del mezclador de flujo extensivo.

En una realización preferida, el conductor de flujo es un cilindro.

- 25 En una realización, el conductor de flujo es un cilindro que tiene una relación longitud/diámetro ($L1/D1$) mayor o igual a 7.

En una realización, el conductor de flujo es un cilindro que tiene una relación longitud/diámetro ($L1/D1$) de 7 a 40.

En una realización, el conductor de flujo es un cilindro que tiene una relación longitud/diámetro ($L1/D1$) de 10 a 38.

- 30 En una realización, el sistema de mezcla comprende por lo menos un elemento mezclador estático helicoidal seguido de por lo menos un elemento mezclador estático de alta cizalladura y alta caída de presión.

En una realización, el sistema de mezcla comprende por lo menos ocho elementos mezcladores estáticos helicoidales seguido de por lo menos un elemento mezclador estático de alta cizalladura y alta caída de presión.

En una realización, el sistema de mezcla comprende por lo menos diez elementos mezcladores estáticos helicoidales seguido de por lo menos un elemento mezclador estático de alta cizalladura y alta caída de presión.

- 35 Un sistema de mezcla inventivo puede comprender una combinación de dos o más realizaciones como se describe en la presente memoria.

Otras características, objetos y ventajas de la presente invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada y los dibujos.

Los dibujos ilustran un modo preferido contemplado actualmente para llevar a cabo la invención.

- 40 Haciendo referencia a la Fig. 1, se muestra un mezclador extensivo 10 de flujo. Preferiblemente este mezclador es un mezclador estático. El mezclador 10 de flujo tiene un cuerpo generalmente abierto (existe una abertura en cada extremo de este elemento mezclador) y con forma hueca, que en un extremo termina en una orilla 12 que define el perímetro exterior de un orificio de entrada 14. El mezclador 10 de flujo en un extremo distal termina en una orilla 16, que se muestra en línea imaginaria, que define el perímetro del orificio de salida 18 (salida del mezclador extensivo de flujo). El mezclador 10 de flujo incluye una región de compresión 20 y una región de ampliación 22. En la realización mostrada, la región de compresión se compone de dos lóbulos 34a y 34b de región de compresión, y la región de ampliación se compone de dos lóbulos 36a y 36b de región de ampliación. La región de compresión 20 se encuentra en un plano de compresión que incluye la línea 5-5 y un eje longitudinal que se extiende desde el orificio de entrada 14 al orificio de salida 18. La región de ampliación 22 se encuentra en un plano de ampliación que incluye la línea 6-6, y es coaxial con el plano de compresión de la región de compresión 20, al compartir el eje longitudinal con el plano de compresión. Preferiblemente, el plano de compresión de la región de compresión 20 es perpendicular al plano de ampliación de la región de ampliación 22. Como resultado de ello, los lóbulos 34a y 34b de

región de compresión están situados preferiblemente a 90 grados de la posición de los lóbulos 36a y 36b de la región de ampliación. El mezclador 10 de flujo tiene una forma generalmente contorneada que se puede lograr, por ejemplo, por deformación de un cilindro al constreñir un extremo del cilindro, rotar el cilindro 90 grados y luego apretar el otro extremo de manera similar.

5 Típicamente, el mezclador de flujo 10 reside dentro de un conductor de flujo 24, por ejemplo, una tubería, que se muestra con una línea imaginaria. El conductor de flujo 24 conduce una corriente a granel, típicamente de alta viscosidad, bajo condiciones de flujo laminar. El mezclador de flujo 10 es útil, sin embargo, en un amplio intervalo de números de Reynolds de tuberías. En las aplicaciones de polimerización, el conductor de flujo 24 conducirá una disolución polimérica como corriente a granel. Unos polímeros particulares incluyen, pero no se limitan a, cualquiera de una serie de copolímeros de etileno y 1-octeno, 1-hexeno, 1-buteno, 4-metil-1-penteno, estireno, propileno, 1-penteno o alfa-olefinas. El conductor de flujo 24 introduce la corriente a granel en el mezclador de flujo 10 en un sentido de flujo desde el orificio de entrada 14 al orificio de salida 18.

10 Se contempla que la utilización de la presente invención en aplicaciones de polimerización de disoluciones podría efectuarse en un reactor de circuito individual o de circuito doble (no se muestra). Un reactor adecuado se describe en la solicitud de PCT, publicación internacional nº WO 97/36942, titulada "Olefin Solution Polymerization", presentada el 1 de abril de 1997; solicitudes provisionales de EE. UU. 60/014.696 y 60/014.705, ambas presentadas el 1 de abril de 1996.

15 También en el conductor de flujo 24 reside un inyector 26 de corriente de aditivo primario. El inyector 26 de corriente de aditivo primario es responsable de llevar una corriente de aditivo que el conductor de flujo 24 va a mezclar con la corriente a granel. Típicamente, la corriente de aditivo es de baja viscosidad y no se mezcla fácilmente. Se contempla que puedan utilizarse muchos tipos de aditivos. Particularmente, la corriente de aditivo puede incluir disoluciones de catalizadores, monómeros, gases disueltos en disolventes, antioxidantes, estabilizadores UV, estabilizadores térmicos, ceras, tintes de color y pigmentos.

20 Unos polímeros, catalizadores y aditivos adecuados contemplados por la presente invención incluyen los descritos en la patente de EE.UU. nº 5.272.236; patente de EE.UU. nº 5.278.272; y patente de EE.UU. nº 5.665.800, todas expedidas para Lai et al., y con título "Elastic Substantially Linear Olefin Polymers"; y la patente de EE.UU. nº 5.677.383, expedida para Chum et al., titulada "Fabricated Articles Made From Ethylene Polymer Blends".

25 En el proceso de polimerización, la corriente de aditivo puede ser una disolución de catalizador o un monómero, tal como etileno disuelto en un disolvente, que se inyecta a través de una salida 28 del inyector 26 de corriente de aditivo primario, colocado en el orificio de entrada 14. En la realización mostrada, el único inyector 26 de corriente de aditivo se coloca de tal manera que su salida 28 de inyector de aditivo queda a ras con el plano del orificio de entrada 14, y apunta al medio del orificio de entrada 14. El inyector 26 de corriente de aditivo primario inyecta la corriente de aditivo en el sentido del flujo, sin tener ningún contacto físico con el mezclador de flujo 10. El inyector 26 de aditivo primario puede tener muchos diseños distintos aparte del tubo mostrado, en la medida en que sea capaz de entregar una corriente de aditivo.

30 El diámetro de la salida 28 de inyector de corriente de aditivo debe ser lo suficientemente grande como para evitar el taponamiento debido a las impurezas, pero preferiblemente lo suficientemente pequeño como para que la velocidad de salida de la corriente desde el inyector 26 de corriente de aditivo primario (es decir, la velocidad de salida del chorro) sea igual o mayor que la velocidad promedio de la corriente a granel.

35 La región de compresión 20 reduce el tamaño a lo largo del plano de compresión en el sentido del flujo, a medida que la región de ampliación 22 aumenta simultáneamente el tamaño a lo largo del plano de ampliación en el sentido del flujo. Son la compresión y la ampliación simultáneas de la corriente de aditivo las que aumentan el área de la interfaz entre la corriente a granel y la corriente de aditivo, favoreciendo de este modo la mezcla de la corriente de aditivo y la corriente a granel a medida que son canalizadas a través del mezclador de flujo 10.

40 Haciendo referencia a la Fig. 2, el mezclador de flujo 10 se muestra mirando aguas abajo en el sentido de flujo. El mezclador de flujo 10 está suspendido y asegurado dentro del conductor de flujo 24, de una manera simétrica alrededor del centro del conductor de flujo 24, mediante cualquier método práctico. En la realización mostrada, el mezclador de flujo 10 está asegurado mediante unos puntales 32, de tal manera que el mezclador de flujo 10 es sustancialmente estable para soportar la presión del fluido de la corriente a granel contra el mezclador de flujo 10. Los puntales 32 no son necesarios, sin embargo, ya que el mezclador de flujo 10 podría pegarse, soldarse o conectarse de otro modo al conductor de flujo 24.

45 El inyector 26 de corriente de aditivo primario se orienta preferiblemente a lo largo del eje longitudinal del mezclador de flujo 10, y en el centro del orificio de entrada 14 en un punto medio de las partes constreñidas centrales de entrada 30a y 30b. La colocación del inyector 26 de corriente de aditivo primario en el centro del orificio de entrada 14 minimiza las obstrucciones aguas abajo para la corriente de aditivo. La minimización de las obstrucciones también reduce las pérdidas de presión de las corrientes, a medida que pasan a través del cuerpo generalmente abierto y hueco del mezclador de flujo 10.

La región de compresión 20 y la región de ampliación 22 comprenden cada una un par de estructuras en forma de lóbulo 34a, 34b y 36a, 36b, respectivamente. El tamaño de los lóbulos 34a y 34b de región de compresión es el mayor en el orificio de entrada 14 y generalmente disminuye de tamaño a lo largo de la región de compresión 20 en el sentido de flujo. Los lóbulos 36a y 36b de región de ampliación, en cambio, tienen el mínimo en el orificio de entrada 14 y aumentan generalmente a lo largo de la región de ampliación 22 en el sentido de flujo.

El inyector 26 de corriente de aditivo primario se coloca en el orificio de entrada 14 de tal manera que no hay obstáculo alguno para la corriente de aditivo cuando se inyecta. La corriente a granel que fluye en el conductor de flujo 24 y la corriente de aditivo inyectada por el flujo del inyector 26 de corriente de aditivo son canalizados a lo largo de la superficie interior 38 de los lóbulos 34a y 34b de región de compresión para estrecharse en la región de compresión 20. El tamaño de los lóbulos 34a y 34b de la región de compresión 20 debe ser igual para favorecer la compresión uniforme de las corrientes. Los lóbulos 34 de región de compresión se encuentran en las partes centrales constreñidas de entrada 30a y 30b.

Haciendo referencia ahora a la Fig. 3, se muestra el mezclador de flujo 10 mirando aguas arriba contra el sentido de flujo y mirando al inyector 26 de corriente de aditivo primario. Los lóbulos 36 de región de ampliación se encuentran en unas partes centrales constreñidas de salida 40a y 40b del orificio de salida 18. La corriente a granel y la corriente de aditivo se canalizan desde los lóbulos 34a y 34b de región de compresión de la región de compresión 20 a lo largo de la superficie interior 42 de los lóbulos 36a y 36b de región de ampliación, hasta que la corriente a granel y la corriente de aditivo llegan a su máxima deformación en el orificio de salida 18. Los patrones de flujo de las corrientes que constituyen la repentina pero continua transición desde la región de compresión 20 a la región de ampliación 22 es suficiente para mejorar la mezcla de la corriente a granel y la corriente de aditivo mediante la deformación de la corriente de aditivo, creando un área superficial adicional.

El tamaño de la abertura de salida 18 es preferiblemente el del orificio de entrada 14, pero el orificio de salida 18 no debe ser menor que el orificio de entrada 14 para evitar la inversión de flujo dentro del mezclador de flujo 10. Además, el tamaño y la forma de los lóbulos 36a y 36b de la región de ampliación 22 deben ser iguales para favorecer la ampliación uniforme de las corrientes.

Haciendo referencia a la Fig. 4, se muestra una vista lateral del mezclador de flujo 10. La región de compresión 20 y la región de ampliación 22 están formadas íntegramente. El mezclador de flujo 10 se construye preferiblemente a partir de una sola pieza de material. La presente invención contempla cualquier material que sea adecuado para la construcción particular. Preferiblemente, se contempla un material que se pueda deformar en la región de compresión 20 y la región de ampliación 22, tal como metal o poli(cloruro de vinilo) (PVC). La longitud del mezclador de flujo 10 es variable, aunque preferiblemente se aproxima a la anchura del mezclador de flujo 10 en su punto más ancho.

El inyector 26 de corriente de aditivo primario, que se muestra en línea imaginaria, está colocado a lo largo de un eje longitudinal del mezclador de flujo 10. Para obtener el máximo de mezcla, el inyector 26 de corriente de aditivo se coloca preferiblemente en el centro, dirigido a lo largo del eje longitudinal central. El inyector 26 de corriente de aditivo, también se coloca preferiblemente de tal manera que no haya contacto directo entre el inyector 26 de corriente de aditivo y el mezclador de flujo 10. Aunque el inyector 26 de corriente de aditivo se coloca preferiblemente a ras con el plano del orificio de entrada 14, la de salida 28 del inyector de corriente de aditivo también podría montarse fuera del plano del orificio de entrada 14, preferiblemente a una pequeña distancia de modo que la corriente de aditivo entrará en el centro del mezclador de flujo 10.

Hay una continuidad desde los lóbulos 34a y 34b de la región de compresión 20 a los lóbulos 36a (no se muestra) y 36b de la región de ampliación 22 para reducir la probabilidad de ángulos agudos y regiones de esquina, que pueden hacer que la corriente a granel o la corriente de aditivo se acumulen a lo largo del mezclador de flujo 10. La forma generalmente hueca y la falta de rincones interiores abruptos reduce las pérdidas de presión de la corriente a granel y la corriente de aditivo cuando pasan a través del mezclador de flujo 10.

Haciendo referencia a la Fig. 5, la región de compresión 20 tiene preferiblemente una forma generalmente triangular a lo largo del plano de compresión. La región de compresión 20 disminuye en el sentido del flujo, de tal manera que cualquier corriente de fluido que entra en el mezclador de flujo 10 se estrechará en el sentido del flujo y se canalizará a lo largo de la superficie interior 38 de los lóbulos 34a y 34b de región de compresión hacia el recorrido de la corriente de aditivo inyectada procedente del inyector 26 de corriente de aditivo primario.

Haciendo referencia a la Fig. 6, la región de ampliación 22 preferiblemente también tiene una forma generalmente triangular a lo largo del plano de ampliación. La región de ampliación 22 aumenta en el sentido del flujo. El fluido dentro de la región de ampliación 22 será canalizado a lo largo de la superficie interior 42 de los lóbulos 36a y 36b de región de ampliación. Esto tiene como resultado un ensanchamiento del flujo dentro de la región de ampliación 22. En consecuencia, se aumenta el área superficial de la corriente de aditivo desde el inyector 26 de corriente de aditivo primario, aumentando de ese modo su potencial área de mezcla en la interfaz con la corriente a granel.

Haciendo referencia ahora a la Fig. 7, se muestra otra realización del sistema de mezcla de flujo. En esta realización, la corriente a granel sigue fluyendo a través y alrededor del mezclador generalmente abierto y hueco 10

de flujo. Además del inyector 26 de corriente de aditivo primario colocado en el orificio de entrada 14, un par de inyectores 50a y 50b de corriente de aditivo adicional se colocan preferiblemente a ras con el plano del orificio de entrada 14 y apuntan a lo largo de la parte exterior del mezclador generalmente abierto y hueco 10 de flujo. Los inyectores 50a y 50b de corriente de aditivo adicional pueden inyectar diferentes corrientes de aditivos que la inyectada por el inyector 26 de corriente de aditivo primario. Preferiblemente, los inyectores 50a y 50b de corriente de aditivo se colocan a ambos lados del inyector 26 de corriente de aditivo primario. También se contempla que uno o los dos inyectores 50a y 50b de corriente de aditivo adicional se puedan utilizar por separado o cada uno en combinación con el inyector 26 de corriente de aditivo primario, dependiendo de la cantidad y el tipo de corrientes de aditivos a incorporar en la corriente a granel. Se puede utilizar un solo inyector de corriente de aditivo adicional.

Haciendo referencia a la Fig. 8, los inyectores 50a y 50b de corriente de aditivo adicional se colocan preferiblemente a medio camino entre las partes centrales constreñidas de entrada 30a y 30b y el conductor de flujo 24, de tal manera que los inyectores adicionales 126a y 126b de aditivo están orientados para inyectar sus respectivas corrientes de aditivo en la región exterior 37 de la región de ampliación 22. Cada corriente de aditivo inyectada desde los inyectores 126a y 126b de aditivo se deformará entonces en la región exterior 37 de la región de ampliación 22, lo que provoca que el área de la interfaz entre cada corriente de aditivo y la corriente a granel aumente y favorezca la mezcla de la corriente a granel y las corrientes de aditivo. Preferiblemente, los inyectores 50a y 50b de corriente de aditivo adicional inyectan simultáneamente sus respectivas corrientes de aditivos. Los inyectores 50a y 50b de corriente de aditivo se pueden colocar más alejados o más cerca del mezclador de flujo 10. Otros puntos adicionales de inyección pueden ser, por ejemplo, a un tercio y dos tercios de la distancia desde las partes centrales constreñidas de entrada 30a y 30b al conductor de flujo 24 en cualquiera de los lados del inyector 26 de corriente de aditivo primario y dirigidos a lo largo de la parte exterior 37 del mezclador de flujo 10.

Haciendo referencia ahora a la Fig. 9, se muestra otra realización de la presente invención. Un mezclador de flujo extensivo, se muestra generalmente con el número de referencia 110, incluye un cuerpo generalmente abierto y hueco 112 de mezclador de flujo. El cuerpo generalmente abierto y hueco 112 de mezclador de flujo tiene una superficie exterior contorneada 114 y una superficie interior contorneada 116 que sigue la forma de la superficie exterior contorneada 114.

El mezclador de flujo 110 incluye un único orificio de entrada 118 y un único orificio de salida 120. El sentido del flujo se define al moverse desde el único orificio de entrada 118 al único orificio de salida 120. Una orilla delantera 126 forma el perfil del único orificio de entrada 118.

El cuerpo generalmente abierto y hueco 112 de mezclador de flujo incluye una región de compresión 122. La región de compresión 122 incluye unos lóbulos contorneados 124a, 124b y 124c. Los lóbulos contorneados 124a, 124b y 124c de la región de compresión 122 disminuyen de tamaño en el sentido del flujo desde la orilla delantera 126 del único orificio de entrada 118 al único orificio de salida 120. El cuerpo generalmente abierto y hueco 112 de mezclador de flujo incluye una región de ampliación 128. La región de ampliación 128 incluye similarmente unos lóbulos contorneados 130a, 130b y 130c (no se muestra). Los lóbulos contorneados 130a, 130b y 130c en la región de ampliación 128 aumentan de tamaño en el sentido del flujo cuando se pasa desde el único orificio de entrada 118 al único orificio de salida 120. Los lóbulos contorneados 124a, 124b y 124c de la región de compresión 122 se alternan con los lóbulos contorneados 130 a, 130b y 130c de la región de ampliación 128 alrededor de la superficie exterior contorneada 114 del cuerpo generalmente abierto y hueco 112 del mezclador de flujo.

El inyector 132 de corriente de aditivo primario se coloca en el único orificio de entrada 118, de tal manera que la salida 134 del inyector 132 de corriente de aditivo primario está situada en el centro y a ras del único orificio de entrada 118.

Haciendo referencia ahora a la Fig. 10, el tamaño y la forma de los lóbulos contorneados 124a, 124b y 124c de la región de compresión 122 tienen preferiblemente el mismo tamaño y forma que los lóbulos contorneados 130a, 130b y 130c de la región de ampliación 128.

El inyector 132 de corriente de aditivo primario se coloca preferiblemente para inyectar una corriente de aditivo primario por el interior del cuerpo generalmente abierto y hueco 112 de mezclador de flujo sin que encuentre obstáculos.

En funcionamiento, la corriente a granel que fluye a través del cuerpo generalmente abierto y hueco 112 de mezclador de flujo se comprimirá en la región de compresión 122 y de ese modo comprimirá la corriente de aditivo primario y aumentará su área de mezcla en la interfaz.

La corriente a granel entra en el único orificio de entrada 118 y es comprimida por la superficie interior contorneada 116 de cada uno de los lóbulos contorneados.

El mezclador de flujo extensivo 110 se conecta a un conductor de flujo 123, típicamente un cilindro, preferiblemente por medio de unos puntales 125, aunque es aceptable cualquier método adecuado de conexión.

- 5 Haciendo referencia ahora a la Fig. 11, la salida 134 del inyector 132 de corriente de aditivo primario es visible desde el único orificio de salida 120. El único orificio de salida 120 tiene preferiblemente el mismo tamaño, pero no es más pequeño, que el único orificio de entrada 118. Los lóbulos contorneados 130a, 130b y 130c de la región de ampliación 128 están en su máximo y terminan en una orilla trasera 136 que define el perímetro exterior del único orificio de salida 120.
- Haciendo referencia a la Fig. 12, una vista lateral del mezclador de flujo extensivo 110 muestra que el inyector de corriente de aditivo primario está colocado a lo largo del eje longitudinal del mezclador de flujo extensivo 110. Preferiblemente, el inyector 132 de corriente de aditivo primario está a ras con el plano del único orificio de entrada 118.
- 10 La región de compresión 122 disminuye de tamaño en el sentido del flujo, mientras que la región de ampliación 128 aumenta de tamaño en el sentido del flujo. La convergencia simultánea de la región de compresión 122 y la divergencia de la región de ampliación 128 son las que ocasionan el aumento de área de la interfaz entre la corriente a granel y cualquier corriente de aditivo inyectada por el inyector 132 de corriente de aditivo.
- 15 Haciendo referencia ahora a la Fig. 13, la región de compresión 122 está formada íntegramente con la región de ampliación 128, de tal manera que la superficie exterior contorneada 114 no contiene regiones angulares fuertes o características similares a escalones que puedan reducir la eficiencia global de mezcla del mezclador de flujo 110.
- Haciendo referencia ahora a la Fig. 14, los inyectores 138a, 138b y 138c de corriente de aditivo adicional pueden orientarse de tal manera que apuntan hacia la superficie exterior contorneada 114 del cuerpo generalmente abierto y hueco 112 de mezclador de flujo.
- 20 Haciendo referencia ahora a la Fig. 15, se muestran las ubicaciones preferidas de los inyectores 138a, 138b y 238c de corriente de aditivo adicional. Preferiblemente, los inyectores 138a, 138b y 138c de corriente de aditivo adicional se dirigen hacia el exterior de cada uno de los lóbulos contorneados 130a, 130b y 130c de la región de ampliación 128. Se entiende que se pueden utilizar menos corrientes de aditivo adicional junto con el inyector 132 de corriente de aditivo primario. Es importante señalar que de nuevo no hay contacto directo entre el inyector 132 de corriente de aditivo primario ni los inyectores 138a, 138b y 138c de corriente de aditivo adicional con el cuerpo generalmente abierto y hueco 112 de mezclador de flujo. La ausencia de contacto directo reduce la probabilidad de acumulación de aditivo y el atasco en el cuerpo 112 del mezclador de flujo durante el funcionamiento.
- 25 Haciendo referencia ahora a la Fig. 16, se muestra otra realización de la presente invención. Un mezclador de flujo extensivo, se muestra generalmente con el número de referencia 210, incluye un cuerpo generalmente abierto y hueco 212 de mezclador de flujo. El cuerpo generalmente abierto y hueco 212 de mezclador de flujo tiene una superficie exterior contorneada 214 y una superficie interior contorneada 216 que sigue la forma de la superficie exterior contorneada 214.
- 30 El mezclador de flujo 210 incluye un único orificio de entrada 218 y un único orificio de salida 220. El sentido del flujo se define al moverse desde el único orificio de entrada 218 al único orificio de salida 220.
- 35 El cuerpo generalmente abierto y hueco 212 de mezclador de flujo incluye una región de compresión 222. La región de compresión 222 incluye unos lóbulos contorneados 224a, 224b, 224c y 224d. Los lóbulos contorneados 224a, 224b, 224c y 224d de la región de compresión 222 disminuyen de tamaño en el sentido del flujo desde la orilla delantera 226 del único orificio de entrada 218 al único orificio de salida 220. La orilla delantera 226 forma el perfil del único orificio de entrada 218. El cuerpo generalmente abierto y hueco 212 de mezclador de flujo incluye una región de ampliación 228. La región de ampliación 228 incluye similarmente unos lóbulos contorneados 230a, 230b, 230c y 230d (no se muestran). Los lóbulos contorneados 230a, 230b, 230c y 230d en la región de ampliación 228 aumentan de tamaño en el sentido del flujo cuando se pasa desde el único orificio de entrada 218 al único orificio de salida 220. Los lóbulos contorneados 224a, 224b, 224c y 224d de la región de compresión 222 se alternan con los lóbulos contorneados 230a, 230b, 230c y 230d de la región de ampliación 228 alrededor de la superficie exterior contorneada 214 del cuerpo generalmente abierto y hueco 212 del mezclador de flujo.
- 40 El inyector 232 de corriente de aditivo primario se coloca preferiblemente en el único orificio de entrada 218, de tal manera que la salida 234 del inyector 232 de corriente de aditivo primario está situada en el centro y a ras del único orificio de entrada 218.
- 45 Haciendo referencia ahora a la Fig. 17, el tamaño y la forma de los lóbulos contorneados 224a, 224b, 224c y 224d de la región de compresión 222 tienen preferiblemente el mismo tamaño y forma que los lóbulos contorneados 230a, 230b, 230c y 230d de la región de ampliación 228.
- 50 El inyector 232 de corriente de aditivo primario se coloca preferiblemente para inyectar una corriente de aditivo primario por el interior del cuerpo generalmente abierto y hueco 212 de mezclador de flujo sin que encuentre obstáculos.

En funcionamiento, de manera similar a otras realizaciones, la corriente a granel que fluye a través del cuerpo generalmente abierto y hueco 212 de mezclador de flujo se comprimirá en la región de compresión 222 y de ese modo comprimirá la corriente de aditivo primario y aumentará su área de mezcla en la interfaz.

5 La corriente a granel entra en el único orificio de entrada 218 y es comprimida por la superficie interior contorneada 216 de cada uno de los lóbulos contorneados.

El mezclador de flujo extensivo 210 se conecta a un conductor de flujo 223, típicamente un cilindro, preferiblemente por medio de unos puntales 225, aunque es aceptable cualquier modo adecuado de conexión.

10 Haciendo referencia ahora a la Fig. 18, la salida 234 del inyector 232 de corriente de aditivo primario es visible desde el único orificio de salida 220. El único orificio de salida 220 tiene preferiblemente el mismo tamaño, pero no es más pequeño, que el único orificio de entrada 218. Los lóbulos contorneados 230a, 230b, 230c y 230d de la región de ampliación 228 están en su máximo y terminan en la orilla trasera 236 que define el perímetro exterior del único orificio de salida 220.

15 Haciendo referencia a la Fig. 19, una vista lateral del mezclador de flujo extensivo 210 muestra que el inyector 232 de corriente de aditivo primario está colocado a lo largo del eje longitudinal del mezclador de flujo extensivo 210. Preferiblemente, el inyector 232 de corriente de aditivo primario está a ras con el plano del único orificio de entrada 218.

20 La región de compresión 222 disminuye de tamaño en el sentido del flujo, mientras que la región de ampliación 228 aumenta de tamaño en el sentido del flujo. La convergencia simultánea de la región de compresión 222 y la divergencia de la región de ampliación 228 son las que ocasionan el aumento de área de la interfaz entre la corriente a granel y cualquier corriente de aditivo inyectada por el inyector 232 de corriente de aditivo.

Haciendo referencia ahora a la Fig. 20, la región de compresión 222 está formada íntegramente con la región de ampliación 228, de tal manera que la superficie exterior contorneada 214 no contiene regiones angulares fuertes o características similares a escalones que puedan reducir la eficiencia global de mezcla del mezclador de flujo 210.

25 Haciendo referencia ahora a la Fig. 21, los inyectores 238a, 238b, 238c y 238d de corriente de aditivo adicional se orientan de tal manera que apuntan hacia la superficie exterior contorneada 214 del cuerpo generalmente abierto y hueco 212 del mezclador de flujo.

30 Haciendo referencia ahora a la Fig. 22, se muestran las ubicaciones preferidas de los inyectores 238a, 238b, 238c y 238d de corriente de aditivo adicional. Preferiblemente, los inyectores 238a, 238b, 238c y 238d de corriente de aditivo adicional se dirigen hacia el exterior de cada uno de los lóbulos contorneados 230a, 230b, 230c y 230d de la región de ampliación 228. Se entiende que se pueden utilizar menos inyectores de corrientes de aditivo adicional junto con el inyector 232 de corriente de aditivo primario. No hay contacto directo entre el inyector 232 de corriente de aditivo primario ni los inyectores 238a, 238b, 238c y 238d de corriente de aditivo adicional con el cuerpo generalmente abierto y hueco 212 de mezclador de flujo. La ausencia de contacto directo reduce la probabilidad de atasco del mezclador de flujo durante el funcionamiento.

35 El método de la presente invención se dirige a la mezcla de una corriente de aditivo con una corriente a granel. Es importante señalar que el método contemplado por la presente invención es independiente de la secuencia de corriente a granel particular y las corrientes de aditivo que entran al mezclador de flujo, y también es independiente de las concentraciones relativas de corriente a granel con respecto a la corriente de aditivo primario y de aditivos adicionales. Además, el presente método contempla los muchos tipos de corrientes a granel y corrientes de aditivos mencionadas hasta ahora. Particularmente, se añaden aditivos tales como catalizadores, monómeros, pigmentos, tintes, antioxidantes, estabilizadores, ceras y modificadores a corrientes a granel que incluyen diferentes mezclas, disoluciones y otros líquidos viscosos de polímeros y co-polímeros.

45 Según el método, se proporciona el cuerpo generalmente abierto y hueco de mezclador de flujo como se ha descrito como hasta ahora. Se inyecta una corriente de aditivo en el orificio de entrada del cuerpo, del mezclador de flujo, generalmente abierto y hueco. La corriente de aditivo y la corriente a granel se comprimen en la región de compresión y se amplían en la región de ampliación del área de la interfaz entre la corriente a granel y la corriente de aditivo para favorecer la mezcla de la corriente a granel y la corriente de aditivo. Las etapas de compresión y ampliación se producen preferiblemente de forma simultánea.

50 En otro aspecto del método, se utiliza por lo menos un inyector de aditivo adicional junto con por lo menos un inyector de corriente de aditivo primario, inyectando por lo menos una corriente de aditivo adicional en la región exterior del cuerpo generalmente hueco de mezclador de flujo, que tiene como resultado la deformación de cada una de las corrientes de aditivo adicional en la región exterior del cuerpo generalmente hueco de mezclador de flujo. Las corrientes de aditivo adicional se conforman hasta hojas curvadas mediante el campo de flujo a granel creado por el exterior del cuerpo generalmente hueco de mezclador de flujo. Se puede apreciar que hay muchas combinaciones de inyectores de corrientes de aditivos primarios que inyectan sus corrientes tanto interna como externamente al cuerpo generalmente hueco de mezclador de flujo.

55

La presente invención se ha descrito en términos de la realización preferida, y se reconoce que son posibles equivalentes, alternativas y modificaciones aparte de los mencionados expresamente y están dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

5 Por ejemplo, se contempla poder utilizar más de cuatro lóbulos por región. Se puede utilizar una estructura de múltiples lóbulos que tiene lóbulos adicionales por región para mezclar más aditivos con la corriente a granel. Se contemplan otras cantidades y combinaciones de inyectores de corriente primaria y de aditivo, dispuestas en una variedad de configuraciones, tanto dentro como fuera del cuerpo del mezclador de flujo. Además, se pueden disponer dos mezcladores extensivos de flujo en serie con una separación de aproximadamente el diámetro del conductor 24 de flujo para favorecer capacidades adicionales de mezcla. El mezclador de flujo extensivo 10 puede utilizarse para mezclar, además de líquidos, un gas con un gas, un gas con un líquido o un líquido no miscible con un líquido. Finalmente, el mezclador de flujo extensivo 10 puede utilizarse en condiciones de flujo laminar, de transición o turbulento.

15 En otra realización, el mezclador de flujo extensivo es seguido por uno o más elementos mezcladores de tipo helicoidal (véase, por ejemplo, la Figura 29). Como se muestra en la Figura 29, el ejemplo de mezclador de tipo helicoidal comprende tres elementos mezcladores, cada uno representado por una placa rectangular que está retorcida a lo largo de su eje longitudinal. La longitud, l_2 , representa la longitud de la placa retorcida y el diámetro, d_2 es la anchura de la placa retorcida. El grado de torsión es típicamente de 120 a 210 grados, y preferiblemente de 160 a 180 grados. El grado de torsión es a lo largo del eje longitudinal de la placa rectangular. La "orilla delantera del primer elemento mezclador estático de tipo helicoidal, en una serie de ese tipo de elementos mezcladores, en el sentido del flujo a granel", se conoce como la orilla delantera del primer elemento mezclador.

20 En una realización, los elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal son seguidos por elementos mezcladores de alta cizalladura y alta caída de presión que consisten en una distribución de barras cruzadas dispuestas con un ángulo de 45° respecto al eje del tubo (véase, por ejemplo, la Figura 30). La Figura 30 muestra cuatro de esos elementos mezcladores con las mismas dimensiones, dispuestos de modo el elemento está rotado 90 grados cuando se compara con el elemento mezclador adyacente a él a lo largo del eje longitudinal. La longitud, l_2 , representa la longitud de la distribución de barras cruzadas y el diámetro, d_2 es la anchura de la distribución de barras cruzadas.

25 Los elementos mezcladores de tipo helicoidal y los de alta cizalladura y alta caída de presión se pueden colocar entre una bomba de engranajes y un paquete de cribas, preferiblemente seguidos también por una granuladora, en la que una extrusora de brazo puede alimentar un concentrado de aditivo entre la bomba de engranajes y el mezclador de flujo extensivo en un proceso de polimerización, especialmente un proceso de polimerización de etileno, y con una velocidad relativa a la corriente principal del proceso desde el 0,1 hasta el 30 por ciento en peso.

30 Unos ejemplos representativos de elementos mezcladores de tipo helicoidal son los elementos mezcladores estáticos de tipo Kenics de Chemineer, Inc. Ross Koflo Corporation y StaMixCo también producen elementos mezcladores de tipo helicoidal. Los elementos mezcladores estáticos helicoidales también se conocen como "cintas retorcidas helicoidales". Unos ejemplos representativos de elementos mezcladores de alta cizalladura y alta caída de presión son los elementos mezcladores estáticos de tipo SMX de Chemineer, Inc.

35 Los elementos mezcladores de alta cizalladura y alta caída de presión son de tal manera que inducen un índice de cizalladura que es de dos a tres veces mayor que los elementos mezcladores de tipo helicoidal, y una caída de presión que es por lo menos seis veces mayor que la de los elementos mezcladores de tipo helicoidal.

40 En una realización el por lo menos un elemento mezclador estático helicoidal está ubicado a una distancia de "la mitad del diámetro del conductor de flujo ($1/2 D_1$)" a "dos veces el diámetro del conductor de flujo ($2 D_1$)", aguas abajo de la salida del mezclador de flujo extensivo.

45 En una realización el por lo menos un elemento mezclador estático helicoidal está ubicado a una distancia de "la mitad del diámetro del conductor de flujo ($1/2 D_1$)" a "el diámetro del conductor de flujo ($1 D_1$)", aguas abajo de la salida del mezclador de flujo extensivo.

En una realización, el por lo menos un elemento mezclador estático helicoidal se coloca de tal manera que el eje principal de la salida del mezclador de flujo extensivo está a 90 grados con la orilla delantera del elemento mezclador estático helicoidal.

50 En una realización, la corriente de aditivo se inyecta coaxialmente con el flujo principal y en el centro del mezclador de flujo extensivo.

En una realización el inyector coaxial está ubicado a una distancia de "por lo menos 0,1 del diámetro del conductor de flujo ($0,1 D_1$)" a "un diámetro del conductor de flujo ($1 D_1$)", desde la entrada del mezclador de flujo extensivo.

55 En una realización, el conductor de flujo es un cilindro que tiene una relación longitud/diámetro (L_1/D_1) mayor o igual a 7.

En una realización, el conductor de flujo es un cilindro que tiene una relación longitud/diámetro ($L1/D1$) de 7 a 40.

En una realización, el conductor de flujo es un cilindro que tiene una relación longitud/diámetro ($L1/D1$) de 10 a 38.

5 En una realización, el sistema de mezcla comprende por lo menos cuatro elementos mezcladores estáticos helicoidales, de tal manera que la orilla delantera del primer elemento mezclador estático helicoidal está ubicado perpendicular al eje principal (eje mayor) de la salida del conductor de flujo extensivo.

En una realización, el sistema comprende por lo menos un elemento mezclador estático helicoidal seguido de por lo menos un elemento mezclador estático de alta cizalladura y alta caída de presión.

En una realización, el sistema comprende por lo menos ocho elementos mezcladores estáticos helicoidales seguidos de por lo menos un elemento mezclador estático de alta cizalladura y alta caída de presión.

10 En una realización, el sistema comprende por lo menos diez elementos mezcladores estáticos helicoidales seguido de por lo menos un elemento mezclador estático de alta cizalladura y alta caída de presión.

Un sistema de mezcla inventivo puede comprender una combinación de dos o más realizaciones como se describe en la presente memoria.

15 Aunque la invención es especialmente útil para mezclar polímeros y disoluciones de polímeros, otras aplicaciones incluyen, pero no se limitan a, combinaciones de pinturas y alimentos preparados.

20 Por ejemplo, los polímeros y las disoluciones poliméricas se pueden combinar cuando tienen viscosidades similares y caudales similares, pero este sistema de mezcla es más eficaz cuando las relaciones de viscosidad y las relaciones de caudal no son cercanas a la unidad. Por ejemplo, en una aplicación, las relaciones de viscosidad van desde 300:1 a 6.000:1 para corriente principal (a granel):de aditivo, y la correspondiente relación de caudal puede ir de 300:1 de 600:1 para las mismas dos corrientes. En otra aplicación, la relación de viscosidad puede estar en el intervalo desde 100:1 para las corrientes a granel:de aditivo a 1:100 para las dos corrientes, es decir, la corriente de aditivo puede tener mayor o menor viscosidad que la corriente a granel. Además, las proporciones típicas de caudales pueden variar desde 70:30 a 98:2 en peso para las corrientes a granel:de aditivos. Incluso cuando se utiliza el mezclador de flujo extensivo, la mejor mezcla se logra cuando las proporciones de viscosidad y de caudal son cercanas a la unidad.

30 También se ha descubierto que puede haber problemas si el mezclador de flujo extensivo y el mezclador aguas abajo no están alineados correctamente entre sí. Por ejemplo, si la corriente de aditivo es más fría que la corriente a granel, y la salida del mezclador de flujo extensivo se encuentra alineada directamente con la orilla delantera del elemento mezclador de tipo helicoidal, el impacto sobre el elemento puede ocasionar suficiente enfriamiento para posiblemente congelar, atascar o precipitar el polímero. Ahora se cree que el mezclador de flujo extensivo es más eficaz si la "hoja de flujo" de salida de esta invención tiene una alineación perpendicular en alineación con la orilla delantera del elemento aguas abajo del elemento mezclador de tipo helicoidal.

35 También se ha descubierto que el mezclador de flujo extensivo, junto con elementos mezcladores de tipo helicoidal, demuestran muchas más mejoras en los sistemas de combinación de tubería laminar, que el que tenía la mezcla de reactor de depósito de agitación casi continua. De este modo, esta invención es especialmente útil para la mezcla de aditivos o agentes catalizadores neutralizantes en el flujo de tubería, después del reactor, y para la mezcla de dos corrientes fundidas de polímero, tal como en la combinación en extrusora de brazo lateral en procesos de polietileno.

40 También se ha descubierto que la posición y la forma de la corriente inyectada antes del mezclador de flujo extensivo son importantes para las prestaciones del dispositivo. Los estudios de Dinámica de Fluidos Computacional han demostrado que las prestaciones mejoran si el espaciamiento entre la tobera del inyector y el mezclador de flujo extensivo es suficiente como para permitir que el diámetro de la corriente de inyección se equilibre con el flujo circundante, que puede tener lugar dentro de 2,54 a 12,7 cm (una a cinco pulgadas).

45 El mezclador de flujo extensivo utilizado debe modificarse solo para una aplicación dada mediante el aumento del tamaño de la abertura central en el punto de inyección, por lo que el diámetro equilibrado de la corriente de aditivo es ligeramente menor que las paredes interiores del dispositivo mezclado de flujo extensivo. El diámetro de corriente de aditivo equilibrada puede calcularse sobre la base de la proporción volumétrica de la corriente principal con la corriente de aditivo, sobre la base de un simple equilibrio de masa.

Se ha descubierto que el mezclador de flujo extensivo es eficaz para mezclar fluidos, en los que la viscosidad de la corriente principal puede ser menor o mayor que la de la corriente de aditivo.

50 En otra aplicación, este sistema de mezcla puede aplicarse a la adición de agentes catalizadores de neutralización y antioxidantes en el proceso de disolución de polietileno aguas abajo del reactor, en el que el objetivo es de hidrolizar el catalizador y neutralizar el ácido que se forma. No es fácil medir la mezcla en línea. Por lo tanto, la mezcla se puede inferir a partir de la medición del ácido en el espacio de vapor de un depósito aguas abajo del punto de inyección: cuanto mayor sea el ácido medido, peor será la mezcla.

Un sistema de mezcla inventivo puede comprender una combinación de dos o más realizaciones como se describe en la presente memoria.

Experimental

Información general

- 5 El mezclador de flujo extensivo (EFM, extensional flow mixer) en todos los estudios que se describen a continuación tiene el diseño que se muestra en la Figura 1, con dos lóbulos de región de compresión y dos lóbulos de región de extensión. Véase también, el elemento de EFM de la Figura 31.

En algunos de los siguientes estudios siguientes se utiliza Dinámica de Fluidos Computacional (CFD, Computational Fluid Dynamics, software FLUENT de Fluent Inc., versión 6.3, 2006) para simular un caso típico de inyección de aditivos utilizando las siguientes condiciones: las dos corriente de fluidos (flujo a granel y flujo de aditivo) son modelizadas como dos especies diferentes en un sistema de fase fluida única. La viscosidad a cada nodo se toma como el promedio de la ley de la tercera potencia: $\mu^{1/3} = x_1\mu_1^{1/3} + x_2\mu_2^{1/3}$, donde x_1 y x_2 se refieren a las fracciones de masa y las viscosidades se introducen en el programa de software y se basan en casos deseados. Se elige una condición de frontera de "salida de presión" para la salida del conductor de flujo y se establece en la atmosférica. Se eligen las condiciones de frontera de "entrada de flujo de masa" para las fronteras de entrada (corriente a granel y de aditivo). La corriente de aditivo se define mediante el establecimiento del valor de fracción de esa corriente para que sea "uno" en la de entrada corriente lateral. Se construyen rejillas computacionales híbridas que consisten en una malla no estructurada tanto para el mezclador de flujo extensivo como para los elementos mezcladores estáticos de tipo de alta cizalladura y de alta presión estática, y se construye una malla estructurada para los elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal. El tamaño aproximado de rejilla para la geometría completa (un mezclador de flujo extensivo y 23 elementos mezcladores estáticos) es de hasta aproximadamente 10 millones de nodos.

El grado de mezcla se estima utilizando el coeficiente de variación en cada caso. El coeficiente de variación se determina utilizando la desviación relativa de la concentración local a partir del promedio de concentración en el plano axial en el extremo de cada elemento mezclador. Por lo tanto, cuanto menor sea el valor del coeficiente de variación, mejor es el grado de mezcla.

Definición del Coeficiente de variación: el CoV se determina utilizando la desviación relativa de la concentración local respecto al promedio de concentración, en la Ecuación 1, a continuación.

$$CoV = \frac{|C - C_{avg}|}{C_{avg}} \quad (\text{Ec. 1}).$$

30 Aquí, C es la concentración local de la corriente de aditivo, y C_{avg} es el promedio de concentración a lo largo de un plano axial en el mezclador. El promedio de concentración se calcula suponiendo una mezcla perfecta de las dos corrientes. Una vez que se calcula el CoV local en cada nodo en un plano axial, el promedio de CoV para ese plano se calcula como el promedio ponderado de masa para ese plano axial. Un valor bajo de CoV implica que la mezcla es sumamente homogénea.

35 La caída de presión (como se menciona en esta sección) es la diferencia de presión entre la entrada de la inyección, justo aguas arriba del mezclador de flujo extensivo, y la salida final del último elemento mezclador en cada sistema de mezcla, como se describe a continuación.

Estudio 1 - Ácido. Medición

40 El sistema de mezcla consiste en un conductor de flujo de 5,08 cm (2 pulgadas) (tubería con diámetro interno de 4,93 cm (1,94")) con un mezclador de flujo extensivo con dos lóbulos (véase la Figura 1), y con el aditivo que se inyecta coaxialmente en el medio del mezclador de flujo extensivo (EFM) utilizando una tubería de 1,27 cm (media pulgada). Aguas abajo del mezclador hay otro inyector (tubería) colocado perpendicular al flujo principal, con una tubería de diámetro de 0,635 a 1,27 cm (un cuarto de pulgada a media pulgada) colocada de modo que la extremidad de la tubería se encuentra en el medio de la corriente principal, y la extremidad se corta a 45° y se coloca a una distancia de 2,54 cm (una pulgada) del mezclador de flujo extensivo. Aguas abajo de este inyector hay 12 elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (véase la Figura 31). La Figura 31 muestra el inyector coaxial; una separación de 5,08 cm (2 pulgadas) (g_1); el EFM ($I_2 = 4,93$ cm (1,94 pulgadas), $d_2 = 4,93$ cm (1,94 pulgadas)); la separación, g_2 , de 1,0 D_1 entre el EFM y el primer elemento mezclador estático de tipo helicoidal; otro inyector perpendicular al flujo principal dentro de esa separación, g_2 ; y seis de los 12 elementos mezcladores helicoidales.

50 Cada elemento mezclador de tipo helicoidal tiene las mismas dimensiones que los otros ($I_2 = 7,36$ cm (2,90 pulgadas), $d_2 = 4,93$ cm (1,94 pulgadas)). El conductor de flujo tiene una $L_1/D_1 = 21$.

La inyección se realiza de modo que el agente de neutralización de ácido entra en el proceso, ya sea aguas arriba (inyección coaxial) o aguas abajo (baipás de orificio de inyección), mientras que el sistema está en funcionamiento

en las condiciones del estado estable. Se toma un conjunto de lecturas (véase la sonda GASTEC más adelante) y la inyección se cambia a la posición alternativa. Una vez se deja tiempo suficiente para que el sistema alcance un nuevo estado estable, se toma otro conjunto de lecturas, y el proceso se repite durante aproximadamente un mes. Las lecturas se comparan utilizando software de análisis estadístico JMP, versión 8 (JMP es la versión 8 del paquete de software estadístico de SAS corporation), para obtener sus medias y desviaciones típicas. Los resultados se muestran en la Figura 23, y la comparación entre pares Tukey-Kramer se muestra en la Tabla 1. El método de Tukey-Kramer compara valores medios de tamaños desiguales de muestra. Los valores medios de las mediciones de ácido son aproximadamente de 9 y 4 partes por millón, respectivamente, para los casos en que la inyección se realiza aguas arriba y aguas abajo del mezclador de flujo extensivo.

10 Todos los métodos para medir el ácido implican el uso tubos detectores GASTEC n° 14L, con una bomba manual de muestreo de gases GASTEC GV-1000. El procedimiento de muestreo es de la siguiente manera: el gas de la corriente de vapor del depósito aguas abajo se recoge en bolsas de gas TEDLAR de 1 o 3 litros, a través de una conexión de tubos, después de purgar la línea. El tubo se engancha en la bolsa de muestra en un extremo y a la bomba en el otro extremo. Una muestra de gas a prueba se extrae en el tubo utilizando una acción de tipo jeringa (bomba), a medida que se infla la bolsa, y otra muestra de gas a prueba se extrae entre 10 a 15 minutos desde la obtención de la primera muestra. El cambio de color del detector indica el nivel de "volumen de partes por millón" de ácido clorhídrico (HCl) en la corriente. Se registra el promedio de las dos lecturas, que son casi idénticas en todos los casos.

20 Como se ve en la Tabla 1, se observaron niveles de ácido inferiores cuando el agente de neutralización de ácido entró en el mezclador de flujo extensivo a través del orificio de inyección coaxial.

Tabla 1

Medias y desviaciones típicas						
				Err. Est.		
Nivel	Número	Media	Desv. Típica	Media	Inferior 95%	Superior 95%
baipás	16	9,32500	1,05736	0,26434	8,7616	9,8884
a través	15	4,01133	2,55423	0,65950	2,5969	5,4258

Estudio 2- Grado de mezcla

25 Una simulación típica (utilizando el software y las técnicas descritas anteriormente en la sección de Información General) comprende lo siguiente: a) un sistema de mezcla que contiene un inyector perpendicular al flujo principal con una tubería de diámetro de 0,635 a 1, 27 cm (un cuarto de pulgada a media pulgada) colocada de modo que la extremidad de la tubería se encuentra en el medio del flujo principal, y la extremidad se corta a 45°; seguido de una separación de 0,5 D1; seguido por doce elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (cada uno tiene $l_2 = 0,6858$ m, $d_2 = 0,4572$ m); y sin mezclador de flujo extensivo; y b) un sistema de mezcla que contiene un inyector coaxial; seguido de una separación de 0,4 D1, g1; un mezclador extensivo ($l_2 = 0,4572$ m, $d_2 = 0,4572$ m); seguido de una separación 1,0 D1, g2, seguida de doce elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (cada uno tiene $l_2 = 0,6858$ m, $d_2 = 0,4572$ m). La densidad de las dos corrientes se toma para que sea 741 kg/m³, y ambas configuraciones de mezcla se encierran en un conductor de flujo D1 0,4572 m.

35 Los resultados de las simulaciones se resumen en la Figura 24, en la que se representa el coeficiente de variación frente al número de elementos mezcladores de tipo helicoidal. Las simulaciones predicen que el coeficiente de variación caería de 0,80 a 0,15 con la adición del mezclador de flujo extensivo aguas arriba de los mezcladores estáticos helicoidales.

Estudio 3 - Grado de mezcla/Energía mínima

40 Se utiliza Dinámica de Fluidos Computacional (como se menciona anteriormente) para simular varios casos en un intento de obtener una mejor mezcla con los mínimos requisitos de energía en forma de caída de presión. Cuatro casos, como los mostrados como ejemplos en la Figura 25, comparan el coeficiente de variación final en la salida de un sistema de mezcla que incluye una inyección coaxial en un mezclador de flujo extensivo seguido de una serie de varios mezcladores estáticos. Cada configuración se elige de modo que la caída de presión global es aproximadamente la misma en todos los casos. En todos los casos, el diámetro del conductor de flujo, D1, es de 24,76 cm (9,75 pulgadas) y la corriente de inyector entra a través de una tubería de 1,22 cm (0,48 pulgadas). El flujo a granel es de 149.000 kg/h y el flujo de aditivo es de 750 kg/h. La viscosidad de la corriente a granel es de 6.000 cp y la viscosidad de la corriente de aditivo es 1 cp.

El caso de base es de la siguiente manera: una tubería de inyector coaxial de 1,22 cm (0,48 pulgadas) de diámetro, seguida de una separación de 0,4 D1 (g1), seguida de un mezclador de flujo extensivo (d2 = 24,77 cm (9,75 pulgadas), l2 = 24,77 cm (9,75 pulgadas)), seguido de una separación de 1,0 D1 (g2), seguida de doce elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (cada elemento d2 = 24,77 cm (9,75 pulgadas), l2 = 37,15 cm (14,625 pulgadas)).

El caso I es de la siguiente manera: una tubería de inyector coaxial de 1,22 cm (0,48 pulgadas) de diámetro, seguida de una separación de 0,4 D1 (g1), seguida de un mezclador de flujo extensivo (d2 = 24,77 cm (9,75 pulgadas), l2 = 24,77 cm (9,75 pulgadas)), seguido de una separación 1,0 D1 (g2), seguida de un elemento mezclador estático de alta cizalladura y alta caída de presión que consiste en una distribución de barras cruzadas dispuestas con un ángulo de 45° respecto del eje del tubo (como SMX, d2 = 24,77 cm (9,75 pulgadas), l2 = 24,77 cm (9,75 pulgadas)), seguido de una separación de 0,5 D1, seguido de seis elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (cada elemento d2 = 24,77 cm (9,75 pulgadas), l2 = 37,15 cm (14,625 pulgadas)).

El caso II es de la siguiente manera: una tubería de inyector coaxial de 1,22 cm (0,48 pulgadas) de diámetro, seguida de una separación de 0,4 D1 (g1), seguida de un mezclador de flujo extensivo (d2 = 24,77 cm (9,75 pulgadas), l2 = 24,77 cm (9,75 pulgadas)), seguido de una separación 1,0 D1 (g2), seguida de cuatro elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (cada elemento d2 = 24,77 cm (9,75 pulgadas), l2 = 37,15 cm (14,625 pulgadas)) seguidos de una separación de 1,0 D1, seguida de un elemento mezclador estático de alta cizalladura y alta caída de presión (tal como SMX, d2 = 24,77 cm (9,75 pulgadas), l2 = 24,77 cm (9,75 pulgadas)), seguido de una separación de 1,0 D1, seguido de dos elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (cada elemento d2 = 24,77 cm (9,75 pulgadas), l2 = 37,15 cm (14,625 pulgadas)).

El caso III es de la siguiente manera: una tubería de inyector coaxial de 1,22 cm (0,48 pulgadas) de diámetro, seguida de una separación de 0,4 D1 (g1), seguida de un mezclador de flujo extensivo (d2 = 24,77 cm (9,75 pulgadas), l2 = 24,77 cm (9,75 pulgadas)), seguido de una separación 1,0 D1 (g2), seguida de seis elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (cada elemento d2 = 24,77 cm (9,75 pulgadas), l2 = 37,15 cm (14,625 pulgadas)) seguidos de una separación de 1,0 D1, seguida de un elemento mezclador estático de alta cizalladura y alta caída de presión (tal como SMX, d2 = 24,77 cm (9,75 pulgadas), l2 = 24,77 cm (9,75 pulgadas)).

El caso de base (véase la Figura 25) tiene un coeficiente de variación estimado (véase Ec. 1) de 0,15. El Caso I tiene un coeficiente de variación estimado de 0,24. El Caso II tiene un coeficiente de variación estimado de 0,14. El Caso III tiene un coeficiente de variación estimado de 0,085. Dado que todos estos casos tienen caídas de presión muy similares, la configuración que se muestra en el Caso III es la más deseable para mezclar estas corrientes.

Estudio 4 - Grado de mezcla/Simulaciones con diferente sistema de mezcla

Configuraciones/Combinación de dos resinas

Otra aplicación del sistema de mezcla es la combinación de resinas de diferentes viscosidades. La resina que se añade como una corriente más pequeña en la resina del flujo principal puede ser más o menos viscosa que la resina del flujo principal o, incluso, puede tener la misma viscosidad que la resina del flujo principal. Las simulaciones de la Dinámica de Fluidos Computacional (véase más arriba) indican que el sistema de mezcla que comprende inyección coaxial a través del mezclador de flujo extensivo, seguido de elementos mezcladores de tipo helicoidal, seguidos de elementos mezcladores de alta cizalladura y alta caída de presión (que consisten en una distribución de barras cruzadas dispuestas en un ángulo de 45° respecto del eje del tubo) es superior al uso de inyección de tipo tangencial aguas arriba de los elementos mezcladores de tipo helicoidal, cuando los dos sistemas se compararon para similares requisitos de energía en forma de caída de presión. El diámetro interno del conductor de flujo es D1 = 24,77 cm (9,75 pulgadas) y la inyección de aditivo tiene un diámetro de 1,22 cm (0,48 pulgadas). El mezclador de flujo extensivo tiene un diámetro de 24,77 cm (9,75 pulgadas) y una longitud de 24,77 cm (9,75 pulgadas). Cada elemento mezclador estático de tipo helicoidal es igual con d2 = 24,77 cm (9,75 pulgadas) y l2 = 37,15 cm (14,625 pulgadas). Cada elemento mezclador de alta cizalladura y alta caída de presión (que consiste en una distribución de barras cruzadas dispuestas con un ángulo de 45° respecto del eje del tubo) d2 = 24,77 cm (9,75 pulgadas) y l2 = 24,77 cm (9,75 pulgadas). Además, se supone que la mezcla es mejor si el sistema de mezcla comprende una inyección coaxial aguas arriba del mezclador de flujo extensivo, seguido de una separación de un diámetro de tubo, seguido de elementos mezcladores de tipo helicoidal, en comparación con un sistema que comprende inyección coaxial aguas arriba del mezclador de flujo extensivo, seguido de una separación de un diámetro de tubería, seguida de elementos mezcladores de alta cizalladura y alta caída de presión (que consisten en una distribución de barras cruzadas dispuestas con un ángulo de 45° respecto del eje del tubo) si los dos sistemas de mezcla se comparan con los mismos requisitos caída de presión.

La Figura 26 presenta el coeficiente de variación (tal como se define en Dc.1) para la combinación de dos resinas, la resina del flujo principal tiene una viscosidad de aproximadamente 30.500 poise, y la resina del flujo lateral tiene una viscosidad de aproximadamente 20.000 poise. La proporción de flujo de la corriente lateral respecto la corriente principal es de 8,3, en términos de masa. En la Figura 26 se comparan tres casos, todos muestran el grado de mezcla con la misma caída de presión, y se muestra el coeficiente de variación al final de cada sistema de mezcla.

El Caso (a), en la Figura 26, comprende un sistema de mezcla que consiste en una inyección perpendicular a la corriente a granel con una tubería que no sobresale en el flujo a granel, seguida de una separación de $0,5 D_1$, seguida de 14 elementos mezcladores de tipo helicoidal y exhibe un coeficiente de variación de 0,047. El Caso (b), en la Figura 26, comprende una inyección coaxial seguida de una separación de 5,08 cm (2 pulgadas) (g_1) aguas arriba del mezclador de flujo extensivo ($d_2 = 24,77$ cm (9,75 pulgadas) y $l_2 = 24,77$ cm (9,75 pulgadas)), seguido de una separación de un diámetro de tubería ($1,0 D_1$, g_2), seguida de trece elementos mezcladores de tipo helicoidal (cada elemento tiene $d_2 = 24,77$ cm (9,75 pulgadas) y $l_2 = 37,15$ cm (14,625 pulgadas)). El Caso (b) tiene un coeficiente de variación de 0,017. El Caso (c), en la Figura 26, comprende un sistema de mezcla que consiste en una inyección coaxial seguida de una separación de 5,08 cm (2 pulgadas) (g_1), seguida de una separación de 5,08 cm (2 pulgadas) (g_1) aguas arriba de un mezclador de flujo extensivo ($d_2 = 24,77$ cm (9,75 pulgadas) y $l_2 = 24,77$ cm (9,75 pulgadas)), seguido de una separación de un diámetro de tubería ($1,0 D_1$, g_2), seguida de dos elementos mezcladores de alta cizalladura y alta caída de presión (que consisten en una distribución de barras cruzadas con un ángulo de 45° respecto al eje del tubo (elementos mezcladores tipo SMX, cada elemento tiene $d_2 = 24,77$ cm (9,75 pulgadas) y $l_2 = 24,77$ cm (9,75 pulgadas)), el segundo elemento está rotado 90 grados con respecto al primer elemento). El caso (c) tiene un coeficiente de variación de 0,23.

Estas simulaciones muestran que una inyección coaxial aguas arriba del mezclador de flujo extensivo mejora la mezcla cuando esta configuración se coloca aguas arriba de los elementos mezcladores de tipo helicoidal, con el número de elementos mezcladores de tipo helicoidal ajustados de modo que los dos sistemas de mezcla exhiban aproximadamente la misma caída de presión. Además, los elementos mezcladores de alta cizalladura y alta caída de presión, que consisten en una distribución de barras cruzadas, dispuestas con un ángulo de 45° respecto al eje del tubo, no son tan eficaces, en la mezcla de resinas de diferentes viscosidades, como los elementos mezcladores de tipo helicoidal cuando se comparan con la misma caída de presión.

Estudio 5 - Grado de mezcla/Resinas de diferentes viscosidades/Simulaciones

Se realizó otro conjunto de simulaciones comparando un caso de combinación de dos resinas con una corriente a granel de viscosidad 5.000 poise y una viscosidad de corriente pequeña de 20.000 poise, y la cantidad de corriente pequeña entraba al 7,5 por ciento en peso del flujo total. Se comparan dos casos en cuanto a grado de mezcla, y las simulaciones se muestran en la Figura 27.

El Caso (a), en la Figura 27, comprende un sistema de mezcla que incluye una inyección coaxial de una tubería de 0,635 cm (0,25 pulgadas) en un conductor de flujo de 5,84 cm (2,3 pulgadas) de diámetro interior, D_1 . La inyección coaxial es seguida de una separación de 2,54 cm (1 pulgada) (g_1) aguas arriba del mezclador de flujo extensivo ($d_2 = 5,84$ cm (2,3 pulgadas), $l_2 = 5,84$ cm (2,3 pulgadas)), seguido de una separación de $1,0 D_1$, seguida luego de dieciocho elementos mezcladores de tipo helicoidal ($d_2 = 5,84$ cm (2,3 pulgadas), $l_2 = 7,62$ cm (3,0 pulgadas)), todos en un conductor de 5,84 cm (2,3 pulgadas) de diámetro interior, D_1 .

El Caso (b), en la Figura 27, comprende un sistema de mezcla que incluye una inyección coaxial de una tubería de 0,635 cm (0,25 pulgadas) en un conductor de flujo de 5,84 cm (2,3 pulgadas) de diámetro interior, D_1 . La inyección coaxial es seguida de una separación de 2,54 cm (1 pulgada) (g_1) aguas arriba del mezclador de flujo extensivo ($d_2 = 5,84$ cm (2,3 pulgadas), $l_2 = 5,84$ cm (2,3 pulgadas)), seguido de una separación $1,0 D_1$, seguida luego de nueve elementos mezcladores de tipo helicoidal ($d_2 = 5,84$ cm (2,3 pulgadas), $l_2 = 7,62$ cm (3,0 pulgadas)), todos en un conductor de 5,84 cm (2,3 pulgadas) de diámetro interior; un adaptador de diámetro para aumentar el diámetro del conductor de 5,48 cm a 8,13 cm (2,3 a 3,2 pulgadas) de diámetro interior, seguido de tres elementos mezcladores de alta cizalladura y alta caída de presión que consisten en una distribución de barras cruzadas dispuestas con un ángulo de 45 grados con respecto al eje del tubo (elemento de tipo SMX, cada una $d_2 = 8,13$ cm (3,2 pulgadas), $l_2 = 8,13$ cm (3,2 pulgadas), cada uno rotado 90 grados con respecto al elemento anterior y todas dentro del conductor de 8,13 cm (3,2 pulgadas)).

El caso (b) de la Figura 27 tiene un coeficiente de variación (como se define en la Ec. 1) de 0,0063 al final del sistema de mezcla, y se estima una caída de presión de 55,15 kPa (91 libras de fuerza por pulgada cuadrada). El caso (b) de la Figura 27 tiene un coeficiente de variación de 0,0019 al final del sistema de mezcla, y se estima una caída de presión de 55,15 kPa (80 libras de fuerza por pulgada cuadrada).

Estudio 6 - Grado de mezcla/Resinas de diferentes viscosidades/Experimentos de laboratorio

Las simulaciones mostradas en el Estudio 5 también se han probado con la misma configuración que se describe más arriba en un laboratorio. El polímero se toma a través de una granuladora subacuática y los gránulos resultantes de polímero se prueban utilizando diversas técnicas analíticas. Al final de la instalación de mezcla hay una válvula de derivación que se abre, y se permite que el polímero fluya fuera del sistema como una "cuerda" continua cilíndrica. Por motivos de visualización, aproximadamente el veinte por ciento en peso de los gránulos en la corriente de inyección de aditivo se sustituyen con gránulos compuestos con uno por ciento en peso de carbono negro. Por lo tanto, a medida que se combinan las dos corrientes, se pueden observar las estrías, y se estima la magnitud de la mezcla. Una manera de observar la mezcla es obtener una fina franja de la "cuerda" cilíndrica de polímero cortada perpendicular a la dirección y cortada a lo largo del eje de la tubería, y se examina la muestra bajo una luz.

La Figura 28 compara tres casos para las mismas propiedades físicas y caudales descritos en el Estudio 5, y tres configuraciones. El Caso (a) comprende un sistema de mezcla que incluye una inyección de una tubería de 0,635 cm (0,25 pulgadas) perpendicular a la dirección del flujo, pero que no sobresale en el conductor de flujo a granel de 5,84 cm (2,3 pulgadas) de diámetro interior, D1. La inyección perpendicular es seguida de una separación de 2,54 cm (1 pulgada) (g1) aguas arriba del mezclador de flujo extensivo (d2 = 5,84 cm (2,3 pulgadas), l2 = 5,84 cm (2,3 pulgadas)), seguido de una separación de 1,0 D1, seguida luego de dieciocho elementos mezcladores de tipo helicoidal (d2 = 5,84 cm (2,3 pulgadas), l2 = 7,62 cm (3,0 pulgadas)), todos en un conductor de 5,84 cm (2,3 pulgadas).

El Caso (b) tiene exactamente la misma configuración de mezcla que el Caso (a) de la Figura 27. El Caso (c) tiene exactamente la misma configuración de mezcla que el Caso (b) de la Figura 27. La Figura 28 muestra las estrías longitudinales y axiales que representan el grado de mezcla de los tres casos descritos anteriormente. En la Figura 28, los dominios que contienen el material negro (corriente secundaria) o el material blanco (corriente primaria) son menores para el Caso (b) comparados con el Caso (a). Además, esos dominios se distribuyen de forma más uniforme a lo largo de todo el diámetro del conductor en el Caso (c) en comparación con el Caso (b). El Caso (c) en la Figura 28 ofrece mejoras marginales respecto el Caso (b). La caída de presión estimada en el Caso (a) de la Figura 28 es de 596,4 kPa (86,5 libras de fuerza por pulgada cuadrada), y en el Caso (b) de la Figura 28, la caída de presión se estima en 627,4 kPa (91 libras de fuerza por pulgada cuadrada). La caída de presión en el Caso (c) de la Figura 28 se estima en 551,6 kPa (80 libras de fuerza por pulgada cuadrada).

Estudio 7 - Simulaciones de diferentes configuraciones de mezcla

El siguiente estudio presenta las simulaciones de cinco configuraciones de mezcla con las propiedades físicas y las condiciones de funcionamiento que se muestran en la Tabla 2, y utiliza el software y las técnicas descritas anteriormente. La viscosidad del aditivo se simula utilizando la siguiente ecuación:

$$\eta = \eta_{\infty} + (\eta_0 - \eta_{\infty}) \cdot \left[1 + (\dot{\gamma} \cdot \lambda)^2 \right]^{\frac{(n-1)}{2}}$$

, con $\lambda = 47,965$ (s); $n = 0,5624$; $\gamma =$ índice de cizalladura (s-1), calculado en el código; $\eta_0=38873,4$; $\eta_{\infty}=1$.

La Configuración de comparación A comprende un sistema de mezcla que incluye una inyección de tubería de 5,08 cm (2 pulgadas) perpendicular al sentido del flujo y colocada de modo que la extremidad de la tubería está en el medio del flujo principal, y la extremidad está cortada a 45°, dentro de un conductor de flujo de 58,42 cm (23 pulgadas) de diámetro interior, D1; seguida de una separación de 0,5 D1, seguida de 18 elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (cada elemento tiene d2 = 58,42 cm (23 pulgadas) y l2 = 44,56 cm (17,7 pulgadas)); todos dentro del conductor de flujo de diámetro interior D1.

La Configuración de comparación B comprende un sistema de mezcla que incluye una inyección de tubería de 5,08 cm (2 pulgadas) perpendicular al sentido del flujo y colocada de modo que la extremidad de la tubería está en el medio del flujo principal, y la extremidad está cortada a 45°, dentro de un conductor de flujo de 58,42 cm (23 pulgadas) de diámetro interior, D1; seguida de una separación de 0,5 D1, seguida de 23 elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (cada elemento tiene d2 = 58,42 cm (23 pulgadas) y l2 = 44,56 cm (17,7 pulgadas)); todos dentro del conductor de flujo de diámetro interior D1.

La configuración de la invención (1) comprende un sistema de mezcla que incluye una inyección coaxial de una tubería de 5,08 cm (2 pulgadas) con el sentido del flujo y que tiene una longitud de 10,16 cm (4 pulgadas) y colocada dentro de un conductor de flujo de 58,42 cm (23 pulgadas) de diámetro interior, D1; seguido de una separación de 0,5 D1, seguida de un mezclador de flujo extensivo (d2 = 58,42 cm (23 pulgadas), l2 = 58,42 cm (23 pulgadas)); seguida de una separación de 1,0 D1; seguida de 18 elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (cada elemento tiene d2 = 58,42 cm (23 pulgadas) y l2 = 44,56 cm (17,7 pulgadas)); todos dentro del conductor de flujo de diámetro interior D1.

La Configuración de comparación C comprende un sistema de mezcla que incluye una inyección de tubería de 5,08 cm (1 pulgada) perpendicular al sentido del flujo y colocada de modo que la extremidad de la tubería está en el medio del flujo principal, y la extremidad está cortada a 45°, dentro de un conductor de flujo de 22,86 cm (9 pulgadas) de diámetro interior, D1; seguida de una separación de 0,5 D1, seguida de 18 elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (cada elemento tiene d2 = 22,86 cm (9 pulgadas) y l2 = 34,29 cm (13,5 pulgadas)); todos dentro del conductor de flujo de diámetro interior D1.

La Configuración de comparación D comprende un sistema de mezcla que incluye una inyección de tubería de 5,08 cm (1 pulgada) perpendicular al sentido del flujo y colocada de modo que la extremidad de la tubería está en el medio del flujo principal, y la extremidad está cortada a 45°, dentro de un conductor de flujo de 22,86 cm (9 pulgadas) de diámetro interior, D1; seguida de una separación de 0,5 D1, seguida de 18 elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (cada elemento tiene d2 = 22,86 cm (9 pulgadas) y l2 = 17,53 cm (6,9 pulgadas)); todos dentro del conductor de flujo de diámetro interior D1.

El coeficiente de variación, CoV (como se define en la Ec. 1) en la salida del sistema de mezcla se usa para determinar el grado de mezcla de las diferentes configuraciones. La Configuración de comparación tiene la máxima CoV que indica que tiene la mezcla más pobre. Las simulaciones muestran que la Configuración de la invención 1 es superior a las Configuraciones de comparación A o B, aunque la Configuración de comparación B comprende más elementos mezcladores estáticos que la Configuración de la invención 1. Además, la mejor mezcla se logra con sólo una caída de presión ligeramente superior que la Configuración de comparación A y mucho menor que la Configuración de comparación B. Las Configuraciones de comparación C y D indican que el grado de mezcla es mejor que una configuración que tenga las mismas propiedades físicas y condiciones de flujo, pero con un conductor de flujo que tiene un diámetro mayor o elementos mezcladores que tienen menor l_2/d_2 . La Configuración de la invención 1 muestra una mejor mezcla que todos los casos de comparación, aunque la Configuración de comparación 1 tiene un mayor diámetro de conductor de flujo que la Configuración de comparación D, y con una menor l_2/d_2 que la Configuración de comparación C.

Tabla 2: Comparación de cuatro sistemas de mezcla de comparación y un sistema de mezcla de la invención para los mismos caudales y propiedades físicas, pero con diferentes configuraciones.

	Configuración de comparación A	Configuración de comparación B	Configuración de la invención 1	Configuración de comparación C	Configuración de comparación D
Viscosidad de flujo a granel (poise)	6.820	6.820	6.820	6.450	6.450
Caudal a granel (kg/s)	9,7	9,7	9,7	1,5	1,5
Densidades (kg/m ³)	760	760	760	760	760
Proporción de flujo, aditivo respecto a granel	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
% de flujo de aditivo del total	7,4%	7,4%	7,4%	7,4%	7,4%
Elemento	0,77	0,77	0,77	1,5	0,77
Conductor de flujo L1/D1	14,9	18,7	16,9	28,0	14,9
Caída de presión (psi)	81	103	89	210	157
CoV al final del mezclador	1,11	0,79	0,48	0,63	0,74

Estudio 8 - Mediciones de ácido con dos diferentes configuraciones de mezcla

Las mediciones se realizan utilizando la misma técnica experimental, equipo y ubicación equivalente que en el Estudio 1 anterior. El conductor es un conductor de flujo de 25,4 cm (10 pulgadas) (23,62 cm (9,3 pulgadas) de diámetro interno); el tamaño del inyector de aditivo es una tubería de 2,54 cm (1 pulgadas); el flujo a granel de aproximadamente 48 kg/s; el flujo de aditivo es de aproximadamente 0,20 kg/s; la densidad de las dos corrientes es de aproximadamente 780 kg/m³; la viscosidad del flujo a granel varía de menos de 1.000 a aproximadamente 6.000 cp; la viscosidad de la corriente de aditivo es de aproximadamente 1 cp.

Configuración Comparativa E: inyector de aditivo perpendicular al flujo a granel, y colocado de modo que la extremidad de la tubería se encuentre en el medio del conductor de flujo a granel, y la extremidad se corta a 45°; seguido de una separación de 0,4 D1, seguida de seis elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (todos tienen d_2 de 23,62 cm (9,3 pulgadas) y l_2 de 37,25 cm (14,625 pulgadas)); seguido de una separación de 1 D1,

seguida de seis elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (todos tiene d2 de 23,62 cm (9,3 pulgadas) y l2 de 37,25 cm (14,625 pulgadas)).

5 Configuración de la invención 2: inyector de aditivo coaxial al flujo a granel con una longitud de 10,16 cm (4 pulgadas) en línea con el flujo; seguido de una separación de 0,2 D1, g1; seguida de un EFM (d2 = 23,62 cm (9,3 pulgadas) y l2 = 23,62 cm (9,3 pulgadas)); seguido de una separación de 1 D1, g 2; seguida de 13 elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (todos tienen d2 de 23,62 cm (9,3 pulgadas) y l2 de 30,73 cm (12,1 pulgadas)), con la orilla delantera del primer elemento helicoidal colocada perpendicular al eje principal (eje mayor) de la salida del EFM.

10 La Figura 32 muestra las mediciones de ácido en los dos casos (Comparativa E e Invención E 2), tal como se representa utilizando software JMP (definido anteriormente) y la prueba Tukey-Kramer. La prueba Tukey-Kramer muestra que los valores medios de las mediciones de ácido en las configuraciones de comparación y de la invención son significativamente diferentes, con intervalo de confianza del 95%. La Tabla 3 a continuación muestra los detalles de los valores medios y las desviaciones típicas para estas configuraciones. Para la Configuración de la invención 2, el valor medio se reduce aproximadamente un 65%, en comparación con la Configuración de comparación E y la desviación estándar se reduce aproximadamente un 50% en la Configuración de comparación 2, en comparación con la Configuración de comparación E. Estos resultados indican que la Configuración de la invención 2 es superior a la hora de mezclar las dos corrientes en comparación con la Configuración de comparación E.

Tabla 3

Medias y desviaciones típicas						
				Err. Est.		
Nivel	Número	Media	Desv. Típica	Media	Inferior al 95%	Superior al 95%
Comparación E	13	17,6923	5,4526	1,5123	14,397	20,987
Invención 2	9	6,2222	2,7285	0,9095	4,125	8,319

20 Estudio 9 - Simulaciones de diferentes configuraciones de mezcla para inyección de aditivo

El siguiente estudio presenta las simulaciones de ocho casos para seis configuraciones de mezcla utilizando las propiedades físicas y las condiciones de funcionamiento mostradas en la Tabla 4, utilizando el software y las técnicas descritos anteriormente. Hay dos configuraciones de comparación y cuatro configuraciones de la invención. En todos los casos, el conductor de flujo es una tubería de 25,4 cm (10 pulgadas) (diámetro interior de 23,62 cm (9,3 pulgadas)) y el inyector es una tubería de 2,54 cm (1 pulgadas). Los caudales a granel y de aditivo se muestran en la Tabla 4. La viscosidad de la corriente a granel se muestra en la Tabla 4, y la viscosidad de la corriente de aditivo se toma para que sea 1 cp.

30 La Configuración de comparación F es de la siguiente manera: inyector de aditivo perpendicular al flujo a granel, colocado de modo que la extremidad de la tubería esté en el medio del conductor de flujo a granel, y la extremidad se corta a 45°; seguido de una separación de 0,4 D1; seguida de nueve elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (todos tiene d2 23,62 cm (9,3 pulgadas) y l2 de 37,15 cm (14,625 pulgadas)); todos en un conductor de flujo que tiene L1/D1 de 14,0.

35 La Configuración de comparación G es de la siguiente manera: inyector de aditivo perpendicular al flujo a granel, colocado de modo que la extremidad de la tubería esté en el medio del conductor de flujo a granel, y la extremidad se corta a 45°; seguido de una separación de 0,4 D1; seguida de 12 elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (todos tiene d2 23,62 cm (9,3 pulgadas) y l2 de 37,15 cm (14,625 pulgadas)); todos en un conductor de flujo que tiene L1/D1 de 18,5.

40 Configuración de la invención 3: inyector de aditivo coaxial al flujo a granel con una longitud de 10,16 cm (4 pulgadas) en línea con el flujo; seguido de una separación de 0,2 D1, g1; seguida de un EFM (d2 = 23,62 cm (9,3 pulgadas) y l2 = 23,62 cm (9,3 pulgadas)); seguido de una separación de 1 D1, g 2; seguida de ocho elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (todos tienen d2 de 23,62 cm (9,3 pulgadas) y l2 de 28,45 cm (11,2 pulgadas)), con la orilla delantera del primer elemento helicoidal colocada perpendicular al eje principal (eje mayor) de la salida del EFM; todos en un conductor de flujo que tiene L1/D1 de 11,0.

45 Configuración de la invención 4: inyector de aditivo coaxial al flujo a granel con una longitud de 10,16 cm (4 pulgadas) en línea con el flujo; seguido de una separación de 0,2 D1, g1; seguida de un EFM (d2 = 23,62 cm (9,3 pulgadas) y l2 = 23,62 cm (9,3 pulgadas)); seguido de una separación de 1 D1, g 2; seguida de 13 elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (todos tienen d2 de 23,62 cm (9,3 pulgadas) y l2 de 28,45 cm (11,2

pulgadas)), con la orilla delantera del primer elemento helicoidal colocada perpendicular al eje principal (eje mayor) de la salida del EFM; todos en un conductor de flujo que tiene L1/D1 de 17,0.

5 Configuración de la invención 5: inyector de aditivo coaxial al flujo a granel con una longitud de 10,16 cm (4 pulgadas) en línea con el flujo; seguido de una separación de 0,2 D1, g1; seguida de un EFM (d2 = 23,62 cm (9,3 pulgadas) y l2 = 23,62 cm (9,3 pulgadas)); seguido de una separación de 1 D1, g2; seguida de 18 elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (todos tienen d2 de 23,62 cm (9,3 pulgadas) y l2 de 28,45 cm (11,2 pulgadas)), con la orilla delantera del primer elemento helicoidal colocada perpendicular al eje principal (eje mayor) de la salida del EFM; todos en un conductor de flujo que tiene L1/D1 de 23,0.

10 Configuración de la invención 6: inyector de aditivo coaxial al flujo a granel con una longitud de 10,16 cm (4 pulgadas) en línea con el flujo; seguido de una separación de 0,2 D1, g1; seguida de un EFM (d2 = 23,62 cm (9,3 pulgadas) y l2 = 23,62 cm (9,3 pulgadas)); seguido de una separación de 1 D1, g 2; seguida de 11 elementos mezcladores estáticos de tipo helicoidal (todos tienen d2 de 23,62 cm (9,3 pulgadas) y l2 de 28,45 cm (11,2 pulgadas)), con la orilla delantera del primer elemento helicoidal colocada perpendicular al eje principal (eje mayor) de la salida del EFM; todos en un conductor de flujo que tiene L1/D1 de 17,9.

15 En la Tabla 4 se presentan ocho casos para las cinco configuraciones descritas anteriormente. Tal como se muestra en la Tabla 4, la Configuración de la invención 3 muestra un CoV mucho mejor que la Configuración de comparación F, para las mismas condiciones y caída de presión. Las Configuraciones de la invención 4 y 5 demuestran que el grado de mezcla se puede mejorar aún más con incrementos mínimos de caída de presión, en comparación con la Configuración de comparación F. La Configuración de la invención 6 y la Configuración de la invención 4 para los
20 casos 6 y 7, respectivamente, demuestran que tienen mejor grado de mezcla que la Configuración de comparación G, para menor o aproximadamente igual caída de presión, y las mismas condiciones de procesamiento. La Configuración de la invención 5 en el caso 8 demuestra un grado de mezcla mucho mejor que la Configuración de comparación G para las mismas condiciones de procesamiento, con un aumento mínimo de caída de presión.

Tabla 4

Caso	Configuración	Sin elementos mezcladores	Elemento l2/d2	Conducto de flujo L1/D1	Viscosidad de la disolución (cp)	CoV	Flujo a granel (kg/hr)	Flujo de aditivo (kg/hr)	Caída de presión (psi)
1	Comparativa F	9	1,5	14,0	2300	0,180	175000	500	11
2	Invención 3	8	1,2	11,0	2300	0,077	175000	500	11
3	Invención 4	13	1,2	17,0	2300	0,009	175000	500	19
4	Invención 5	18	1,2	23,0	2300	0,002	175000	500	23
5	Comparativa G	12	1,5	18,5	6000	0,380	148000	625	26
6	Invención 6	11	1,5	17,9	6000	0,280	148000	625	19
7	Invención 4	13	1,2	17,0	6000	0,213	148000	625	27
8	Invención 5	18	1,2	23,0	6000	0,097	148000	625	30

25

Aunque la invención se ha descrito con un considerable detalle en los anteriores ejemplos, este detalle es con la finalidad de ilustración, y no se debe interpretar como una limitación de la invención, tal como se describe en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de mezcla que comprende lo siguiente:
 - A) por lo menos un mezclador de flujo extensivo que comprende:

un cuerpo hueco y generalmente abierto que tiene una superficie exterior contorneada y que tiene:

 - 5 un solo orificio de entrada y un solo orificio de salida;
 - unos medios para comprimir una corriente a granel que fluye a través de un cuerpo hueco y generalmente abierto en un sentido del flujo, y por lo menos una corriente inyectada de aditivo introducida en el único orificio de entrada en el sentido del flujo; y
 - 10 unos medios para ampliar la corriente a granel y la por lo menos una corriente inyectada de aditivo, de tal manera que una zona de interfaz entre la corriente a granel y la por lo menos una corriente inyectada de aditivo es mayor a medida que la corriente a granel y la por lo menos una corriente inyectada de aditivo fluyen a través del cuerpo hueco generalmente abierto en la dirección de flujo para favorecer la mezcla de la corriente a granel y la por lo menos una corriente inyectada de aditivo;
 - 15 B) un conductor de flujo que tiene un eje y que tiene un cuerpo, de mezclador de flujo, hueco y generalmente abierto asegurado en el mismo; y
 - C) un inyector de corriente de aditivo primario situado en el orificio de entrada del cuerpo, de mezclador de flujo, hueco y generalmente abierto, en donde el inyector de corriente de aditivo primario inyecta una corriente de aditivo en el interior del mezclador de flujo en el sentido del flujo, cuando la corriente a granel está fluyendo a través del cuerpo, de mezclador de flujo, hueco y generalmente abierto, para permitir la compresión y la ampliación de la corriente a granel y la corriente de aditivo juntas dentro del mezclador de flujo extensivo, para facilitar la mezcla de la corriente a granel y la corriente de aditivo primario en una salida del mezclador de flujo extensivo; y caracterizado por que
 - 20 el mezclador de flujo extensivo es seguido por D) por lo menos un elemento mezclador estático helicoidal que tiene por lo menos la mitad del "diámetro del conductor de flujo (D1)" aguas abajo de la salida del mezclador de flujo extensivo.
2. El sistema de mezcla de la reivindicación 1, en donde los medios para comprimir y los medios para ampliar incluyen una pluralidad de lóbulos contorneados, cada lóbulo tiene una superficie substancialmente contorneada, y en donde la pluralidad de lóbulos en los medios para comprimir disminuyen de tamaño en el sentido del flujo, y la pluralidad de lóbulos contorneados en los medios para ampliar aumentan de tamaño en el sentido del flujo.
- 30 3. El sistema de mezcla de la reivindicación 1, en donde los medios para comprimir se encuentran en un plano de compresión, y los medios para ampliar se encuentran en un plano de ampliación perpendicular al plano de compresión.
4. El sistema de mezcla de la reivindicación 1, en donde los medios para comprimir disminuyen de tamaño a lo largo del plano de compresión en el sentido del flujo, y los medios para ampliar aumentan de tamaño simultáneamente a lo largo del plano de ampliación en el sentido del flujo.
- 35 5. El sistema de mezcla de la reivindicación 1, en donde el elemento mezclador helicoidal no tiene más de "cuatro diámetros de conductor de flujo (4D1)" aguas abajo de la salida del mezclador de flujo extensivo.
6. El sistema de mezcla de la reivindicación 1, que comprende además por lo menos un elemento mezclador estático de alta cizalladura y de alta caída de presión, que comprende una distribución de barras cruzadas anguladas con un ángulo de 45° respecto del eje, y dispuestas de tal manera que los elementos mezcladores consecutivos están rotados 90° alrededor del eje, y colocados aguas abajo del por lo menos un elemento mezclador estático helicoidal.
- 40 7. El sistema de mezcla de la reivindicación 1, en donde el inyector de corriente de aditivo primario está situado en el centro del orificio de entrada.
- 45 8. El sistema de mezcla de la reivindicación 1, en donde el inyector de corriente de aditivo primario está situado a lo largo de un eje longitudinal del cuerpo, de mezclador de flujo, generalmente hueco.
9. El sistema de mezcla de la reivindicación 8, en donde el inyector de corriente de aditivo primario está situado además en el centro de un solo orificio de entrada.
- 50 10. El sistema de mezcla de la reivindicación 1, en donde la corriente a granel recibida por el único orificio de entrada comprende por lo menos uno entre un polímero y una disolución polimérica.

11. El sistema de mezcla de la reivindicación 1, en donde la corriente de aditivo recibida por el único orificio de entrada comprende por lo menos uno entre un monómero y una disolución de monómero.
12. El sistema de mezcla de la reivindicación 1, en donde la corriente de aditivo recibida por el único orificio de entrada comprende por lo menos uno entre un aditivo o un aditivo en disolución.
- 5 13. El sistema de mezcla de la reivindicación 12, en donde la corriente de aditivo recibida por el único orificio de entrada se selecciona de un grupo que consiste en antioxidantes, eliminadores de ácidos, agentes catalizadores destructores y disoluciones de los mismos.
14. El sistema de mezcla de la reivindicación 11, en donde la corriente de aditivo comprende una disolución de monómero, y en donde la disolución de monómero es etileno disuelto en un disolvente.
- 10 15. El sistema de mezcla de la reivindicación 1, en donde la región de compresión comprende dos lóbulos de región de compresión que se encuentran en una parte de entrada central constreñida, y la región de ampliación comprende dos lóbulos de región de ampliación que se encuentran en una parte de salida central constreñida.
16. El sistema de mezcla de la reivindicación 1, en donde el eje principal de la salida del mezclador de flujo extensivo es perpendicular a una orilla delantera del por lo menos un elemento mezclador estático helicoidal.
- 15 17. El sistema de mezcla de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el por lo menos un elemento mezclador estático helicoidal está ubicado a una distancia de "la mitad del diámetro del conductor de flujo ($1/2 D1$)" a "dos veces el diámetro del conductor de flujo ($2 D1$)", aguas abajo de la salida del mezclador de flujo extensivo.
18. El sistema de mezcla de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el conductor de flujo es un cilindro que tiene una relación longitud/diámetro ($L1/D1$) mayor o igual a 7.
- 20 19. El sistema de mezcla de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el sistema comprende por lo menos un elemento mezclador estático helicoidal seguido por lo menos por un elemento mezclador estático de alta cizalladura y alta caída de presión.

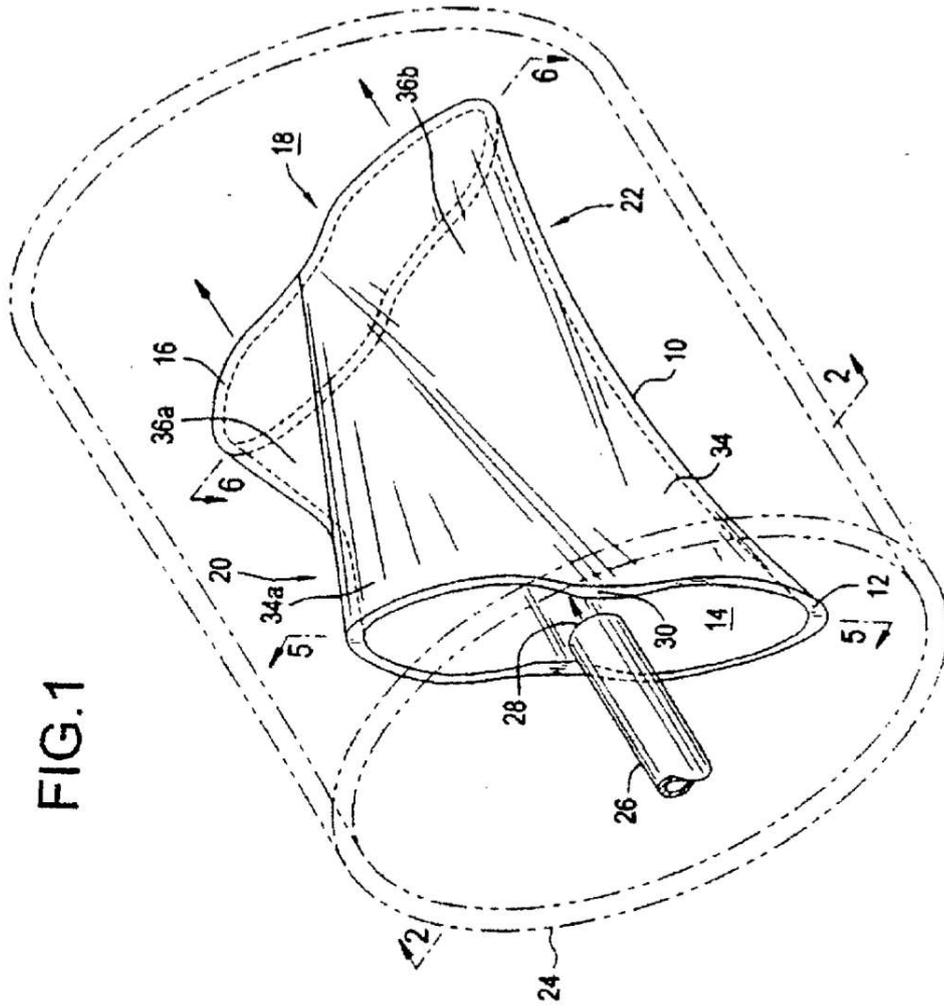


FIG. 1

FIG.2

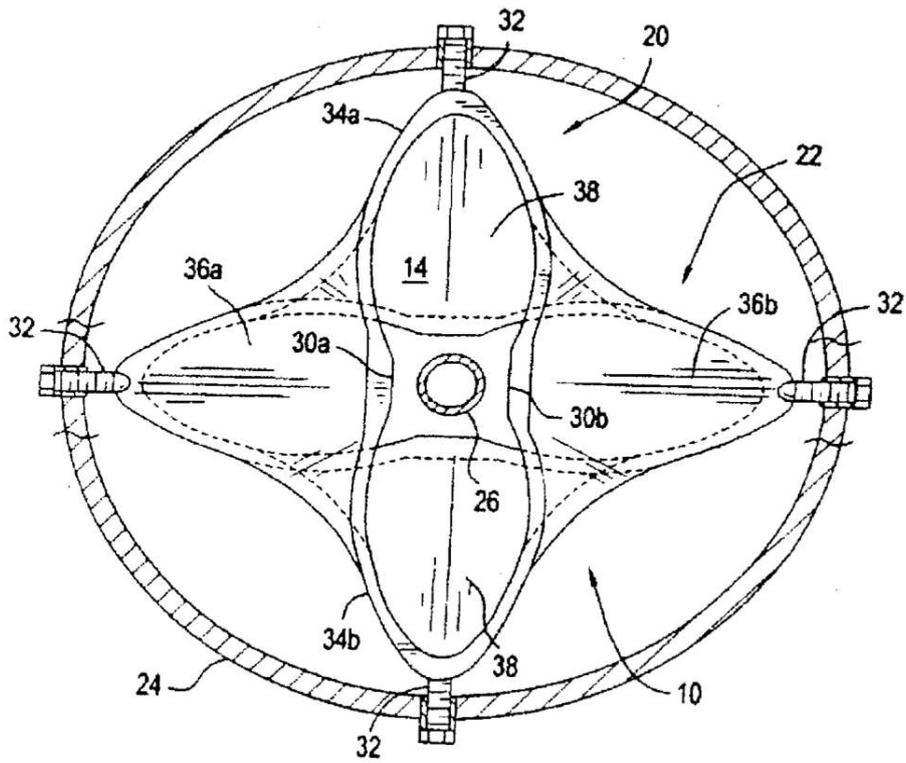


FIG.3

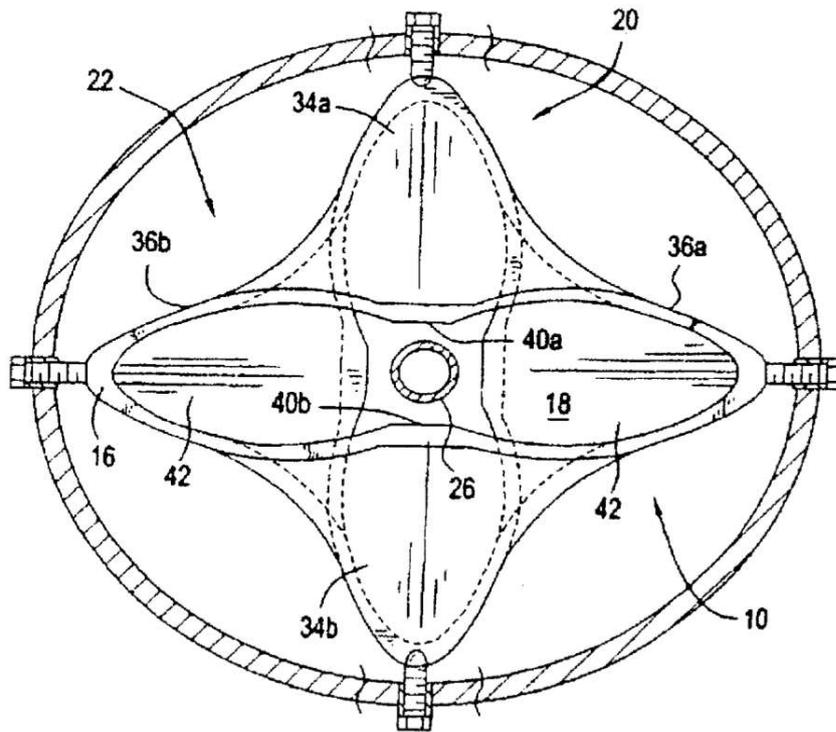


FIG.4

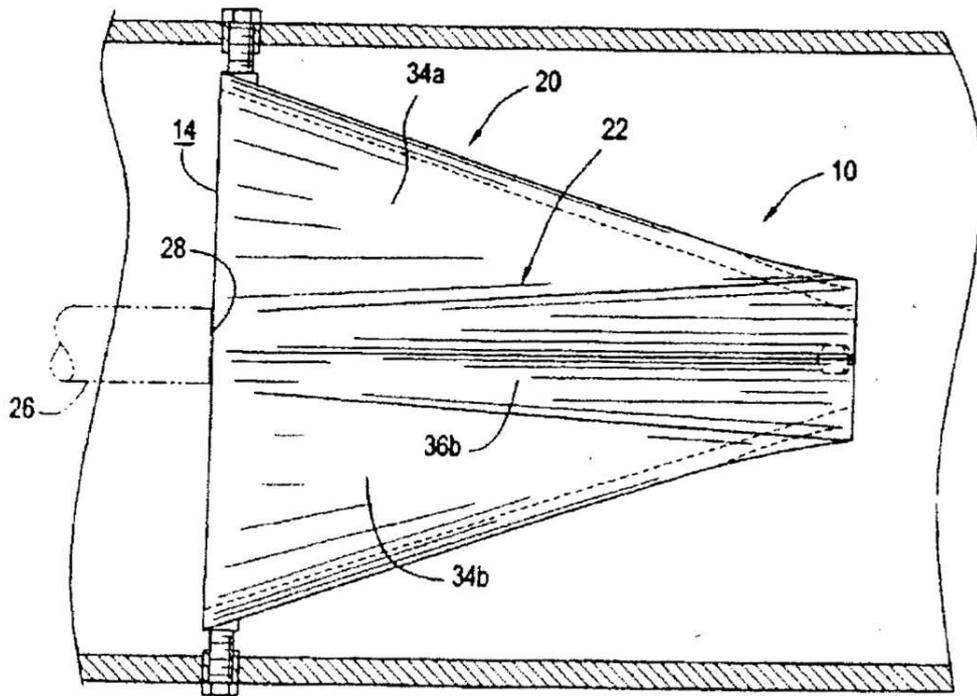


FIG.5

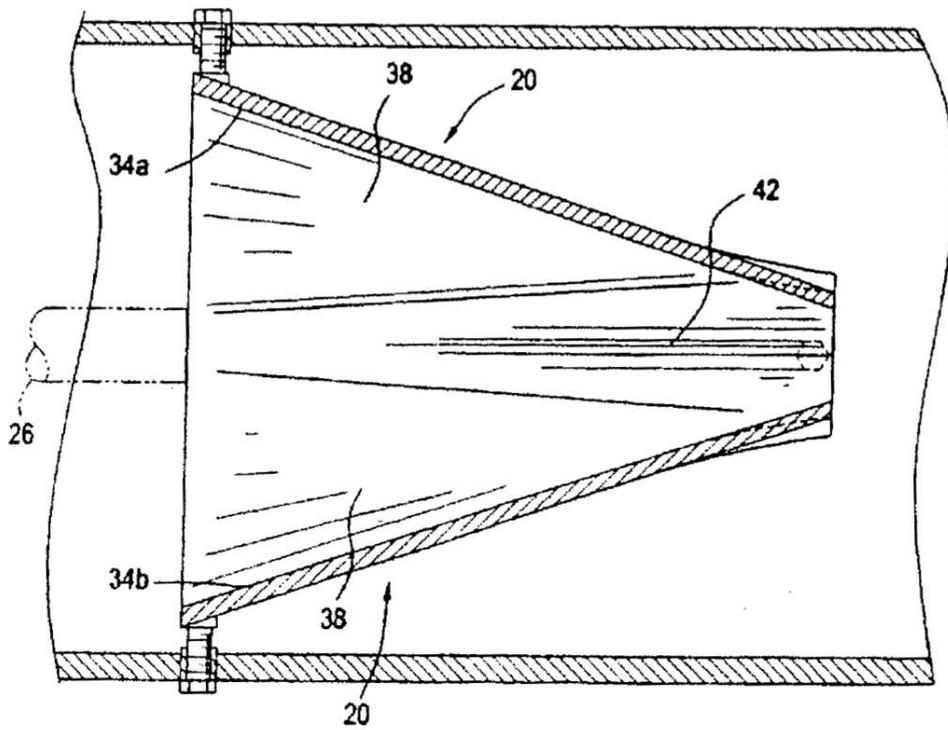
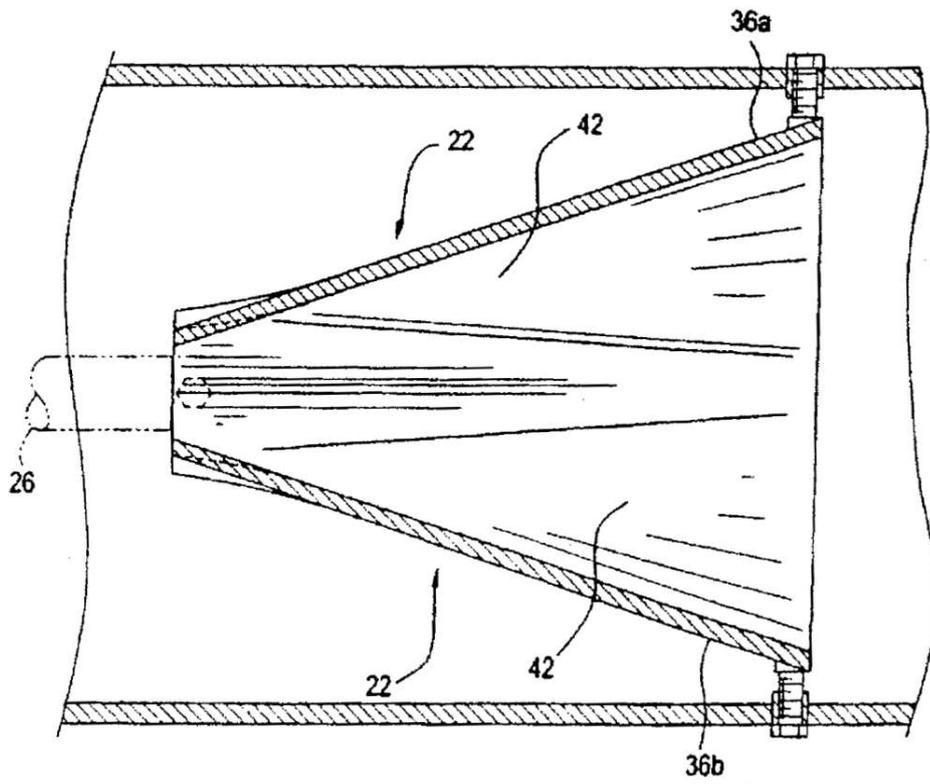


FIG.6



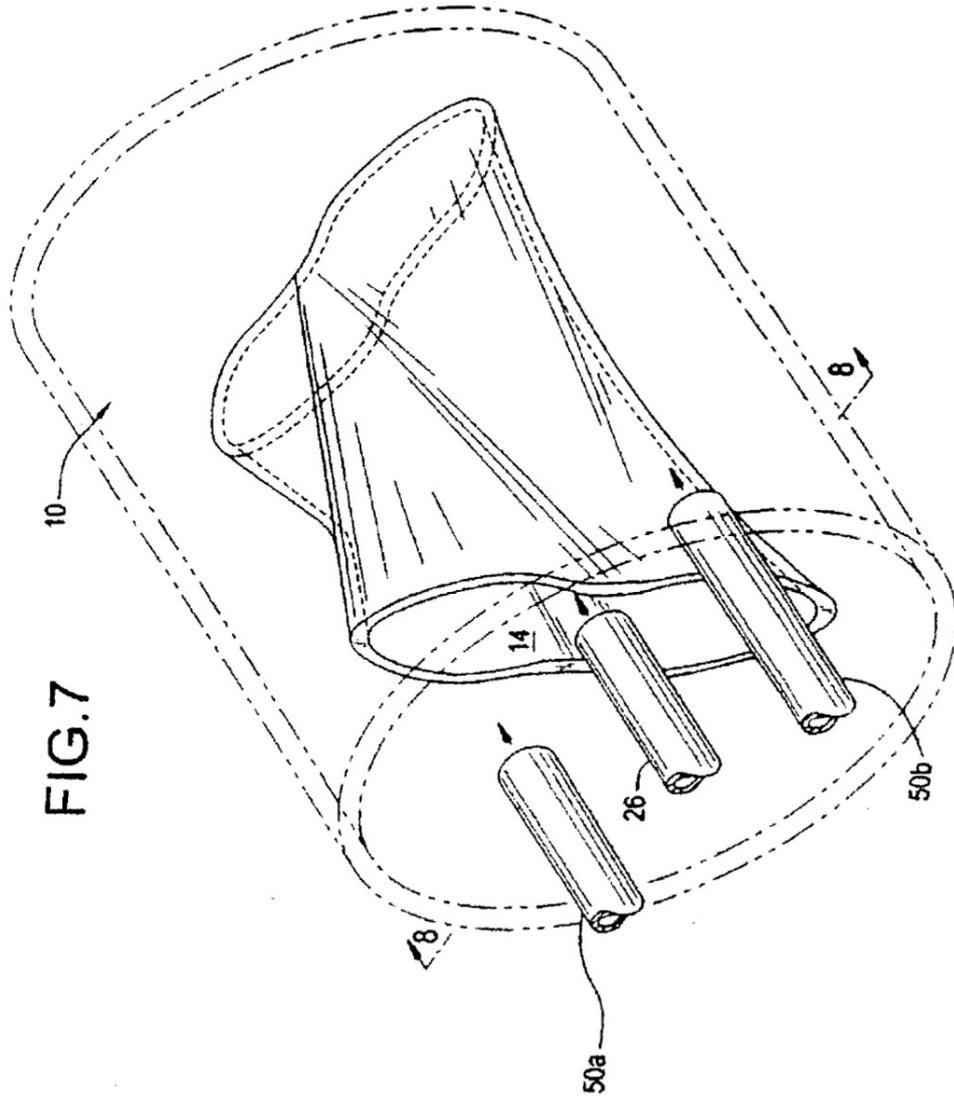


FIG.8

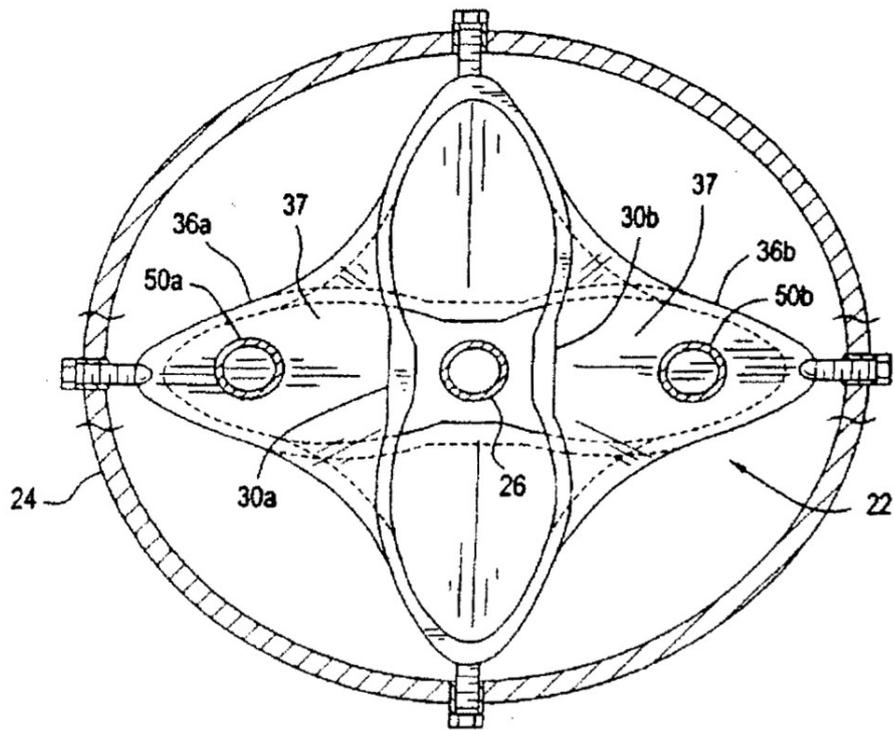


FIG.11

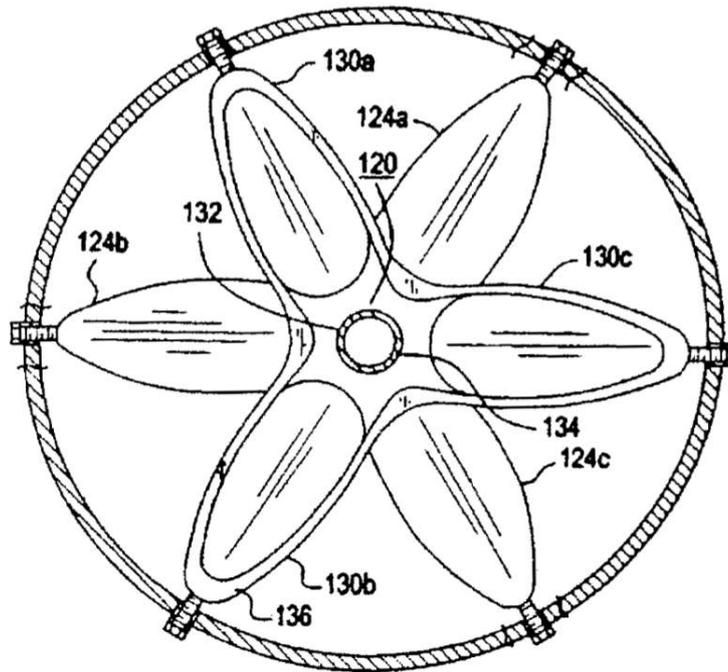


FIG.12

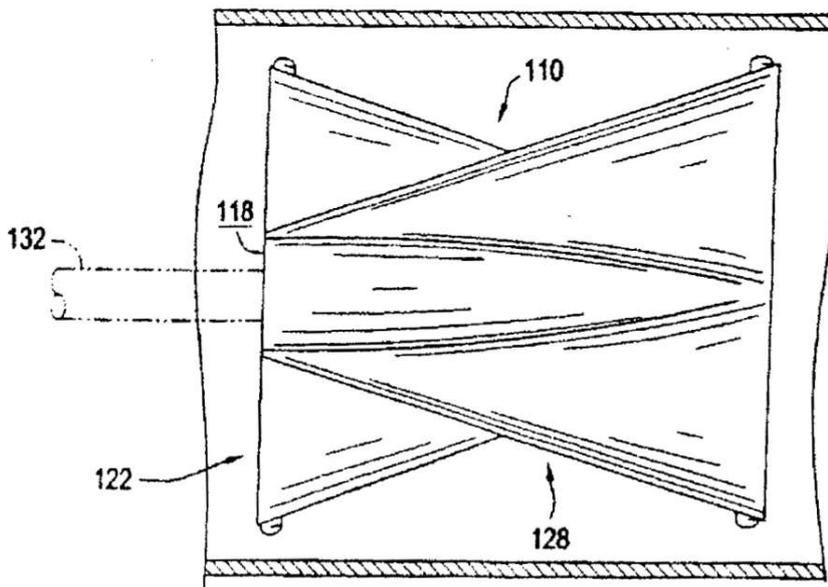


FIG.13

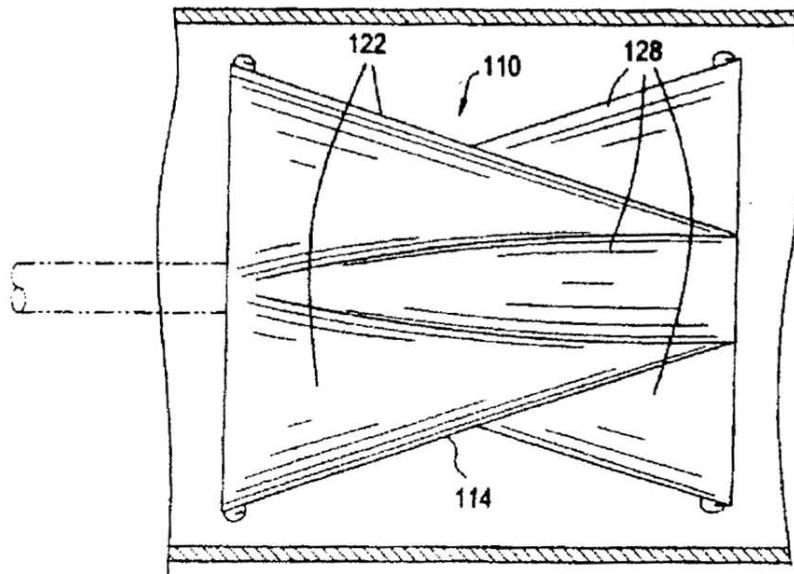


FIG.14

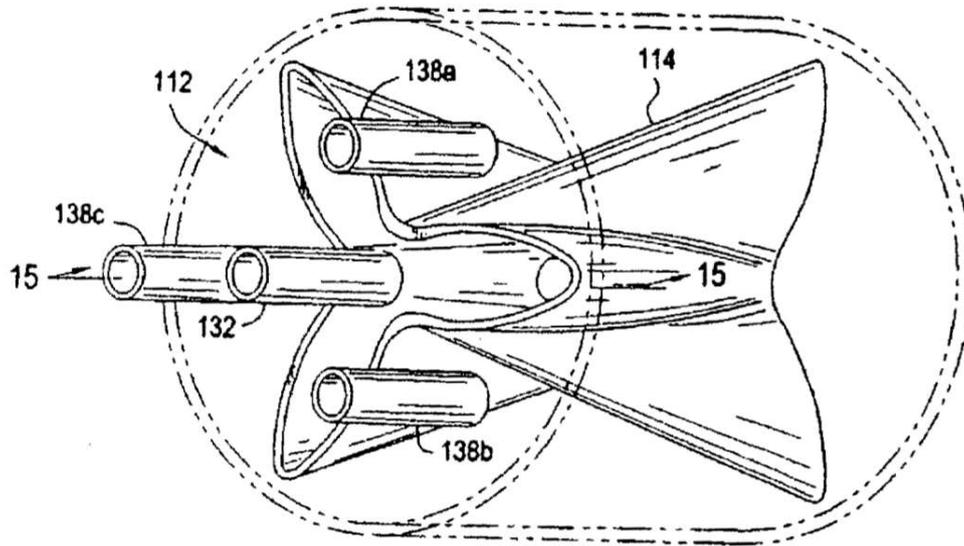


FIG.15

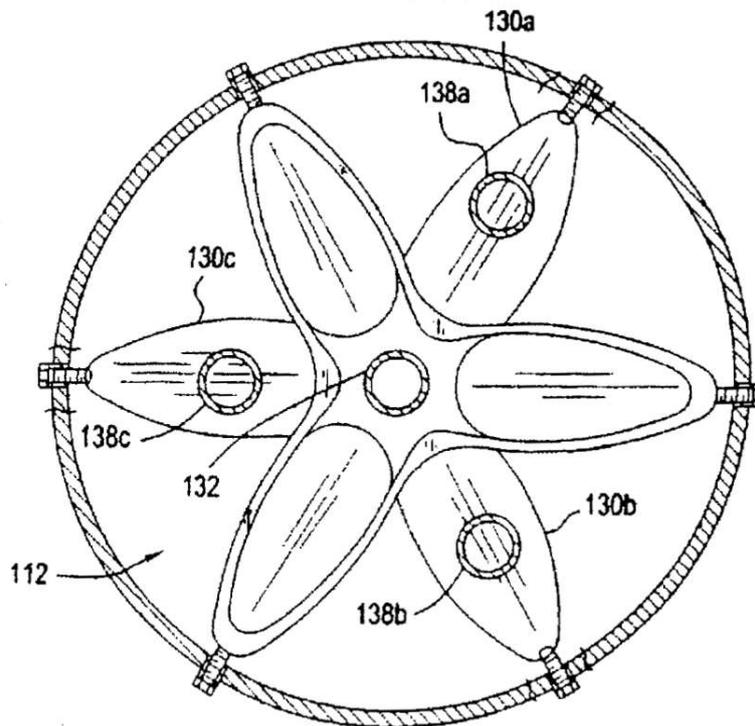


FIG.16

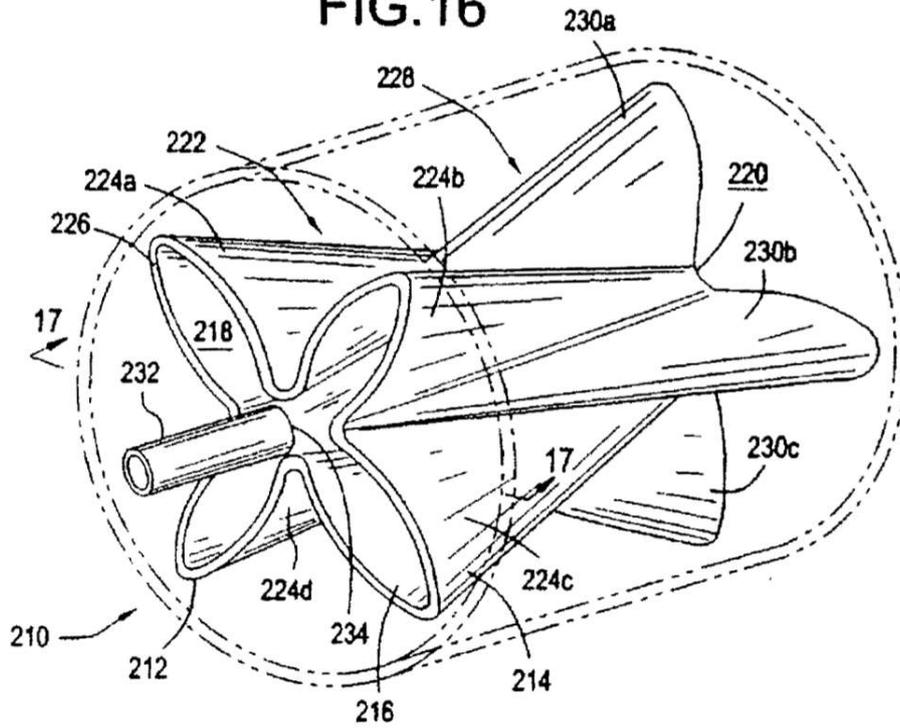


FIG.17

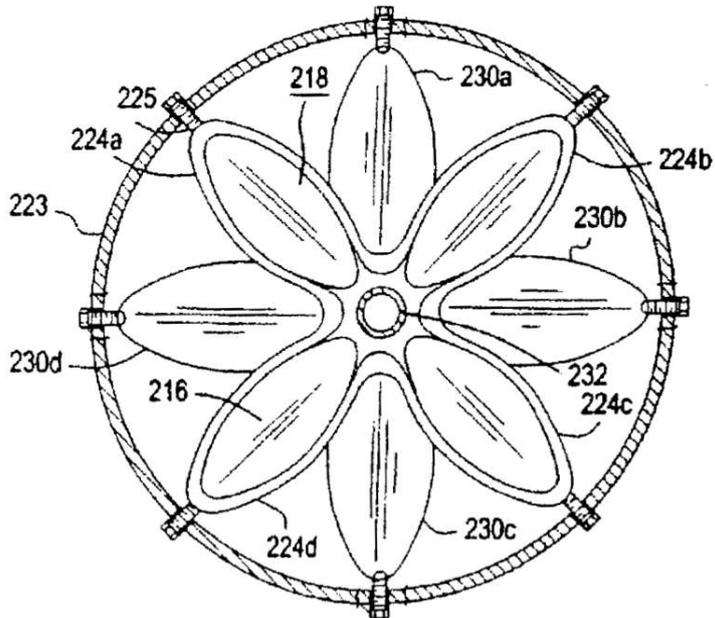


FIG. 18

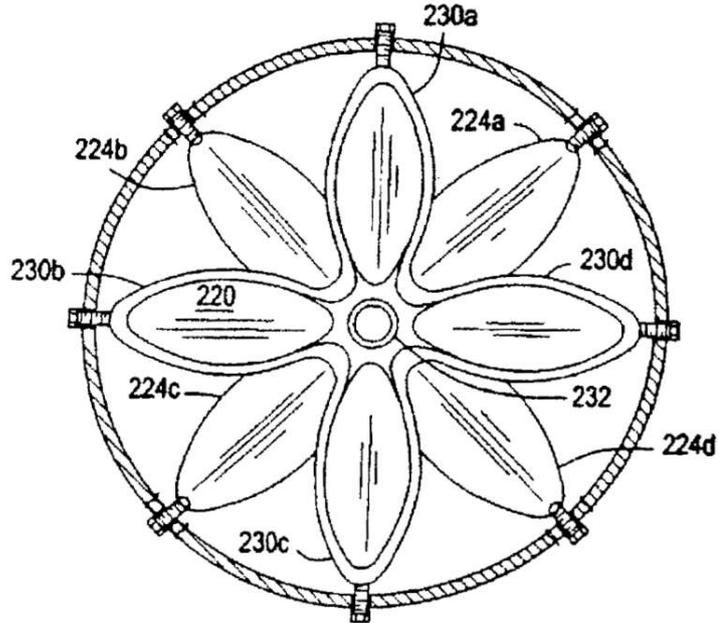


FIG. 19

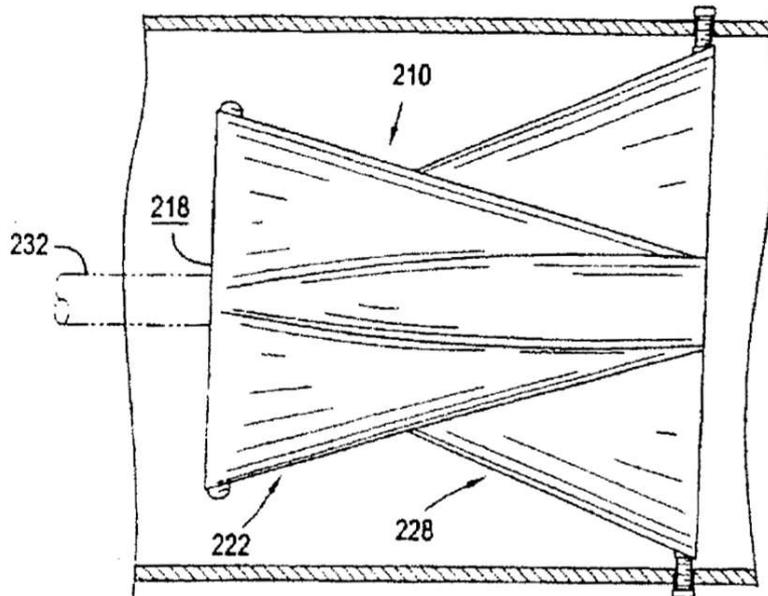


FIG.20

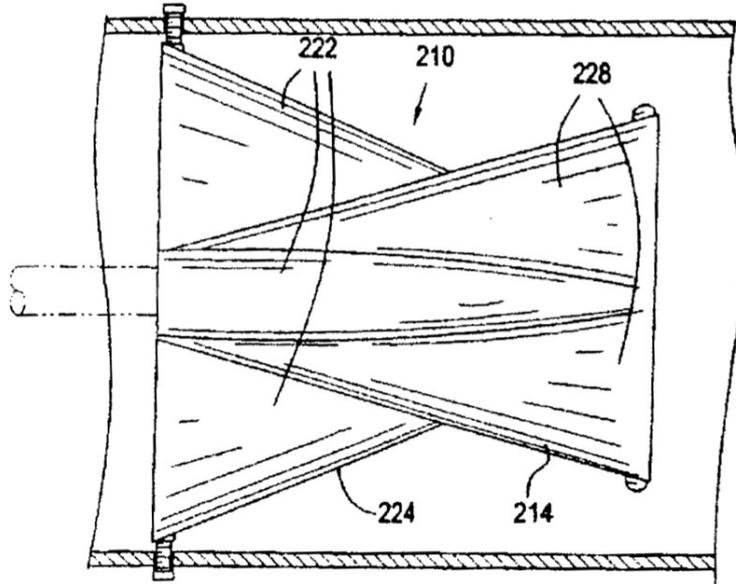


FIG.21

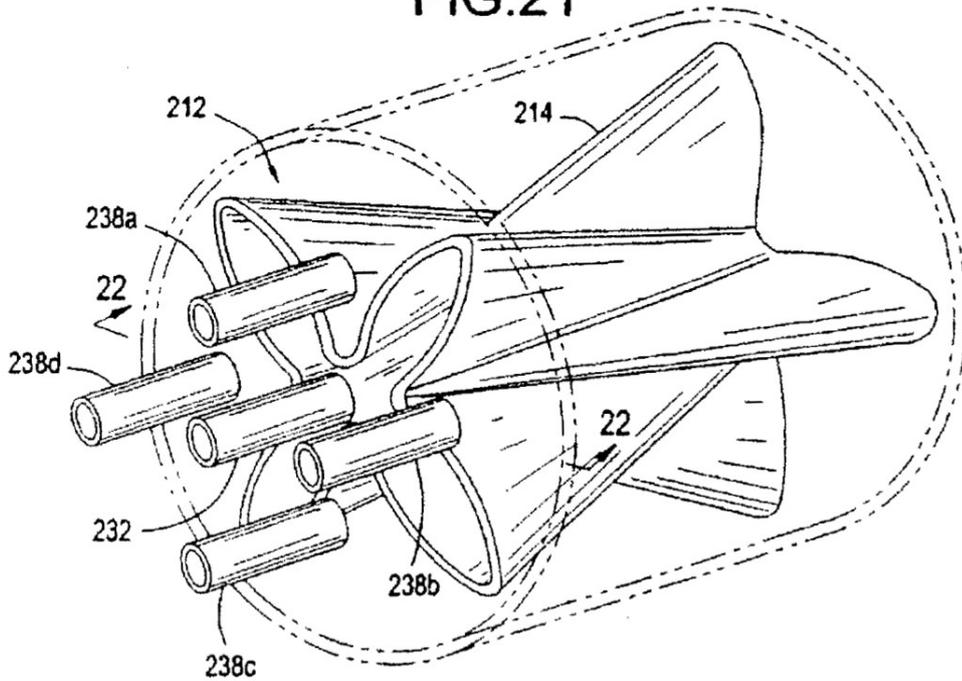


FIG.22

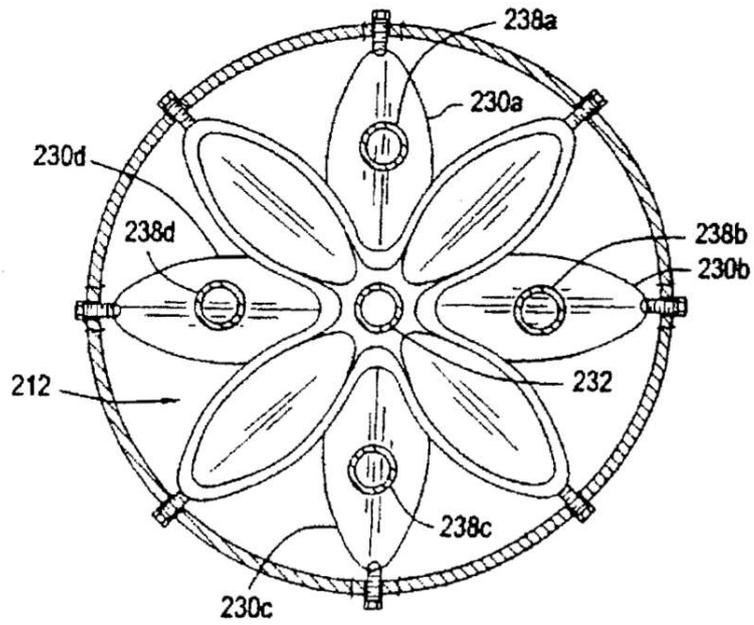


FIG. 23

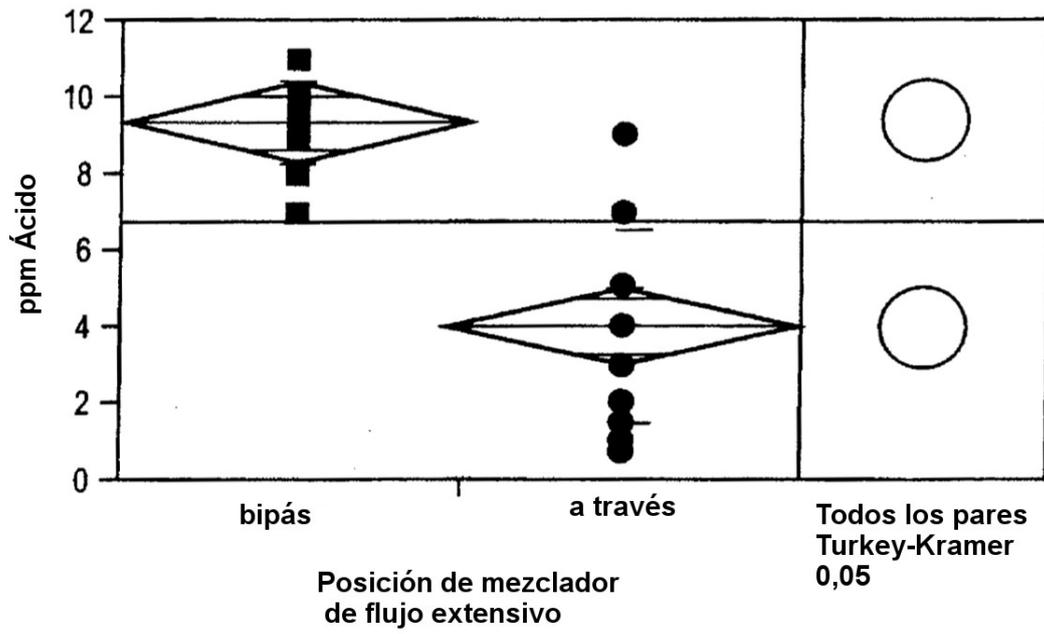


FIG. 24

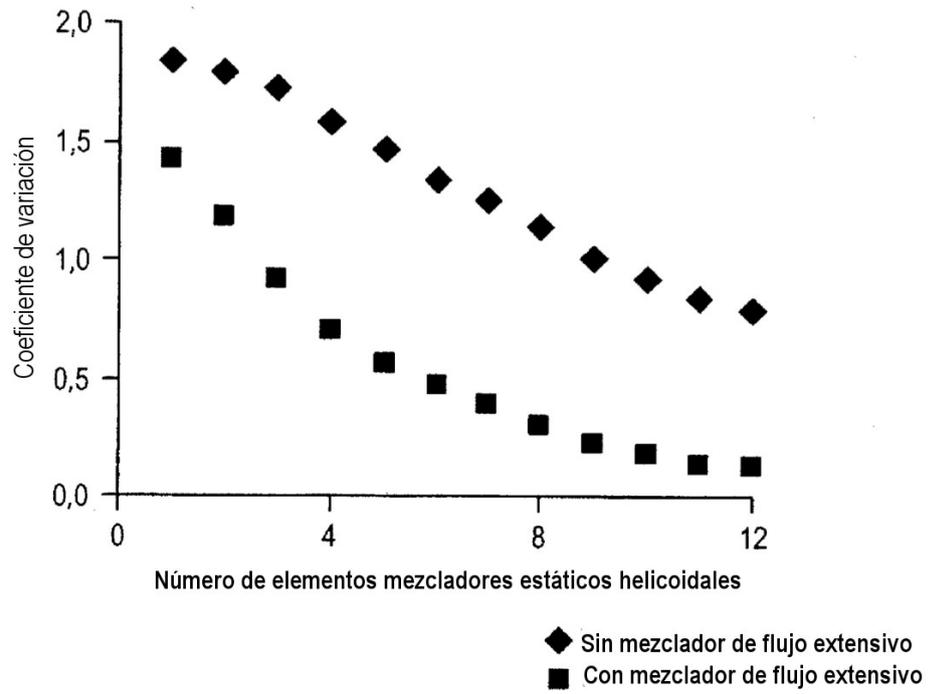
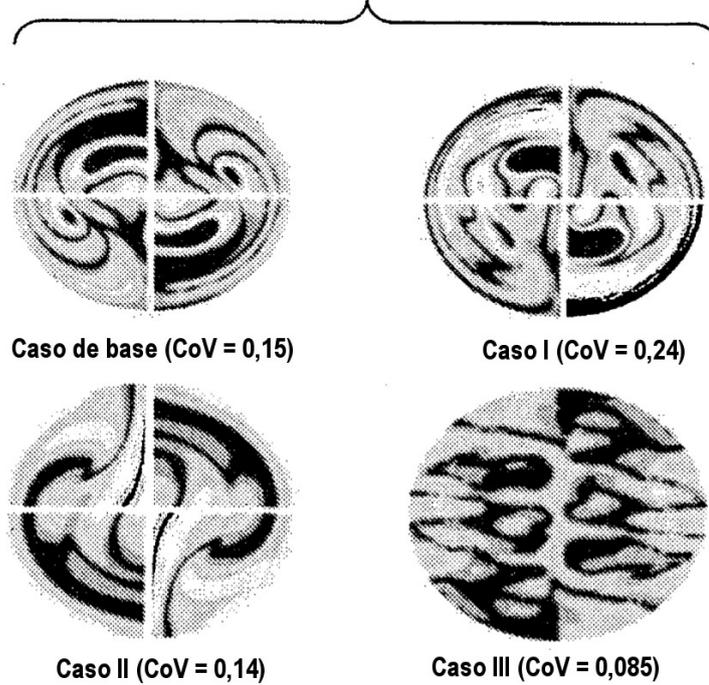


FIG. 25



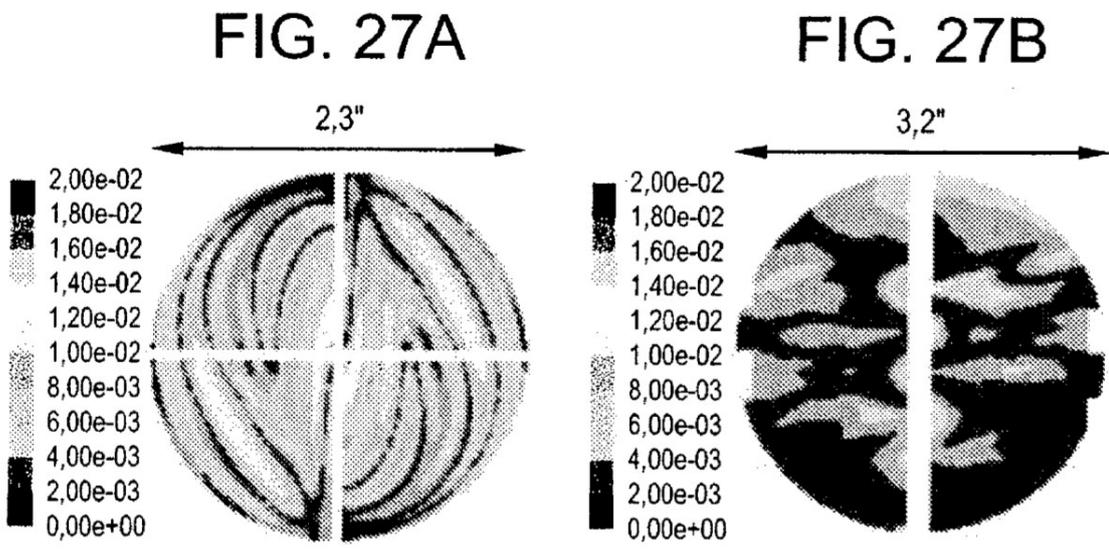
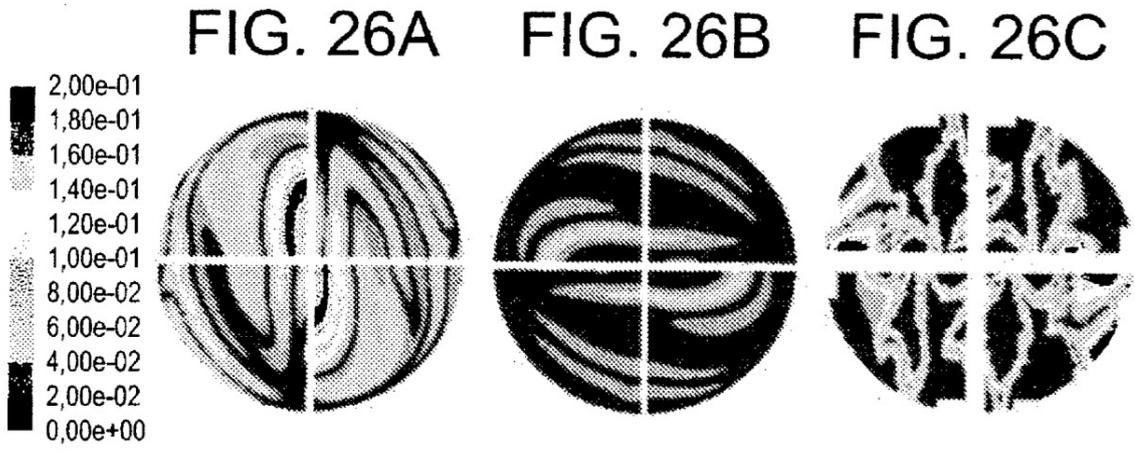


FIG. 28A

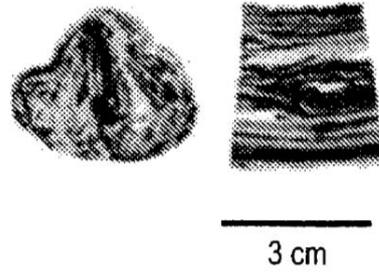


FIG. 28B

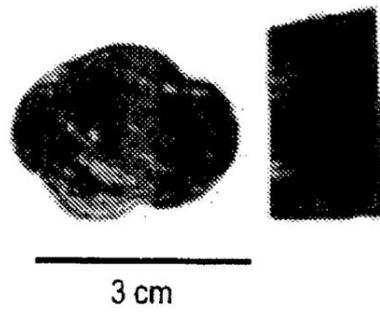


FIG. 28C

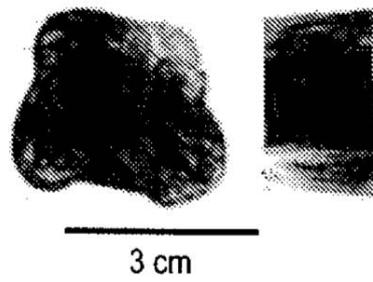


FIG. 29

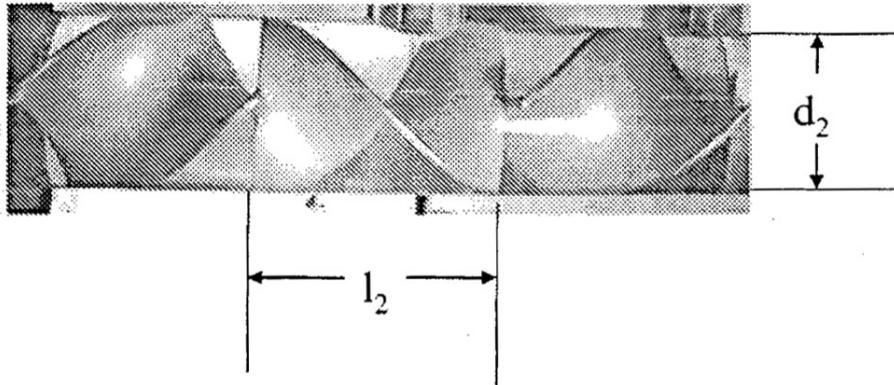


FIG. 30

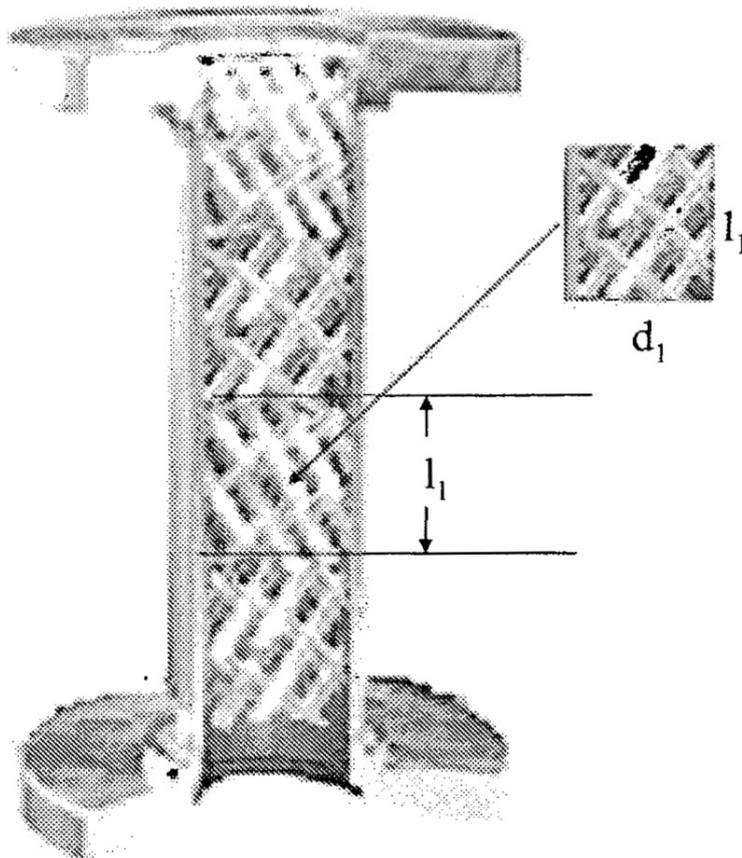


FIG. 31

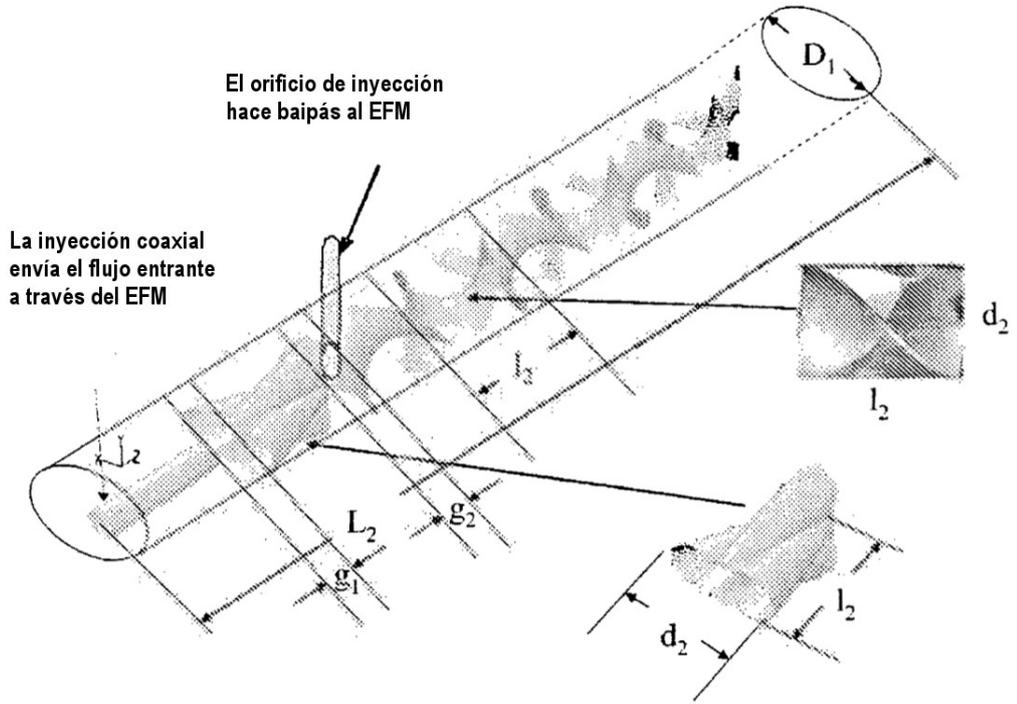


FIG. 32

