



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 278 419**

(51) Int. Cl.:

B29C 47/00 (2006.01)

B29C 47/60 (2006.01)

B29C 47/62 (2006.01)

B29C 47/66 (2006.01)

B29C 47/40 (2006.01)

B29C 47/38 (2006.01)

B30B 11/24 (2006.01)

B29B 7/42 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **98950631 .6**

(86) Fecha de presentación : **18.09.1998**

(87) Número de publicación de la solicitud: **1028839**

(87) Fecha de publicación de la solicitud: **23.08.2000**

(54) Título: **Extrusor de tornillo con varios elementos de mezclado dispersivo.**

(30) Prioridad: **07.11.1997 US 966272**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.08.2007

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.08.2007

(73) Titular/es: **Rauwendaal Extrusion Engineering Inc.**
10556 Combie Road nº 6677
Auburn, California 95602, US

(72) Inventor/es: **Rauwendaal, Chris, J.**

(74) Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

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

Extrusor de tornillo con varios elementos de mezclado dispersivo.

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere generalmente a las máquinas de extrusión por tornillo de materiales y más en particular a los extrusores de tornillo adaptados al uso con plásticos y materiales análogos a los plásticos. El inventor anticipa que la aplicación principal de la presente invención será para la fabricación de concentrados de color, combinaciones de polímeros y aleaciones de polímeros.

Técnica anterior

Un extrusor de tornillo es una máquina en la cual un material, habitualmente alguna forma de plástico, es forzado a fluir a presión a través de un orificio con un contorno a fin de conformar el material. Los extrusores de tornillo se componen generalmente de un alojamiento, el cual es habitualmente una sección de tambor cilíndrico, que rodea un tornillo accionado por un motor. En el primer extremo del tambor se encuentra una carcasa de alimentación, que contiene una abertura de alimentación a través de la cual se introduce el nuevo material, habitualmente partículas de plástico, en el tambor. El tornillo contiene partes alzadas llamadas aletas que tienen un diámetro radial mayor que el árbol central del tornillo y las cuales habitualmente se envuelven de manera helicoidal sobre el árbol central. El material es transportado entonces por estas aletas de tornillo hacia el segundo extremo del tambor a través de una zona de fusión, en la cual se calienta el material bajo condiciones cuidadosamente controladas para fundir el material y luego pasa a través de una zona de conducción en estado fundido, también llamada zona de bombeo.

Además de transportar el material hacia la matriz para su extrusión, se depende del tornillo para realizar el mezclado del material de alimentación. De manera muy general, se puede definir el mezclado como un proceso para reducir la no uniformidad de una composición. El mecanismo básico implicado es inducir el movimiento físico en los ingredientes. Los dos tipos de mezclado que son importantes en el funcionamiento del extrusor de tornillo son la distribución y la dispersión. Se usa el mezclado distributivo con la finalidad de aumentar la aleatoriedad de la distribución espacial de las partículas sin reducir el tamaño de estas partículas. El mezclado dispersivo se refiere a unos procesos que reducen el tamaño de las partículas cohesivas así como a la aleatorización de sus posiciones. En el mezclado dispersivo, los componentes sólidos, tales como los aglomerados, o las gotitas de alta viscosidad se exponen a tensiones suficientemente elevadas para causar que excedan su tensión de límite de fluencia, y así son desmenuzadas en partículas más pequeñas. El tamaño y la forma de los aglomerados y la naturaleza de las uniones que mantienen el aglomerado junto determinarán el valor del esfuerzo requerido para romper los aglomerados. La tensión aplicada puede ser un esfuerzo cortante o un esfuerzo de alargamiento, y generalmente el esfuerzo de alargamiento es más eficaz para lograr la dispersión que un esfuerzo cortante. Un ejemplo de mezclado dispersivo es la fabricación de un concentrado de color en el cual es crucial la rotura de aglomerados de pigmento por debajo de un cierto tamaño crítico. Un ejemplo de mezclado distributivo es la fabricación de combinaciones de polímeros miscibles, en las cuales las viscosidades de los componentes sean razonablemente próximas. Así, en el mezclado dispersivo, siempre habrá mezclado distributivo, pero el mezclado distributivo no siempre produce mezclado dispersivo.

En los procesos de extrusión, la necesidad de un buen mezclado dispersivo es a menudo más importante que la del mezclado distributivo. Esto es particularmente cierto en la extrusión de compuestos que contienen pigmentos que deban ser mezclados uniformemente o en la extrusión de pequeño calibre como el hilado de fibras o la extrusión de películas delgadas.

En los extrusores de tornillo, se produce un mezclado significativo sólo después de que se ha fundido el polímero. Por tanto, se piensa que la zona de mezclado se extiende desde el inicio de la zona de fusión hasta el extremo de la matriz de extrusión. Dentro de esta área habrá no uniformidades considerables en la intensidad de la acción de mezclado y en la duración de la acción de mezclado, tanto en la sección del tambor como en la matriz de extrusión. En el polímero fundido, la tensión se determina por el producto de la viscosidad del polímero fundido por la tasa de deformación. Por tanto, en general, se debería realizar un mezclado dispersivo a una temperatura tan baja como fuera posible para aumentar la viscosidad del fluido, y con ello los esfuerzos en el polímero fundido.

Se dice de los elementos fluidos que tienen una "historia de mezclado", la cual se refiere al valor de los esfuerzos de alargamiento y cortante a los cuales han estado expuestos, y a la duración de esa exposición. Un polímero que se funde pronto en el proceso de la zona de mezclado tendrá una historia de mezclado más significativa que uno que se funde cerca del final de la zona de mezclado.

Generalmente, en un extrusor con un tornillo de transporte simple el nivel de tensión o la fracción del fluido expuesta al mismo no es suficientemente alto para lograr un buen mezclado dispersivo. Es más fácil de lograr el mezclado distributivo que el mezclado dispersivo, pero también se ha encontrado que los tornillos no modificados producen un mezclado distributivo inadecuado para muchas aplicaciones. Por tanto, se han intentado numerosas variaciones en el diseño del tornillo en invenciones anteriores para aumentar la cuantía del mezclado distributivo o dispersivo en los extrusores de tornillo. Estos dispositivos contienen habitualmente una sección normal de tornillo cerca de la tolva de entrada del material, y una o más secciones especialmente diseñadas para mejorar el mezclado. Estas secciones de mezclado se clasifican naturalmente en las categorías de elementos de mezclado distributivo y dispersivo.

En la Fig. 2A-F se muestran variedades de elementos de mezclado distributivo. Prácticamente cualquier disrupción de los perfiles de velocidad en el canal del tornillo causará el mezclado distributivo. Así, incluso los dispositivos simples, tales como la colocación de vástagos (véase la Fig. 2A) entre las aletas del tornillo puede mejorar el mezclado distributivo. La Fig. 2B muestra la bien conocida sección de mezclado de Dulmage, en la cual el flujo de polímero se divide en muchos canales estrechos, los cuales se combinan y dividen de nuevo varias veces. La sección de mezclado de Saxton (Fig. 2C) y la sección de mezclado de “piña” (Fig. 2D) se usan para producir resultados similares. La Fig. 2E muestra un tornillo que tiene ranuras talladas en las aletas. En la Fig. 2F se muestra una variación denominada mezclador por transferencia de cavidad. Existen variedades tanto en el rotor como en el tambor. El tipo de dispositivo, según se informa, realiza tanto un mezclado distributivo como dispersivo.

Además de estos dispositivos, se usa con frecuencia los mezcladores estáticos para dividir y recombinar el material a fin de entremezclar el material y eliminar las variaciones de temperatura, composición e historia de mezclado. Generalmente éstas no proporcionan regiones de esfuerzo elevado, y se usan principalmente por tanto para el mezclado distributivo.

Los dispositivos mostrados en las Figs. 2 A-F han sido clasificados primariamente como mezcladores distributivos porque su acción es principalmente redistribuir espacialmente el material sin someterlo a regiones de alto esfuerzo cortante. Las variaciones mostradas en las Figs. 2 G-J están diseñadas para incluir regiones de alto esfuerzo cortante y así realizar un mezclado dispersivo.

La sección de mezclado dispersivo más conocida es la sección acanalada o con lengüeta en la cual una o varias aletas se colocan a lo largo del tornillo de manera que el material tiene que fluir sobre los mismos. Al pasar por el juego de barrera, el material es sometido a un valor elevado de esfuerzo, el cual actúa para romper los aglomerados. Un dispositivo de este tipo es la sección de mezclado de Maddock, la cual se muestra en la Fig. 2G o en el documento JP-A-57 034 936. La sección de Maddock tiene lengüetas longitudinales que forman un conjunto de ranuras semicirculares. Se abren surcos alternados en los extremos de aguas arriba y de aguas abajo. El material que entra en los surcos de entrada es forzado a pasar sobre las aletas de mezclado, los cuales se muestran como zonas con un rayado transversal, antes de alcanzar los surcos de salida. Mientras pasa sobre las aletas de mezclado, el material es sometido a un esfuerzo cortante elevado. La desventaja de este tipo de elemento de mezclado es que reduce la presión en el lado de salida de la sección de mezclado y por tanto reduce la capacidad de salida del extrusor. También puede haber regiones en las cuales el material puede quedar estancado, puesto que los surcos tienen una profundidad constante en una dirección longitudinal. Esto lo hace menos adecuado para materiales de estabilidad térmica limitada.

La Fig. 2 H ó el documento EEUU-A-3.788.614 muestra una sección de mezclado de Egan, la cual tiene lengüetas que corren en una dirección helicoidal para formar canales separados por barreras de mezclado. Estos canales pueden tener una profundidad que se reduce gradualmente, con conicidad hasta alcanzar una profundidad cero en el extremo de la sección de mezclado, lo cual reduce la posibilidad de puntos de estancamiento. Este diseño helicoidal consume menos presión que el estilo de Maddock, produciendo así una menor reducción en la capacidad de salida del extrusor.

Un anillo cápsula, mostrado en la Fig. 2 J, es simplemente una sección cilíndrica en el tornillo que tiene un pequeño juego radial, a través del cual debe pasar todo el material. Esto puede causar una gran pérdida de presión en el lado de salida del anillo cápsula, que da lugar a una reducción significativa en la salida total del extrusor.

Se describen diversos tipos de disposiciones de extrusor de tornillo en los documentos EEUU-A-2.680.879; EEUU-A-4.154.536; DE 35 33 225 A, EEUU-A-3.788.614; Todd, D.B. y otros: “Druck- und Schleppstroemung in Doppelschnecken-Extrudern” Kunststoffe (“Flujo de presión y arrastre en extrusores de doble tornillo” Plásticos) Carl Hanser Verlag, Munich, DE, tomo 81, n° 11, 1 de noviembre de 1991, páginas 1055-1056, XP000305573 ISSN: 0023-5563; EEUU-A-3.687.423; Patent Abstracts of Japan (Resúmenes de patentes de Japón) tomo 006, n° 101 (M-135), 10 de junio de 1982; JP 57 034936 A; y EEUU-A-5.356.208.

Los documentos anteriores describen los extrusores que comprenden un tambor que tiene un orificio que define una superficie interior, un tornillo extrusor que tiene un diámetro de tornillo, estando dicho tornillo colocado dentro de dicho agujero, incluyendo el tornillo un eje central, una sección de mezclado y al menos una aleta de tornillo que da alojamiento a una punta de aleta, transportando la aleta del tornillo un material que va a ser extrusionado a lo largo del tambor a las secciones de mezclado. Algunos documentos adicionales describen un elemento de mezclado situado en las aletas del tornillo para el mezclado por distribución.

Los extrusores de tornillo pueden tener más de un tornillo central. Los extrusores de tornillos gemelos pueden funcionar con dos tornillos que pueden girar en la misma dirección, o que pueden girar en sentido contrario. Existen algunas máquinas que usan más de dos tornillos.

En los extrusores de tornillos gemelos que giran en sentidos contrarios, el mezclado dispersivo tiene lugar principalmente en la región de engranaje entre los tornillos. Esta acción es similar a la que tiene lugar en un tren de dos rodillos. Esta configuración tiene la desventaja de que la acción de mezclado crea fuerzas de separación sustanciales sobre los tornillos. Estas fuerzas pueden empujar a los tornillos contra el tambor, si estas fuerzas crecen demasiado. Esto puede originar un desgaste de los tornillos y del tambor, de manera que la velocidad del tornillo debe mantenerse baja, dando lugar a una disminución en la capacidad de producción del extrusor.

En el entremezclado de los extrusores de tornillos gemelos con rotación coincidente, las superficies de la región de engranaje se mueven en direcciones opuestas. Como resultado, la mayoría del material evita el paso por la región de engranaje y se desplaza desde un tornillo al otro repetidamente.

Algunas máquinas con tornillos gemelos tienen incluidos bloques de amasado para aumentar el mezclado dispersivo. Estos bloques de amasado son generalmente paletas planas de forma aproximadamente elíptica que se apilan sobre un árbol central, pero que se desvían con ángulos variables. Cada paleta del árbol forma par con una paleta correspondiente sobre el segundo árbol. Ambos árboles giran habitualmente en la misma dirección, pero con la orientación angular de las paletas escalonada según un ángulo determinado. Podemos considerar que las formas elípticas de las paletas tienen un eje mayor y otro menor con una "punta" en cada extremo del eje mayor y un "punto medio" en cada extremo del eje menor. En un punto del ciclo de rotación, una punta de una paleta del primer árbol, cuando está orientada horizontalmente, casi contactará el punto medio de una paleta del segundo árbol, cuya punta estará entonces vertical. Conforme esta segunda punta vertical gira hacia la horizontal, la primera punta hace un trazado a lo largo del perfil elíptico de la segunda paleta, "frotándola" de este modo. En un punto posterior del ciclo de rotación, la segunda paleta "frota" el perfil de la primera. Esta acción de frotado impide que el material se estanque o quede recogido en los bordes de la paleta. También impone limitaciones en las formas de las paletas, puesto que el desplazamiento de la punta de las paletas vecinas define el perfil de la propia paleta. Aunque esta configuración de las paletas puede producir un esfuerzo de alargamiento bastante bueno en el material, la limitación anterior sobre la forma de las paletas impide las variaciones de diseño, lo cual puede producir regiones de esfuerzo de alargamiento incluso mejores.

En general, se considera que los extrusores de tornillos gemelos son mejores en el mezclado dispersivo que los extrusores de tornillo único. Sin embargo, para una capacidad dada, las máquinas de tornillos múltiples son habitualmente más costosas que los extrusores de tornillo único.

Para que se produzca un mezclado mejorado, se tienen que considerar varios aspectos importante. En el mezclado dispersivo, es el paso del material a través de una región de esfuerzo elevado la que produce la rotura deseada de los aglomerados. Una pasada única a través de la región de esfuerzo elevado probablemente sólo conseguirá una única rotura del aglomerado. Para lograr una escala de dispersión fina, pueden ser necesarias múltiples pasadas y roturas. También, para un mezclado dispersivo eficiente, las tensiones en la región de esfuerzo elevado deberían tener una componente de alargamiento fuerte, así como una componente cortante. Para un funcionamiento eficiente del extrusor en su conjunto, es deseable una baja caída de presión a lo largo de la sección de mezclado. También es importante combinar el mezclado distributivo y el dispersivo para obtener una mezcla generalmente más uniforme. Se produce algo de mezclado distributivo siempre que se hace el mezclado dispersivo, pero combinando deliberadamente los elementos distributivos con los elementos dispersivos, aumentan las probabilidades de que todos los elementos del fluido pasen a través de la región de esfuerzo elevado, preferiblemente muchas veces, para una dispersión adecuada.

A fin de asegurarse de que todos los aglomerados y gotitas pasan a través de las regiones de esfuerzo elevado al menos una vez, el caudal a través de las regiones de esfuerzo elevado debe ser suficientemente grande en comparación con el caudal general de avance. Esto se puede hacer diseñando el número de regiones de esfuerzo elevado, su longitud y el tamaño del hueco a través del cual pasará el material. También es preferible que exista más de una región de esfuerzo elevado, y que estas regiones estén dispuestas de manera asimétrica alrededor de la circunferencia de cualquier de cualquier sección a lo largo de la longitud del tornillo, de manera que las fuerzas estén equilibradas y se minimice la posibilidad de deflexión del tornillo. Para reducir la pérdida de presión en la sección de mezclado, es deseable tener las regiones de esfuerzo elevado en una orientación helicoidal hacia delante, lo cual se puede realizar por una hélice de avance continuo o en una hélice de avance por etapas con discos de amasado.

Por las razones anteriores, existe una gran necesidad de un extrusor de tornillo que proporcione un mezclado dispersivo mejor que el de los extrusores actualmente disponibles.

Descripción de la invención

Por consiguiente, es un objeto de la presente invención disponer de un extrusor de tornillo que proporcione un mezclado dispersivo y distributivo mejorado.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un extrusor de tornillo en el cual se haga pasar el material repetidamente a través de regiones de esfuerzo elevado para una mejor rotura de los aglomerados en partículas más pequeñas.

Y otro objeto de la invención es proporcionar un extrusor de tornillo que tenga cierto número de regiones de esfuerzo elevado, las cuales producen una tensión de alargamiento así como un esfuerzo cortante altos.

Todavía otro objeto de la invención es proporcionar un extrusor de tornillo único que sea menos costoso de fabricar para su capacidad que un extrusor de tornillos múltiples, pero que proporcione un mezclado dispersivo comparable al de los extrusores de tornillos múltiples o mejor.

Un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un extrusor de tornillo en el cual las tensiones de esfuerzo elevado no produzcan una gran caída de presión, lo cual puede impedir la producción general.

Un objeto adicional todavía de la presente invención es proporcionar un extrusor de tornillo que tenga regiones de esfuerzo elevado simétricamente equilibradas que eviten la posible deflexión del tornillo central.

Un objeto adicional es proporcionar un extrusor de tornillo con secciones de mezclado modulares, intercambiables.

Un objeto adicional más de la invención es proporcionar un extrusor de tornillo único con paletas de amasado cuya geometría de diseño no esté limitada como en los extrusores de tornillos gemelos, y que proporcione un mezclado dispersivo y distributivo mejorados.

Se logran estos objetos por la presente invención tal como se define en las reivindicaciones 1 y 18. En las reivindicaciones subordinadas 2 a 17 se describen unas realizaciones preferidas.

Las versiones descritas de la presente invención tienen muchas ventajas que resuelven los objetos anteriormente mencionados. Una de estas ventajas de la presente invención es que proporciona tanto un buen mezclado dispersivo como un buen mezclado distributivo.

Otra ventaja de la invención es que proporciona regiones tanto con un esfuerzo de alargamiento como con un esfuerzo cortante elevados.

Una ventaja adicional de la presente invención es que se hace pasar repetidamente al material a través de regiones de elevado esfuerzo para obtener una rotura mejorada de los aglomerados de material.

Otra ventaja todavía de la invención es que se puede usar en un extrusor de tornillo único, el cual es menos costoso para su capacidad que un extrusor de tornillos gemelos comparable, y que puede proporcionar sin embargo un mezclado dispersivo comparable o mejor.

Una ventaja adicional más de la presente invención es que las regiones de esfuerzo elevado pueden estar en una orientación helicoidal hacia delante, reduciendo de esta manera la caída de presión en la región de mezclado, y mejorando por tanto la eficiencia y la producción generales.

Otra ventaja adicional todavía de la presente invención es que las regiones de esfuerzo elevado están dispuestas simétricamente alrededor del tornillo central, de manera que se minimiza la deflexión.

Estos y otros objetos de la presente invención se harán claros para los expertos en la técnica a la vista de la descripción del mejor modo conocido actualmente de realizar la invención y la aplicabilidad industrial de la realización preferida como se describe aquí y se ilustra En las diversas figuras y dibujos.

Breve descripción de los dibujos

Los fines y ventajas de la presente invención serán obvios a partir de la siguiente descripción detallada conjuntamente con los dibujos anexos, en los cuales:

la Fig. 1 es una vista general de un extrusor de tornillo simplificado, en el cual se ha desprendido una parte de tambor;

las Figs. 2 A-J ilustran una variedad de secciones de mezclado de la técnica anterior para el mezclado distributivo y el dispersivo;

la Fig. 3 muestra una vista isométrica de un tornillo extrusor según la presente invención;

la Fig. 4 ilustra una vista en corte transversal tomada a través del extrusor de tornillo a lo largo de la línea A-A de la Fig. 1;

las Figs. 5 A-F muestran una variedad de perfiles de cara de aleta que realizan la presente invención;

la Fig. 6 ilustra una vista en planta de una sección de mezclado de la técnica anterior que corresponde a una vista detallada de la sección de mezclado de la técnica anterior vista anteriormente en la Fig. 2G;

la Fig. 7 muestra una sección de mezclado mejorada según la presente invención;

la Fig. 8 es una vista lateral de un extrusor de tornillo con una parte del tambor eliminada para exponer un tornillo extrusor que ha sido formado según la presente invención;

la Fig. 9 es una vista en corte transversal tomada a través del extrusor de tornillo a lo largo de la línea B-B de la Fig. 8;

la Fig. 10 muestra una vista en perspectiva de las paletas de amasado de la técnica anterior;

la Fig. 11 ilustra una vista en perspectiva de los discos de dispersión, los cuales son una realización preferida de la presente invención;

la Fig. 12 muestra una vista en perspectiva de un extrusor de tornillo en el cual se ha eliminado un aparte del tambor, incluyendo los discos de dispersión de la presente invención;

la Fig. 13 ilustra una vista lateral de las paletas de amasado de la técnica anterior, incluyendo el ángulo de aproximación α ;

la Fig. 14 muestra una vista lateral de los discos de dispersión según una realización de la presente invención, incluyendo el ángulo de aproximación α ;

las Figs. 15 A & B muestran las vistas delantera y lateral en planta de un disco de dispersión según una realización de la presente invención;

las Figs. 16 A & B muestran las vistas delantera y lateral en planta de una realización adicional de un disco de dispersión de la presente invención;

las Figs. 17 A & B ilustran las vistas delantera y lateral en planta de una paleta de amasado de la técnica anterior;

las Figs. 18 A & B muestran las vistas delantera y lateral en planta de una paleta de amasado modificada según la presente invención;

la Fig. 19 muestra una vista lateral en planta de un apilado de discos de dispersión y elementos de transición interpuestos según una realización de la presente invención.

Mejor modo de realizar la invención

La presente invención es un extrusor de tornillo que tiene un mezclado dispersivo mejorado. Como se ilustra en los diversos dibujos aquí recogidos, y particularmente en la vista de la Fig. 1, se representa una forma de esta realización preferida del dispositivo de la invención por la denominación general de referencia 10.

La Fig. 1 ilustra las partes principales de un extrusor 10 de tornillo, que tiene un eje longitudinal 11, y el cual tiene también un extremo 12 de entrada y un extremo 14 de salida. Generalmente, por conveniencia de referencia, los términos “aguas abajo” se referirán a aquellos extremos más próximos a la parte de salida del extrusor de tornillo, los términos “aguas arriba” se referirán a aquellos extremos más alejados de la salida. La dirección de aguas abajo se indica por una flecha grande, que muestra la dirección del flujo de material. El extrusor 10 de tornillo tiene un tambor 18. El extremo 12 de entrada incluye una tolva 20 de entrada para alimentar de material, y una matriz 22 de extrusión en el extremo 14 de salida. Se ha eliminado una parte del tambor 18 para mostrar la pared 24 del tambor, y un agujero interior 26. Colocado dentro del agujero interior se encuentra un tornillo 28 de extrusión que tiene aletas 30 de tornillo. Aunque esta versión de la realización preferida tiene un único tornillo, debe entenderse que el extrusor de tornillo podría contener dos o más tornillos.

La Fig. 2 ilustra una variedad de secciones de mezclado de tornillos de extrusor de la técnica anterior, tal como se trata anteriormente en la sección de la técnica anterior.

La Fig. 3 ilustra una vista isométrica en corte transversal de una sección de mezclado de un tornillo extrusor 28 usado en la presente invención. La denominación general de referencia 31 designa la sección de mezclado del tornillo extrusor 28. La sección de mezclado puede ser una parte integrante del tornillo 28 general, o puede ser una sección modular que se combina con las otras secciones modulares sobre un árbol central a fin de proporcionar características variables que se puedan adaptar a diferentes materiales y aplicaciones. En la Fig. 3, se muestra un agujero central 32 opcional en línea discontinua para el caso en el que la sección de mezclado 31 esté en una sección modular que se pueda apilar sobre un árbol central independiente. Esta sección de mezclado se define por tener una longitud (L) 33. La sección 32 de mezclado incluye un árbol central 34 y unas aletas 30 de tornillo, los cuales se usan para mezclar el material así como para transportarlo hacia delante. Se define un diámetro de tornillo (D) 35 como la distancia de punta a punta entre las aletas 30 cuando se colocan en los lados opuestos del árbol central 34. Se incluye una flecha para indicar la dirección de rotación. Las aletas 30 incluyen la cara 36 de empuja hacia delante y la cara posterior 38. Se usará la denominación de referencia 40 para referirse al perfil en sección transversal de la aleta 30. Como se verá más adelante, es la forma de este perfil 40 la que produce las regiones múltiples de alto esfuerzo de alargamiento y cortante que son cruciales para dar lugar a un mezclado dispersivo aumentado. En esta versión de la realización preferida, se han dispuesto unas ranuras 42 para aumentar el mezclado dispersivo. Estas ranuras 42 son opcionales, y su tamaño y posición están sujetos a una variación considerable, como será obvio para un experto en la técnica. Adicionalmente, se puede usar otros muchos dispositivos de mezclado distributivo, incluyendo, pero sin limitarse a ello, vástagos o salientes que podrían ser redondos, cuadrados, en forma de diamante, o aletas secundarias irregulares con interrupciones, y cambios de profundidad o anchura de canal (definidos a continuación).

La Fig. 4 muestra una vista en corte transversal a través del extrusor 10 de tornillo a lo largo de la línea A-A de la Fig. 1. El tambor 18 incluye la pared 24 de tambor que rodea un agujero central 26 que se define por la superficie

interior 44 del tambor. En esta versión de la realización preferida, el agujero central 26 es cilíndrico y aloja un único tornillo 28 de extrusor, pero debería entenderse que se puede usar la presente invención con dos o más tornillos de extrusor, en cuyo caso, la sección transversal del agujero 26 puede parecer múltiples círculos o elipses solapándose.

Se muestran las aletas 30 del tornillo 28, y en esta versión de la realización preferida hay cuatro aletas que están colocadas a intervalos de 90 grados alrededor de la circunferencia del árbol central 34. Se debe entender que se puede usar otros números de aletas tales como dos, tres, cinco, seis, etc., y sus posiciones alrededor de la circunferencia del árbol 34 son consiguientemente variables. Sin embargo, es deseable que las aletas 30 estén simétricamente dispuestas alrededor de la circunferencia del árbol 34 a fin de que estén equilibradas las fuerzas sobre el árbol 34 y se reduzca al mínimo la deflexión. Se muestran las caras 36 de empuje delanteras y las caras traseras 38 de las aletas 30, así como el perfil 40 de la aleta. Las caras 36 de empuje delanteras y la superficie interior del tambor 44 definen un conducto que se estrecha progresivamente en el cual se desplaza el material en el agujero 26. El movimiento rotacional del tornillo 28 hace que el material entre en el extremo amplio del conducto 46 y sea exprimido conforme se estrecha el conducto 46 en las regiones 48 de esfuerzo elevado, las cuales se crean entre las puntas 50 de las aletas y la superficie 44 interior del tambor. El área transversal en reducción del conducto 46 que se estrecha progresivamente causa un aumento de la velocidad media del flujo. De este modo, las regiones 48 de esfuerzo elevado desarrollan esfuerzos tanto de alargamiento como cortante, que son importantes para proporcionar un mezclado dispersivo aumentado. La acción de rotación del tornillo 28 asegura que los aglomerados de material pasen a través de muchas de estas regiones 48 de esfuerzo elevado, y de este modo se puede obtener un mezclado dispersivo de alta calidad.

La distancia entre el agujero interior 44 del tambor y el árbol central 34 definirá la altura (H) 52 del canal. La distancia entre la punta 50 de la aleta y el agujero interior 44 del canal se define como el juego radial (δ) 54 de la aleta. La relación del juego 54 de la aleta a la altura 52 del canal se define como δ/H . La distancia entre la cara delantera 36 de empuje de una aleta 30 y la cara posterior 38 de la aleta 30 siguiente en el extrusor de tornillo medida circunferencialmente se denominará la anchura 56 de canal. Adicionalmente, la anchura de la punta de la aleta (w_T) será designada por 58, aunque es completamente posible que esta w_T 58 pueda ser cero, dependiendo del perfil 40 de la cara de la aleta. Realmente, el perfil mostrado en la Fig. 4 es una curva suave en la punta 50 y por tanto la anchura 58 de la punta de la aleta en este caso es cero.

La Fig. 5 muestra una variedad de perfiles 40 de cara de empuje de las aletas 30 del tornillo que se pueden usar conjuntamente con la pared 24 del tambor para producir progresivamente conductos 46 que se estrechan progresivamente para empujar al material a las regiones 48 de esfuerzo elevado. Debería entenderse que son posibles otras muchas variaciones de perfil, y la presente invención no se limita a los perfiles mostrados.

Las variaciones de la realización preferida tratadas hasta ahora han tenido un “ángulo de hélice positivo” o configuración con aleta hacia delante. En un tornillo con aleta hacia delante, la cara de empuje de la aleta mueve el material hacia delante, hacia el extremo de salida del extrusor. Volviendo a la Fig. 1, se puede ver un ángulo (ϕ) 60 de hélice positivo tal como se mide entre una perpendicular a la cara 62 de la aleta y el eje longitudinal 11. También es posible tener una configuración con aleta hacia atrás. En este caso, la cara de empuje de la aleta mueve el material hacia atrás hacia la abertura de alimentación del extrusor. También es posible tener una configuración de aleta neutra. En este caso, el ángulo de aleta es de noventa grados, y la cara de empuje de la aleta mueve el material sólo en la dirección circunferencial.

En un extrusor 10 de tornillo, es posible tener una sección de mezclado que contiene un ángulo de hélice negativo. Las secciones del tornillo que están aguas arriba de la sección de mezclado pueden tener todavía un ángulo de hélice positivo a fin de asegurar que el material sea transportado hacia el extremo 14 de salida de manera efectiva. Así, debería entenderse que se puede practicar la presente invención 10 con variaciones que incluyen ángulos de hélice negativos. Se anticipa que se puede hacer el tornillo 28 de extrusor de manera que sea “modular”, teniendo un árbol central sobre el cual se pueden apilar secciones de mezclado de geometría variable para que sean adaptables a diversos materiales y operaciones.

Un tipo de sección de mezclado modular que se puede emplear es la sección de mezclado de Maddock, que se trató en la sección de la técnica anterior y se muestra en la Fig. 2G. La Fig. 6 Técnica anterior muestra una sección de mezclado de Maddock con mayor detalle. La sección Maddock tiene lengüetas longitudinales que forman un conjunto de surcos semicirculares. Se abren surcos alternados en los extremos de aguas arriba y aguas abajo. Se fuerza al material que entra en los surcos 70 de entrada a pasar sobre las aletas 72 de la barrera de mezclado, las cuales se muestran como áreas rayadas transversalmente, antes de alcanzar los surcos 74 de salida. Mientras pasa sobre las aletas 72 de mezclado, el material está sometido a un esfuerzo cortante elevado. Esto puede producir algo de mezclado dispersivo, pero esta sección de mezclado de la técnica anterior sólo somete al material a una única pasada a través de la región de esfuerzo elevado.

Por el contrario, la Fig. 7 muestra la presente invención en la cual se incorpora una sección 80 de mezclado de aleta múltiple de manera modular a un extrusor de tornillo. Se introduce el material a través de los surcos 70 de entrada como antes, pero debe pasar sobre una serie de aletas 82 de barrera de mezclado antes de que alcance los surcos 74 de salida. Al pasar sobre esta serie de aletas 82, el material debe pasar repetidamente a través de regiones de esfuerzo elevado. Adicionalmente, las aletas 82 de barrera pueden incluir un número de conductos 46 que se estrechan progresivamente para producir regiones 48 de esfuerzo de alargamiento elevado, logrando de esta manera un mezclado dispersivo mucho mejor.

Debería entenderse que el uso de barreras de mezclado múltiples puede practicarse en muchas configuraciones diferentes para mejorar el mezclado dispersivo respecto al conseguido en la técnica anterior. Un ejemplo adicional sería mejorar el mezclador de anillo de cápsula visto en la Fig. 2J de la técnica anterior y usar una serie de pequeños anillos con bordes en forma de cuña para crear regiones de esfuerzo elevado múltiples. Adicionalmente, se puede hacer modificaciones similares a todos los mezcladores acanalados tales como los Egan (Fig. 2H), los Zorro, los Troester, etc.

Al diseñar las secciones de mezclado de los tornillos extrusores, existen ciertas variables que deben ser ajustadas para optimizar los resultados. Según Tadmor y Manas Zloczower, (Z. Tadmor e I. Manas-Zloczower, Avances en la tecnología de los polímeros, T.3, N° 3, 213, 221 (19839, la función de distribución de flujo se puede escribir como:

$$G_k = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}$$

donde k es el número de pasadas a través del juego, el tiempo adimensional $\lambda = t_r/t$ es la relación del tiempo de residencia y el tiempo medio de residencia del volumen controlado t. El tiempo de residencia para un fluido newtoniano se puede aproximar como sigue:

$$t_r = \frac{2z}{v_{bz}(1-r)}$$

donde z es la longitud helicoidal de la sección de tornillo considerada v_{bz} la velocidad en el tambor del canal inferior y r la relación de estrangulamiento (caudal de presión dividido por caudal de resistencia). El tiempo medio de residencia se puede determinar a partir de:

$$\bar{t} = \frac{2WH}{\delta v_{bx} \left(1 + \frac{W}{w_f} \frac{\delta^2}{H^2} \right)}$$

donde W es la anchura del canal, H la longitud del canal, δ el juego de aleta radial, y w_f la anchura de aleta. El tiempo adimensional se puede escribir como:

$$\lambda = \frac{L\delta \left(1 + \frac{W}{w_f} \frac{\delta^2}{H^2} \right)}{WH(1-r)\cos\phi}$$

donde L es la longitud axial correspondiente a la distancia z del canal inferior. La fracción del fluido que experimenta cero pasadas a través del juego es:

$$G_0 = e^{-\lambda}$$

La fracción G_0 debería ser baja para asegurarse de que la mayor parte del fluido experimenta al menos una o varias pasadas a través del juego. En un tornillo transportador simple, la fracción G_0 es habitualmente alrededor de 0,99, lo cual significa que la mayoría del fluido pasa por el extrusor sin pasar nunca a través del juego. Se puede usar las expresiones anteriores para determinar el valor mínimo que producirá un G_0 inferior a 0,01, que significa que menos de un uno por ciento del fluido no pasará a través del hueco en absoluto. Esto se logra cuando el tiempo adimensional $\lambda > 4,6$. Para algunos valores de L, H, W, Γ , ϕ , w_f se puede entonces determinar cual debe ser el tamaño del juego de aleta δ para hacer $\lambda > 4,6$ o $G_0 < 0,01$.

Cuando $L = 3W$, $\Gamma = 0$, y $\phi = 17,67^\circ$, la relación δ/H tiene que ser aproximadamente 0,8 para lograr un $G_0 < 0,01$. Claramente, con una relación de δ/H tan alta, será casi imposible crear esfuerzos elevados en el juego y obtener un mezclado dispersivo efectivo. A partir de la ecuación 4, está claro que variables geométricas se tiene que cambiar para lograr una fracción G_0 baja con un juego pequeño. Se puede hacer esto 1) aumentando L, la longitud de la sección de mezclado, 2) aumentando ϕ , el ángulo de la hélice, y 3) reduciendo w_f , la anchura de la aleta.

Si se aumenta el ángulo de la hélice de 17.67 a 60 grados siendo los restantes valores iguales, la relación δ/H tiene que ser aproximadamente 0,35 o mayor para que la fracción G_0 sea inferior a 0,01. Este valor es todavía bas-

tante grande, pero sustancialmente mejor que 0,8. La relación δ/H puede ser reducida adicionalmente aumentando la longitud de la sección de mezclado o reduciendo la anchura de la aleta o aumentando el ángulo de la hélice todavía más. Este procedimiento permite una determinación del primer orden de las variables de diseño. Se puede obtener un refinamiento adicional de los valores iniciales a partir de una simulación informática.

Se estima que en los extrusores de tornillo de la técnica anterior con un tornillo transportador simple, G_0 , la fracción de material que no pasa a través del juego, es típicamente 0,99. Esto significa que una gran parte del material nunca pasa a través de la región de esfuerzo elevado, y por tanto el mezclado dispersivo es pobre.

En la presente invención, se desea que G_0 sea inferior a 0,01, y por tanto más del 99% del material pasará a través de una región de esfuerzo elevado. Se anticipa a partir de las fórmulas anteriores que para este valor de G_0 , a fin de lograr una relación δ/H en un intervalo razonable de 0,05 a 0,03, el ángulo de la hélice (ϕ) estará en el intervalo de -90° a -30° y de $+30^\circ$ a $+90^\circ$, la longitud de la sección de mezclado (L) estará en el intervalo de 1 a 20 veces el diámetro del agujero, y la anchura de la aleta del tornillo en la punta (w_T) estará en el intervalo de 0 a 0,5 veces la anchura del canal.

Debería entenderse que aunque el intervalo preferido de los ángulos de hélice es de -90° a -30° y de $+30^\circ$ a $+90^\circ$, también funcionarán los valores comprendidos entre $+30^\circ$ y -30° .

Son necesarias pasadas múltiples a través de una región de esfuerzo elevado para romper los aglomerados. De esta forma, aun en secciones de mezclado con valores de G_0 muy bajos se logrará la seguridad de un mezclado dispersivo bueno. Por ejemplo, en el mezclador de Maddock de la técnica anterior, todo el material tiene que pasar a través de la región de esfuerzo elevado, pero sólo pasa una vez a través de esta región, lo cual es insuficiente.

Otro parámetro de interés es la relación del juego de la aleta al diámetro del tornillo, o δ/D . Esto da un indicador de cuanto material fluye a través de regiones de esfuerzo elevado, y es por tanto proporcional a la calidad de mezcla dispersiva del material. Cuanto mayor es este número, se puede esperar una mejor dispersión. Para los extrusores de tornillo único de la técnica anterior, este valor δ/D es típicamente de 0,001, y para los extrusores de tornillos gemelos, mejora esta cifra a 0,005. Por el contrario, el valor de δ/D para diversas realizaciones preferidas de la presente invención es 0,005 a 0,250. Cuando el número δ/D resulta demasiado elevado, las tensiones que se generarían pueden ser demasiado bajas para lograr el mezclado dispersivo. El juego sería lo bastante pequeño para poder generar unas tensiones suficientemente elevadas pero lo bastante grande para permitir que una cantidad de material suficiente fluyera a través de él.

Las aletas de un extrusor de tornillo pueden transportar material en la dirección de aguas abajo y pueden también servir para impedir que el material se acumule en las paredes del tambor del extrusor. Esta última función es conocida como "frotado" y es posible tener elementos que realizan este frotado separadamente de la función de transportar el material, aunque típicamente las funciones están combinadas. También es posible que el frotado y el transporte sean realizados por un conjunto de aletas de tornillo, mientras que el mezclado sea realizado por un segundo conjunto de aletas. Este segundo conjunto de aletas puede estar en una sección modular separada, o en la misma sección incorporando este segundo conjunto de aletas entre las aletas de transporte/frotado. Las aletas de mezclado no deben tener el mismo ángulo de hélice que las aletas de transporte/frotado, y realmente puede ser beneficioso que sea diferente. El ángulo de la hélice para las aletas de transporte se puede elegir de manera que dé la mejor acción de bombeo, mientras que el ángulo de la hélice para las aletas de mezclado se puede escoger de forma que dé la mejor acción de mezclado dispersivo. Así se puede lograr un juego funcional de los dos tipos de aletas, permitiendo la optimización de las prestaciones generales.

La Fig. 8 muestra un extrusor 90 de tornillo con un tornillo central modificado en el cual las aletas 94 de mezclado se han incluido entre las aletas 96 de transporte/frotado.

La Fig. 9 es una vista en corte transversal de la Fig. 8 tomada a lo largo de la línea B-B. Se puede ver que el perfil 40 de las aletas 94 de mezclado produce un conducto 46 que se estrecha progresivamente en el tambor 18, el cual empuja de nuevo al material a las regiones 48 de esfuerzo elevado. Esta configuración causa una dispersión mejorada del material mientras que la aleta 96 de frotado/transporte ha sido diseñada para unas características de bombeo óptimas.

Como se mencionó anteriormente, también es posible tener una variación en la cual el ángulo de la hélice sea de noventa grados. Se puede lograr esto usando discos rectos que se dislocan entre sí a ángulos rotacionales variables. Para un extrusor de tornillo único, esta versión de la realización preferida es similar a las paletas de amasado usadas en los extrusores de tornillos gemelos, pero con la importante diferencia y ventajas de que la geometría de los discos puede ser optimizada para la producción de una tensión de alargamiento y cortante efectivas, antes bien que ser limitada por la necesidad de seguir la línea de contorno de un segundo tornillo.

La Fig. 10 de la técnica anterior muestra la configuración de las paletas de amasado en un tornillo de un extrusor de tornillos gemelos de la técnica anterior. Por el contrario, la Fig. 11 ilustra una segunda realización preferida 100 de la presente invención para uso en un extrusor de un tornillo único que tiene discos 102 de dispersión alineados sobre un eje 104 longitudinal central. Las caras 106 de empuje de las aletas tienen una forma pronunciada de cuña, y la cara 108 de seguimiento de la aleta es plana. El ángulo de zigzag β 109 muestra la dislocación rotacional de los discos sucesivos. De manera similar a lo anteriormente tratado con respecto al perfil de las caras 30 de empuje de las aletas

en la realización con ángulo de hélice positivo, los perfiles de las caras 106 de empuje de los discos 102 de dispersión son susceptibles de experimentar una gran variación, tal como secciones elípticas, triángulos, secciones circulares, etc. Adicionalmente, estos discos 102 de dispersión pueden ser también modulares, pueden ser apilados sobre un árbol central para proporcionar diversas características de mezclado.

La Fig. 12 muestra una vista de este tipo de la realización preferida 100, en la cual se ha apilado fijamente sobre un árbol central 110 unos discos de dispersión 102 que tienen un ángulo de hélice de noventa grados. Una parte del tambor 118 ha sido desprendida por corte para mostrar la orientación de los discos 102. Para una fácil referencia se ha incluido de nuevo un eje longitudinal 104 central. Los esfuerzos de alargamiento y cortante necesarios para un buen mezclado dispersivo se producen en las regiones 120 de esfuerzo elevado entre las puntas 122 de las paletas y la superficie interior 124 del tambor. La acción de mezclado dispersivo principal tendrá lugar en la región que se estrecha formada por la cara de empuje 106 de la aleta y la superficie interior 124 del tambor. Se fuerza al material a penetrar en el conducto 126 que se estrecha progresivamente por el flujo de resistencia causado por el movimiento relativo entre el tornillo y la superficie 124 interior del tambor.

La Fig. 13 Técnica anterior y la Fig. 14 muestran una comparación de los perfiles de la técnica anterior y de los discos de dispersión de la presente invención. En la Fig. 13, se ilustra una paleta de amasado de la técnica anterior en un tambor de un extrusor de tornillo con la línea 128 trazada tangente a la superficie de la paleta en la punta. Se traza una segunda línea 130 tangente al punto de la superficie interior del tambor que intersecta la proyección de la línea 128. Las dos líneas 128 y 130 definen un ángulo α que se designa como 132. La geometría de la paleta de amasado está limitada por la necesidad de corresponder con una segunda paleta en la cual la punta de la primera paleta frota la segunda y con ello sigue el contorno requerido. El ángulo α 132, que define el ángulo α de entrada al conducto después de la punta está condicionado severamente por esta limitación de diseño, y no está optimizado para la dispersión de material.

Por el contrario, el perfil de una realización preferida de la presente invención 100 se muestra en la Fig. 14. Se ilustra un disco 102 de dispersión en el agujero 124 de un extrusor 10 de tornillo. Se muestra una línea 134 tangente a la superficie del disco próxima a la punta 122. Como anteriormente, una segunda línea 136, tangente en el punto proyectado de la superficie interior 124 del tambor, define un ángulo α 138. Puesto que la geometría del disco de dispersión 102 no está dictada por la necesidad de seguir el contorno de una paleta adyacente, el ángulo α 138 puede ser mucho más agudo y puede estar diseñado para producir una excelente dispersión del material. Se anticipa que este ángulo α 138 estará comprendido en el intervalo de cero a 35°, mientras el ángulo α 132 típico encontrado en las paletas de amasado de la técnica anterior de los extrusores de tornillos gemelos es de 35° a 50°. A título comparativo, este ángulo α de aproximación en los extrusores de tornillo único de la técnica anterior es típicamente de 90°, puesto que no se dispone un conducto que se estreche progresivamente.

Mientras el material es empujado todo el camino en un conducto que se estrecha progresivamente, y a través del mismo, la acción de mezclado dispersivo será eficiente. Sin embargo, el polímero fundido tendrá una tendencia a desviarse de las regiones de alto esfuerzo y tomar el camino de menos resistencia fluyendo alrededor de las mismas, como se puede ver en las Figs. 15 A & B. En la Fig. 15 A, se ve un disco 102 de dispersión de perfil, así como una pequeña parte de la superficie interior 124 del tambor. Se muestra la región 120 de esfuerzo elevado entre la punta 122 del disco y la superficie interior 124 del tambor. La Fig. 15B muestra una vista en planta delantera del mismo disco 102 de dispersión con flujo 140 de material. Se muestra el material 142 fluyendo alrededor de los lados de la punta 122 del disco. Esto reducirá la eficiencia de la acción de mezclado dispersivo.

Este problema se puede reducir en gran medida añadiendo una pared de barrera en las áreas de la región de esfuerzo elevado para cerrar la ruta del desvío. Las Figs. 16 A & B muestran otra realización preferida 150 en la cual se han añadido dos paredes 154 de barrera. La Fig. 16 A muestra una vista en planta lateral del disco 152 de dispersión modificado con las barreras 154 en las puntas 122. La Fig. 16 B muestra una vista en planta delantera del disco 152 de dispersión modificado con un flujo 140 de material que es canalizado a través de la región 120 de esfuerzo elevado. Así se mejora la eficiencia del mezclado dispersivo.

También se puede usar esta modificación con las paletas de amasado de la técnica anterior para mejorar las prestaciones, como se ve en las Figs. 17 A & B y 18 A & B. Las Figs. 17 A & B muestran vistas en planta lateral y delantera de una paleta de amasado de la técnica anterior sin modificaciones. La Fig. 18 A muestra una vista en planta lateral de una paleta 160 de amasado modificada, la cual ha sido mejorada por medio de la presente invención. Se ha tallado un surco 162, visto en línea de trazo discontinuo en la Fig. 18 A, en la superficie de la paleta 160. La Fig. 18 B muestran una vista en planta delantera de una paleta 160 de amasado modificada con el surco 162 incluido. Este surco 162 puede canalizar el material a la región entre la punta 164 y la pared del tambor 124. Aunque la forma de la paleta es dictada todavía en gran medida por el seguimiento de su paleta compañera, la región del surco 162 puede ser orientada de manera diferente para mejorar la dispersión del material. Se espera que esto produzca unas prestaciones mejoradas, aunque puede no llegarse a alcanzar la eficiencia de los discos 102 de dispersión.

Existe un problema común respecto a los elementos de mezclado que tienen un ángulo de hélice neutro, tales como las paletas de amasado y los discos de dispersión. Este problema es que puede haber puntos de estancamiento que existen en la transición entre los diferentes discos. Esta condición puede ser corregida por el uso de elementos de transición entre los discos rectos. La Fig. 19 ilustra una forma que pueden adoptar los elementos de transición. Los discos 102 de dispersión se interponen con uno o más elementos 166 de transición. En esta versión de la realización

preferida, los elementos de transición son elementos con aleta con un ángulo de hélice comprendido entre cero y 90°. Estos elementos 166 pueden tener la forma básica de discos de dispersión torcidos con el ángulo de torsión igual al ángulo de zigzag 109 (véase Fig. 11) de los discos 102 de dispersión. Se muestran las aletas 168 de los elementos de transición conectando las puntas 122 de los discos 102. Estos elementos proporcionan una transición gradual de un disco de dispersión a otro y ayudan al flujo del material mientras mantienen todavía la capacidad de mezclado dispersivo. Debe entenderse que estos discos de transición se pueden usar también con paletas de amasado de la técnica anterior para mejorar el flujo de material.

Debería entenderse que las mejoras de la presente invención se pueden usar en los extrusores de tornillo que contienen tornillos múltiples. Los extrusores de tornillos gemelos pueden girar ser de corrotación con tornillos que giran en la misma dirección, o de contrarrotación con tornillos que giran en dirección opuesta. También existen extrusores de triple tornillo, extrusores de cuádruple tornillo y extrusores de tornillo con diez tornillos dispuestos según un modelo circular. Todas las variedades de extrusores de tornillo pueden beneficiarse de un mezclado dispersivo mejorado usando las realizaciones de la presente invención que se han presentado anteriormente. Aumentar el número de regiones de esfuerzo elevado usando aletas con los perfiles mostrados anteriormente, es una técnica que puede ser útil en cualquiera de los extrusores tanto de tornillos múltiples como de tornillo único. Por tanto, además de los ejemplos anteriormente mencionados, se pueden hacer otras diversas modificaciones y alteraciones del dispositivo 10 de la invención sin apartarse de la invención tal como se define en las reivindicaciones.

20 **Aplicabilidad industrial**

El presente extrusor 10 de tornillo resulta muy adecuado generalmente para las aplicaciones de cualquier proceso de mezclado en el que un ingrediente sólido o líquido tenga que ser mezclado de manera dispersiva en un fluido viscoso. Esto puede ser la dispersión de aglomerados sólidos en un fluido viscoso o la dispersión de gotitas de líquido en un fluido viscoso. Resulta particularmente bien adecuado para el uso en mezclar combinaciones de polímeros o para mezclar aditivos a los polímeros antes de su conformación por extrusión.

Las aplicaciones en el campo de los polímeros incluyen la dispersión de pigmentos sólidos en polímeros para hacer productos plásticos coloreados. Particularmente, en los casos en los que la uniformidad de color es importante, es muy ventajoso que las partículas de color estén bien mezcladas en forma dispersiva y fraccionadas en los aglomerados menores que sea posible por medio de un mezclado meramente distributivo.

Se puede usar también la presente invención 10 para mejorar la dispersión de los componentes de polímeros incompatibles en una matriz de polímeros para producir combinaciones y aleaciones de polímeros. Puede ser importante un buen mezclado dispersivo para obtener unas propiedades de material uniformes tales como la resistencia a la tracción, la durabilidad, etc. Se puede añadir fibras de refuerzo a una matriz de polímero para producir una rigidez aumentada con una mayor uniformidad usando la presente invención 10.

Cuando se fabrica materiales conductores o semiconductores, la dispersión de las cargas de conductores en una matriz de polímero resulta mejorada por el uso de la presente invención 10. La dispersión de las cargas magnéticas en los imanes de plástico, y la dispersión de las cargas sólidas para una resistencia aumentada a la oxidación pueden ser ambas mejoradas cuando se usa el mezclador 10 dispersivo mejorado. También es útil la presente invención 10 en la fabricación de adhesivos de goma.

El fluido viscoso a mezclar de forma dispersiva no tiene que estar basado en plásticos o polímeros. Es posible mezclar productos alimenticios tales como pastas, patatas en puré, aceite de cocina, pasta de uvas o concentrados de fruta, miel o mantequilla de cacahuets. También pueden ser productos petrolíferos como aceite o combustible para cohetes. Todos estos materiales pueden beneficiarse del mezclado dispersivo mejorado que proporciona la presente invención 10.

Adicionalmente, puesto que se pueden hacer modularmente los elementos de mezclado de la presente invención, es posible hacer configuraciones a medida para unas prestaciones óptimas con un material concreto. Las mejoras de la presente invención 10 pueden ser así incorporadas a los extrusores de tornillo existentes a un costo reducido. Particularmente, se puede hacer las mejoras en las paletas de amasado de la técnica anterior usando métodos convencionales de mecanizado para incluir el surco dispersivo 162 en las máquinas existentes con un bajo costo. Para prestaciones todavía mejores, los discos 102 de dispersión, que se pueden fabricar con el mismo diámetro y dimensiones normalizadas de ajuste al árbol que las paletas de la técnica anterior, pueden sustituir las paletas de amasado.

Por lo anterior y otras razones, se espera que el extrusor 10 de tornillo de la presente invención tenga una aplicabilidad industrial difundida. Por tanto, se espera que la utilidad comercial de la presente invención sea amplia y duradera.

REIVINDICACIONES

1. Un extrusor (10) de tornillo único para un mezclado dispersivo mejorado que comprende:

un tambor (8) que tiene un agujero que define una superficie interior (44);

un tornillo (28) de extrusor que tiene un diámetro D (35) de tornillo, estando dicho tornillo (28) colocado dentro de dicho agujero, incluyendo el tornillo un árbol central (34), una sección de mezclado (31) que tiene una longitud L (33) de la sección de mezclado, y al menos una aleta (30) de tornillo, incluyendo cada aleta una cara delantera (36) de empuje, una cara trasera (38) y una punta (50) de la aleta, actuando el perfil de dicha cara delantera (36) de empuje con dicha superficie interior (44) de dicho tambor (8) para formar un conducto (46) que se estrecha progresivamente a través del cual se empuja el material en múltiples regiones (48) de esfuerzo de alargamiento y cortante elevado, **caracterizado** porque dicho tornillo incluye al menos una sección (80) de mezclado acanalada, teniendo cada sección de mezclado acanalada al menos un canal de entrada (70) y al menos un canal de salida (74) separados por una pluralidad de aletas (82) de barrera, las cuales actúan para empujar el material a través de regiones de esfuerzo de alargamiento y cortante haciéndolo pasar desde el al menos un canal de entrada sobre la pluralidad de aletas de barrera al al menos un canal de salida.

2. El extrusor de tornillo de la reivindicación 1, en el que la punta (50) de la aleta tiene una anchura w_T (58) de aleta, actuando el perfil 40 de cada una de dichas caras delanteras de empuje con dicha superficie interior de dicho tambor para formar un conducto (46) que se estrecha progresivamente a través del cual se empuja al material a múltiples regiones (48) de esfuerzo de alargamiento y cortante elevados;

estando dispuestos dichos aletas (30) de tornillo según un modelo helicoidal alrededor de dicho árbol central y teniendo un ángulo ϕ (60) de hélice definido;

estando dicho extrusor de tornillo **caracterizado** por tener una profundidad H (52) de canal definida como la distancia entre dicho árbol central y dicha superficie interior de agujero, un juego (54) de aleta radial definido como la distancia entre dicha punta de aleta y dicha superficie interior del agujero y una relación de juego de la aleta/profundidad del canal δ/H ; y

para un intervalo de δ/H de 0,05-0,5, la longitud L (33) de la sección de mezclado (L) está en el intervalo de 1 a 20 veces el diámetro D del tornillo, el ángulo de la hélice ϕ (60) está en el intervalo de -90° a -30° y de $+30^\circ$ a $+90^\circ$, y la anchura de la punta de la aleta w_T (58) está en el intervalo de 0 a 0,5 veces la anchura (56) del canal.

3. El extrusor de tornillo de la reivindicación 2, en el que:

dicho extrusor (10) de tornillo tiene una relación de juego de aleta radial a diámetro del tornillo δ/D , donde dicha δ/D está en el intervalo de 0,005-0,250.

4. El extrusor de tornillo de la reivindicación 1 ó 3, en el que:

los perfiles de dichas caras (36) de empuje delanteras se seleccionan del grupo que consiste en secciones elípticas, circulares y triangulares.

5. El extrusor de tornillo de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que:

dicho tornillo extrusor (28) incluye además unos medios (42) de mezclado distributivo.

6. El extrusor de tornillo de la reivindicación 5, en el que:

dichos medios de mezclado distributivo se seleccionan del grupo que consiste en ranuras (42) en las aletas del tornillo, vástagos sobre el árbol central, aletas secundarias con interrupciones, cambios en la profundidad del canal y cambios en la anchura del canal.

7. El extrusor de tornillo de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que:

dicho tornillo de extrusor incluye secciones modulares, las cuales están dispuestas sobre un árbol central (34) para proporcionar características de mezclado variables.

8. El extrusor de tornillo de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que:

dichas aletas (30) están dispuestos simétricamente sobre un árbol central para equilibrar las fuerzas de deflexión.

9. El extrusor de tornillo de la reivindicación 8, en el que:

el número de aletas (30) es dos, tres, cuatro, cinco, o seis.

ES 2 278 419 T3

10. El extrusor de tornillo de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que:

dicho extrusor de tornillo incluye además unas aletas (96) de transporte/frotado.

5 11. Un extrusor de tornillo como el de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende:

una pluralidad de discos (102) de dispersión, incluyendo además cada disco de dispersión una cara delantera (106) de empuje, y una cara trasera (108), teniendo cada una de dichas caras delanteras de empuje un perfil que interactúa con dicha superficie interior (124) de dicho tambor para formar un conducto que se estrecha progresivamente a través del cual se empuja al material al interior de múltiples regiones (120) de esfuerzo de alargamiento y cortante elevado, 10 teniendo definido además dicho perfil de disco de dispersión un ángulo α de aproximación a dicho conducto que se estrecha progresivamente, estando dicho ángulo α comprendido en el intervalo de cero a 35 grados.

12. El extrusor de tornillo de la reivindicación 10, en el que:

15 dicho extrusor de tornillo incluye además una pluralidad de elementos de transición.

13. El extrusor de tornillo de la reivindicación 12, en el que:

20 dichos elementos de transición están interpuestos con dichos discos de dispersión.

14. El extrusor de tornillo de la reivindicación 13, en el que:

25 dichos elementos de transición son discos de dispersión torcidos con un ángulo de torsión igual al ángulo de zigzag de los discos de dispersión.

15. El extrusor de tornillo de la reivindicación 12, 13 ó 14, en el que:

30 dichos discos de dispersión incluyen además unas paredes (154) de barrera para canalizar el flujo de material a regiones de esfuerzo elevado.

16. Un extrusor de tornillo como el de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10,

35 incluyendo dicho tornillo una pluralidad de paletas (160) de amasado, incluyendo adicionalmente cada paleta de amasado un surco (162) de dispersión, el cual canaliza el material a regiones de esfuerzo elevado.

17. El extrusor de tornillo de la reivindicación 16, en el que:

40 dicho extrusor de tornillo incluye además una pluralidad de elementos de transición.

18. Un extrusor de tornillo que comprende:

un tambor que tiene un agujero que define una superficie interior; y

45 al menos un tornillo de extrusor colocado dentro de dicho agujero, incluyendo cada tornillo un árbol central y al menos una sección de mezclado acanalada que tiene al menos un canal de entrada (70) y al menos un canal de salida (74) separados por una pluralidad de aletas (82) de barrera, las cuales actúan para empujar el material a través de regiones de esfuerzo de alargamiento y cortante haciéndolo pasar desde el al menos un canal de entrada sobre una pluralidad de aletas de barrera al al menos un canal de salida.

50

55

60

65

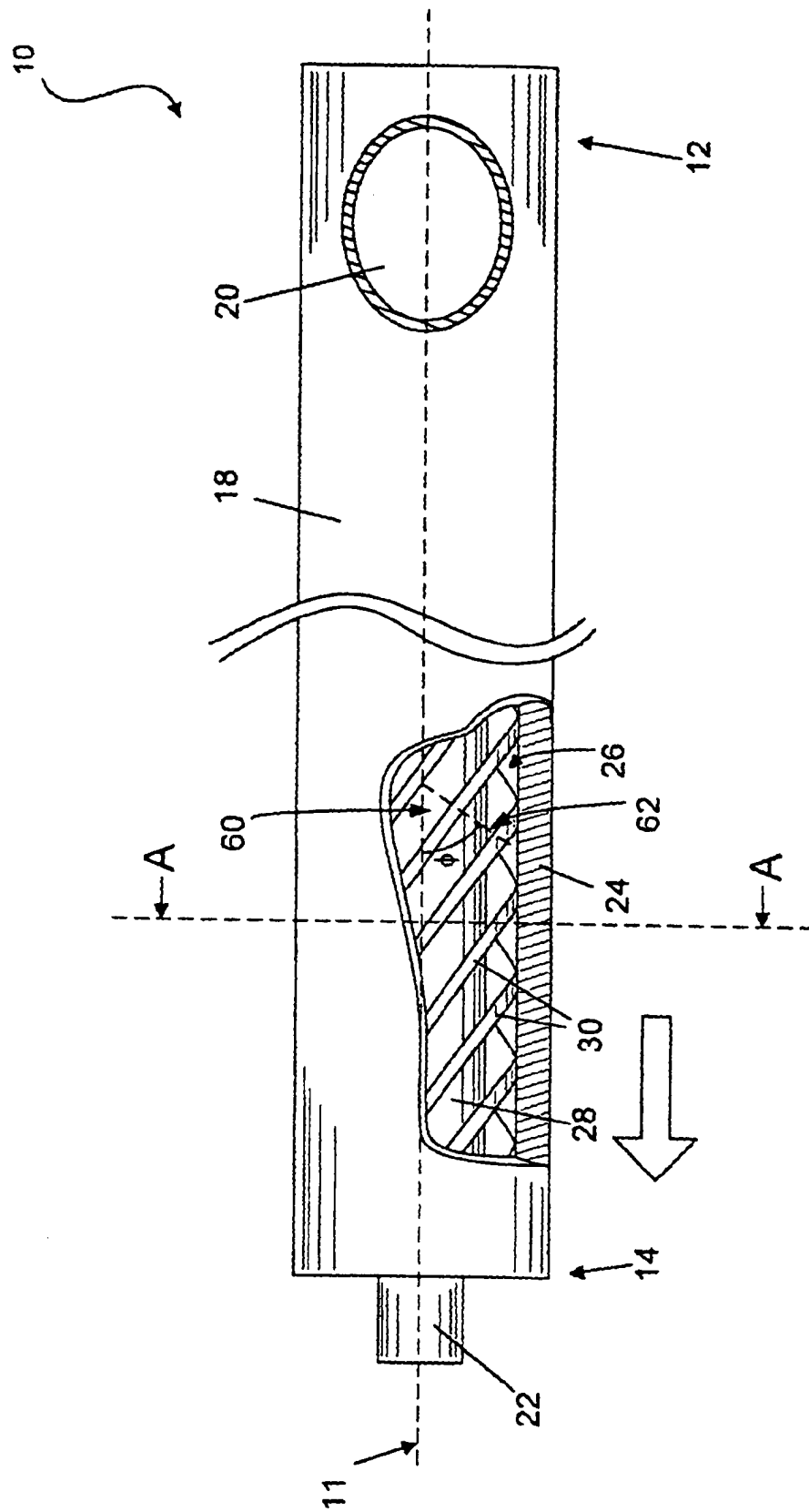


FIGURA 1

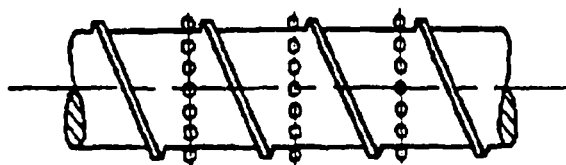


FIG. 2A

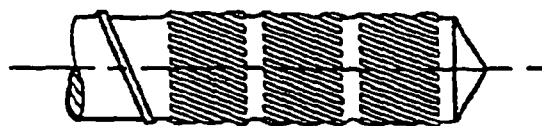


FIG. 2B



FIG. 2C

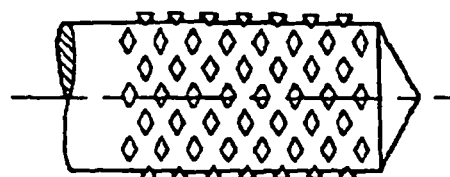


FIG. 2D

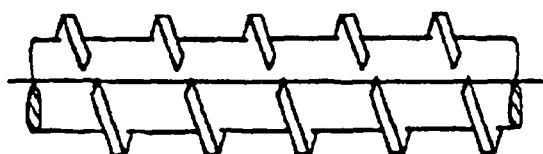


FIG. 2E

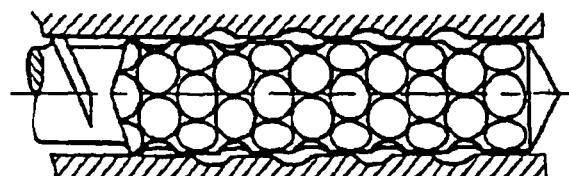


FIG. 2F

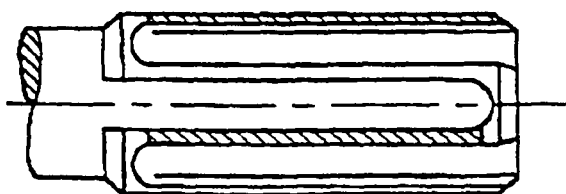


FIG. 2G

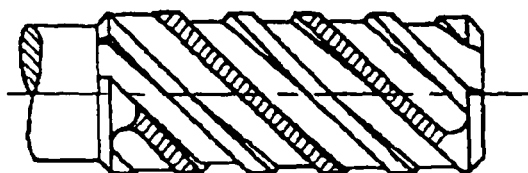


FIG. 2H

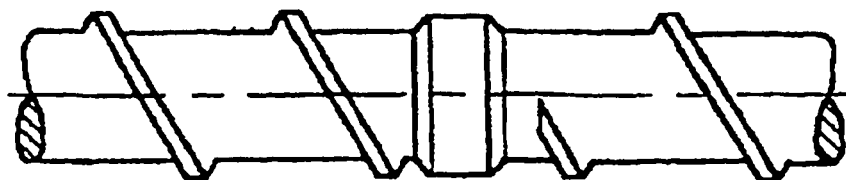


FIG. 2J

FIGURA 2 A-J Técnica anterior

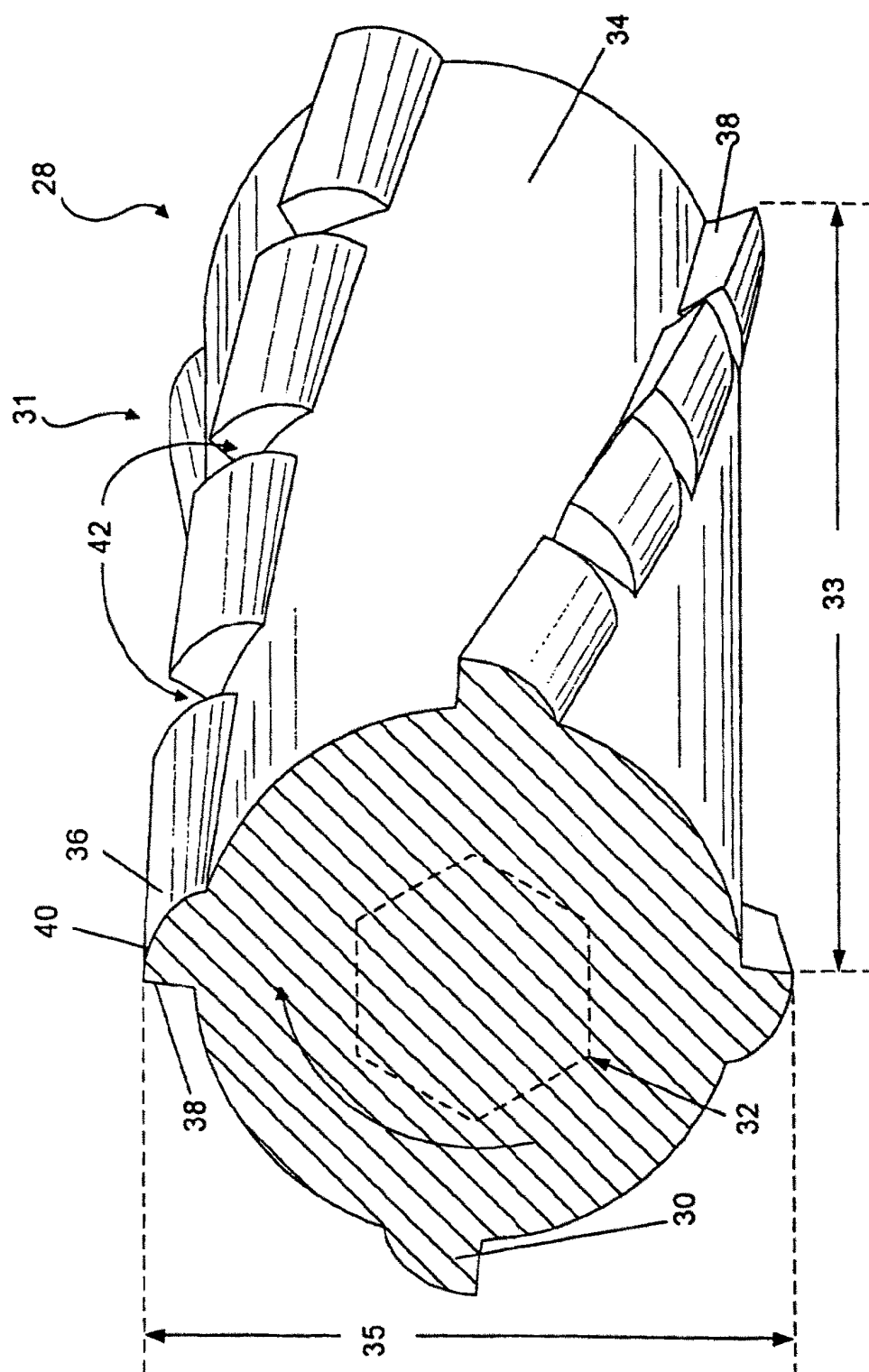


FIGURA 3

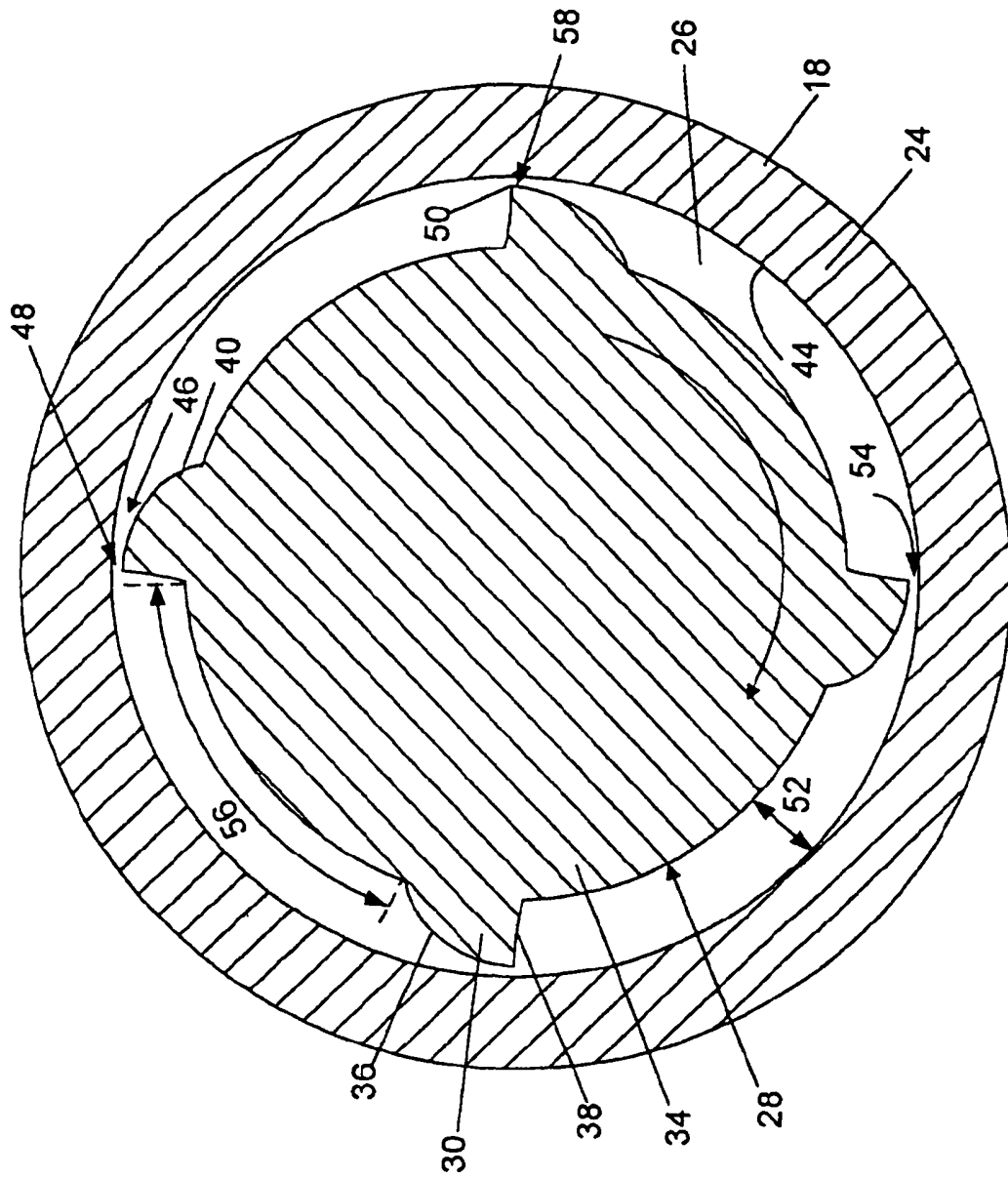


FIGURA 4

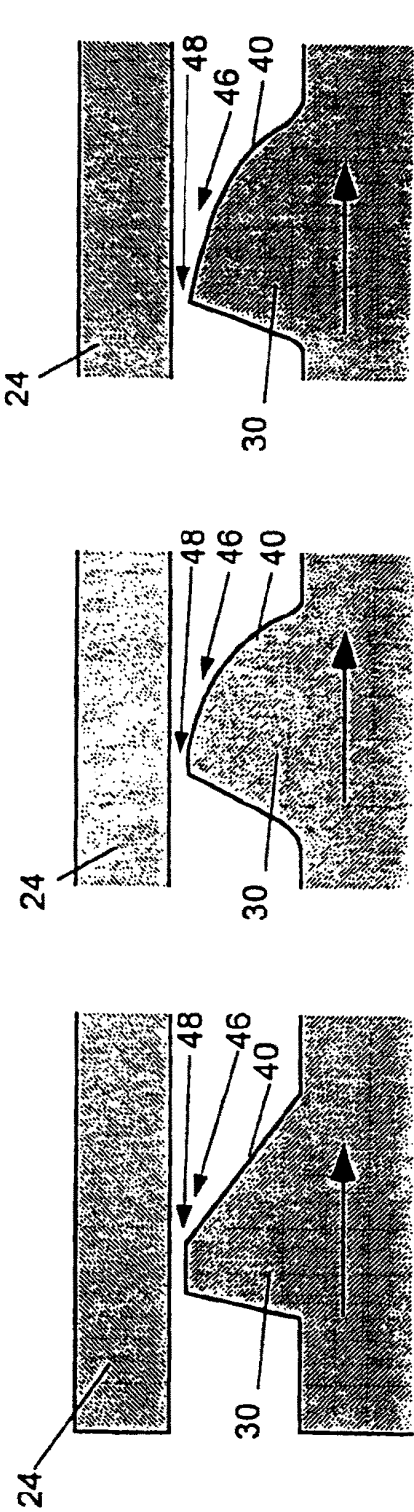


FIG. 5A

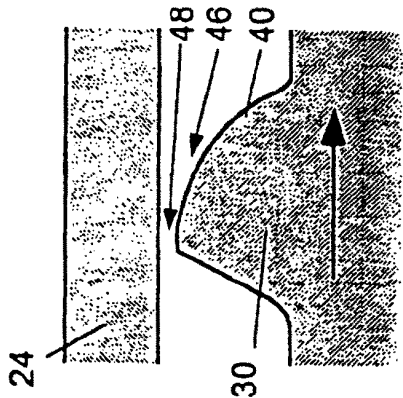


FIG. 5B

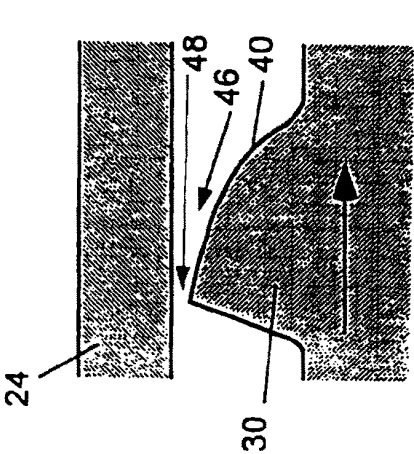


FIG. 5C

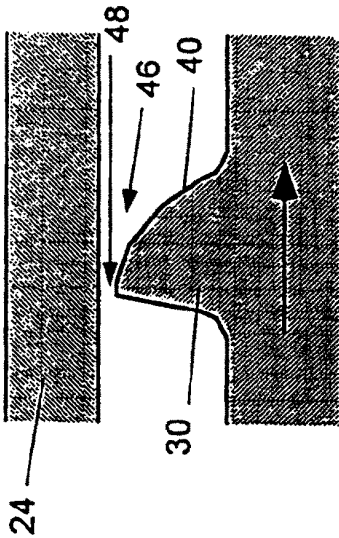


FIG. 5D

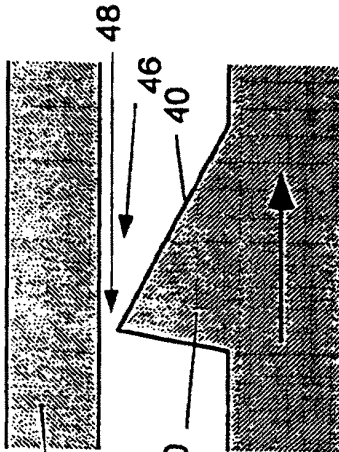


FIG. 5E

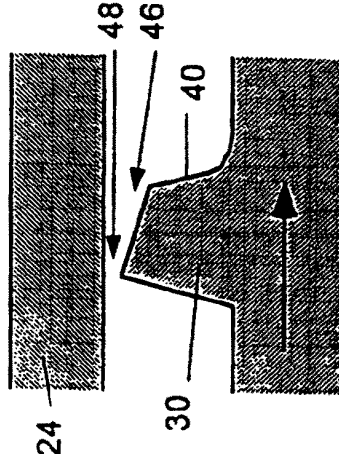


FIG. 5F

FIGURA 5 A-F

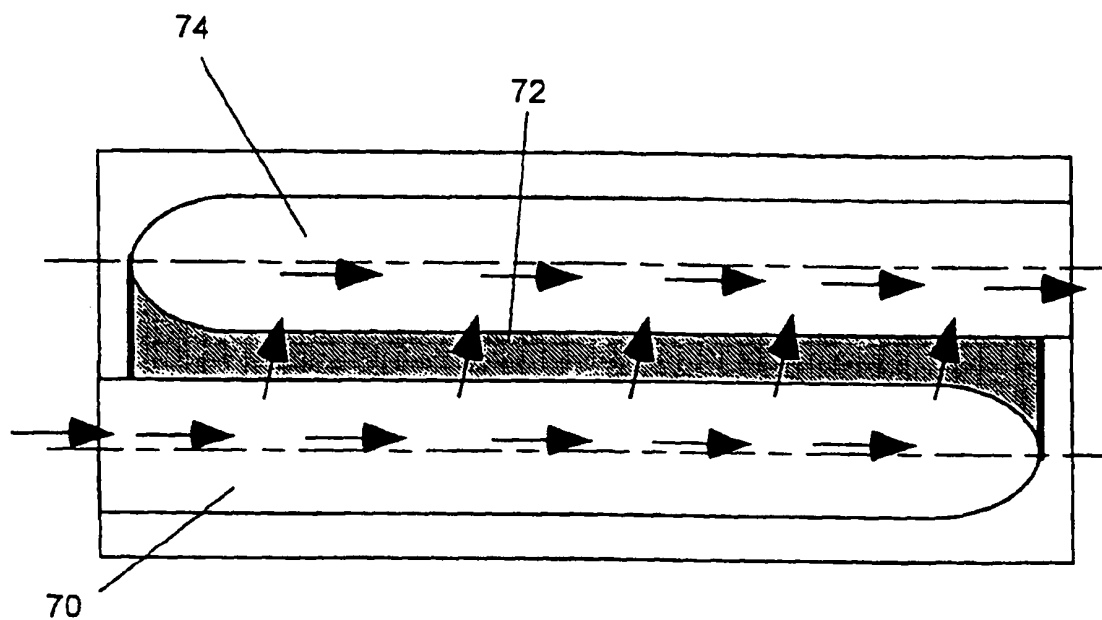


FIGURA 6 Técnica anterior

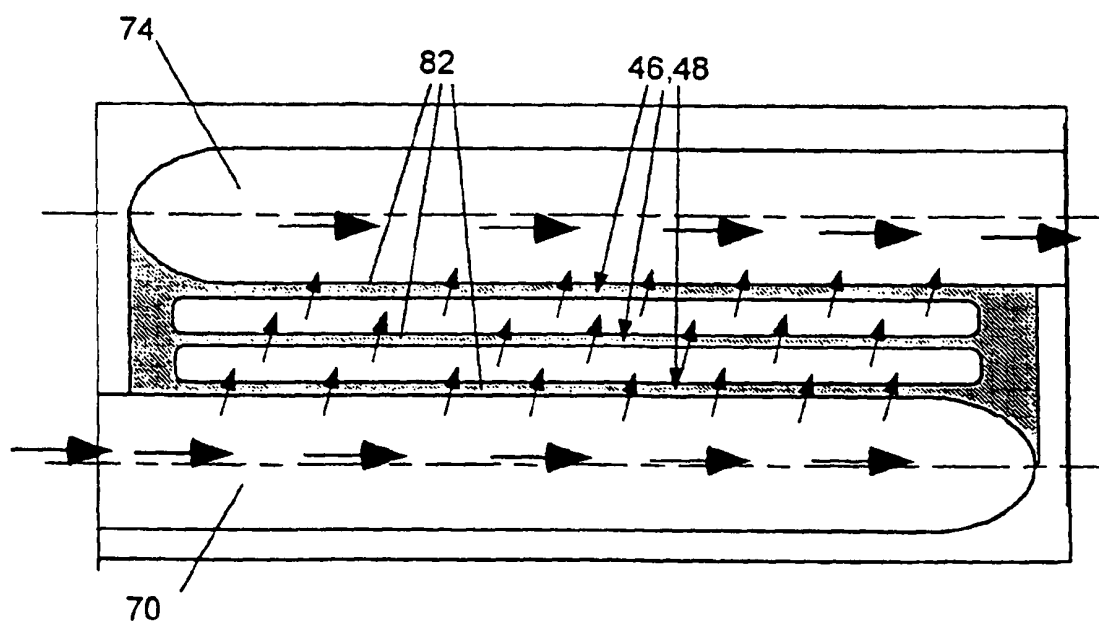


FIGURA 7

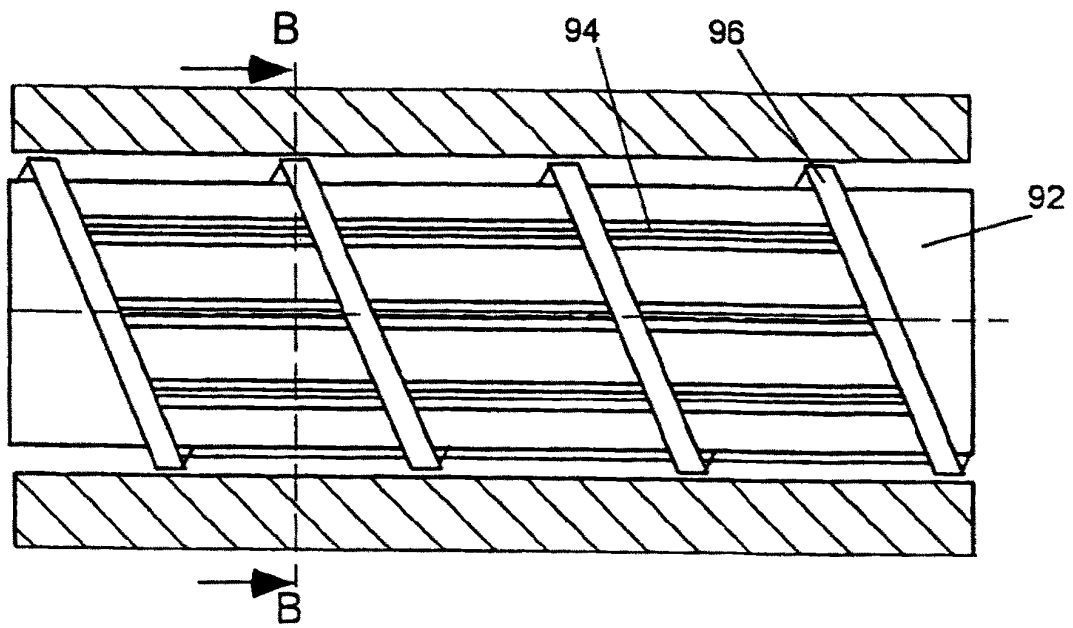


FIGURA 8

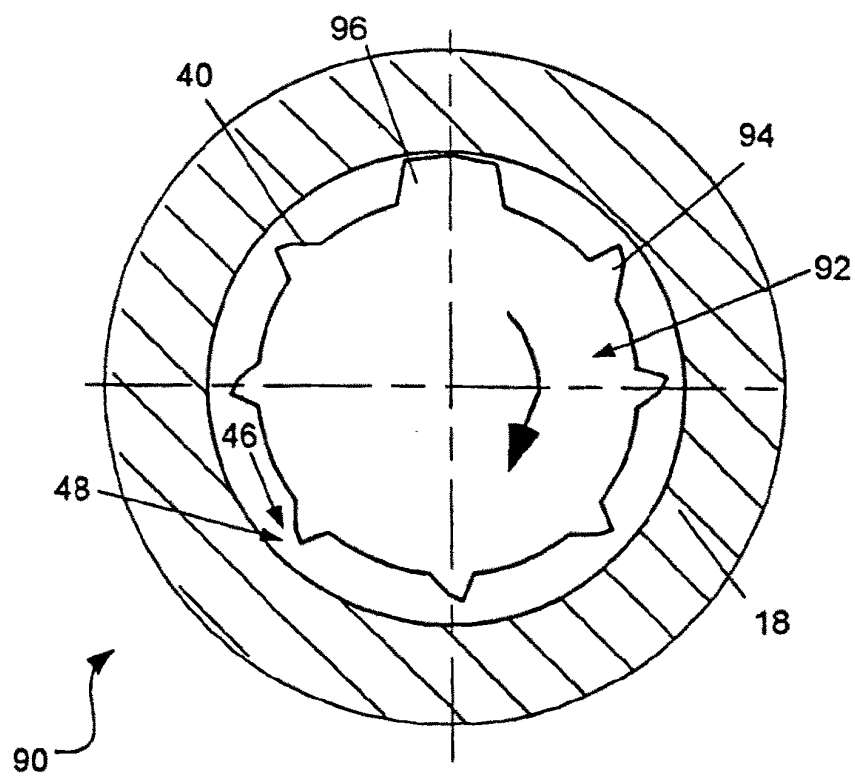


FIGURA 9

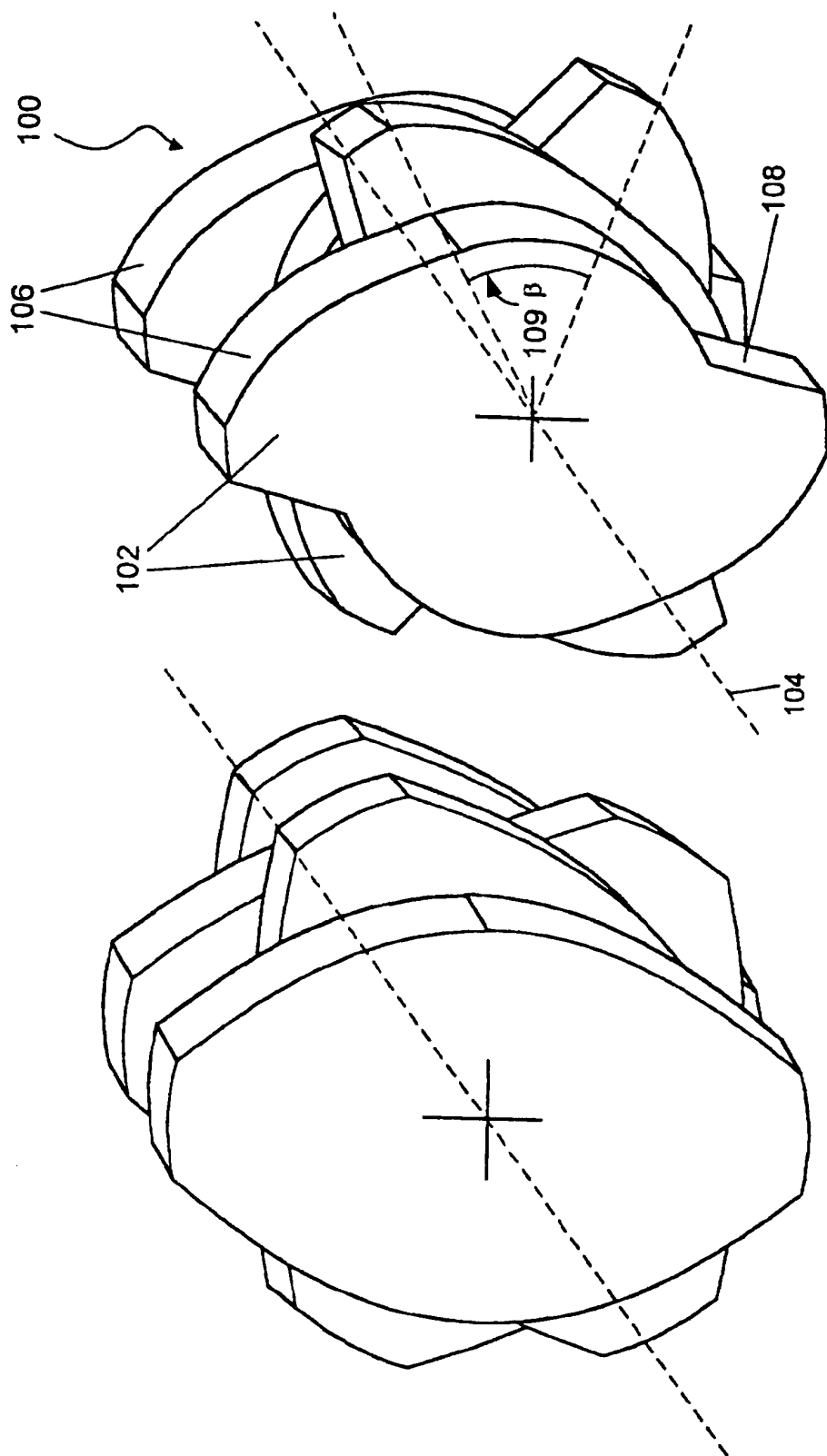
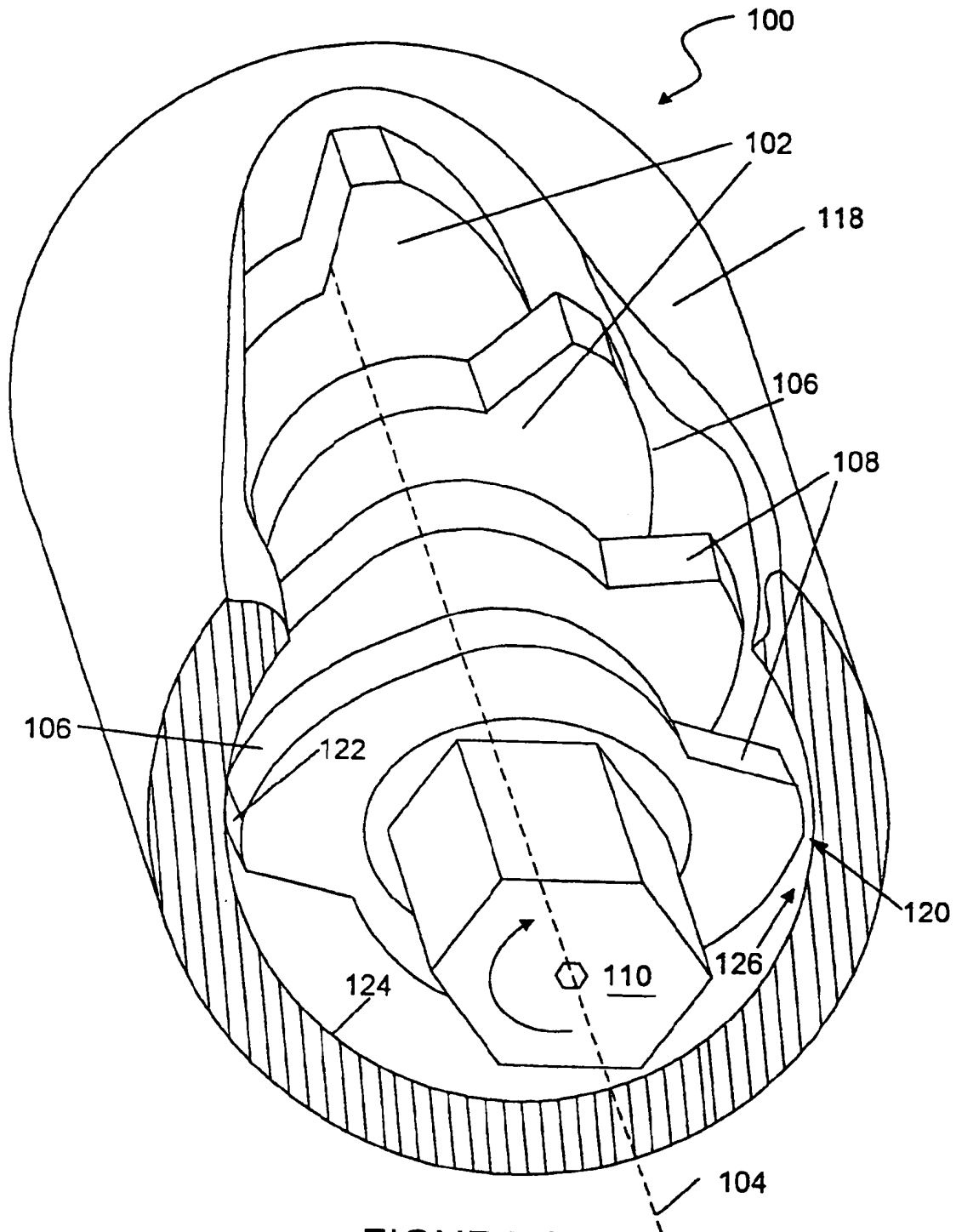


FIGURA 10 Técnica anterior

FIGURA 11



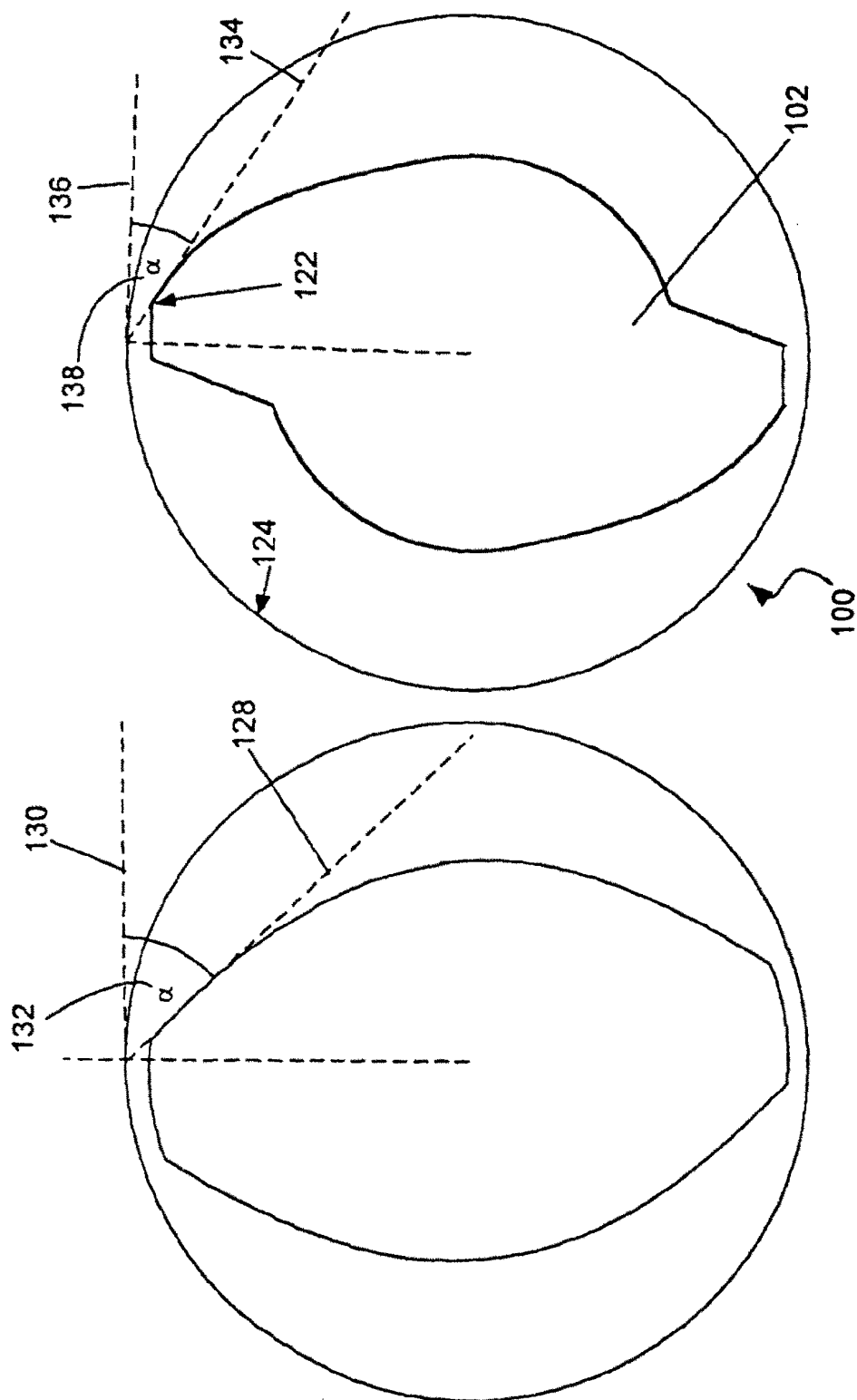


FIGURA 14

FIGURA 13 Técnica anterior

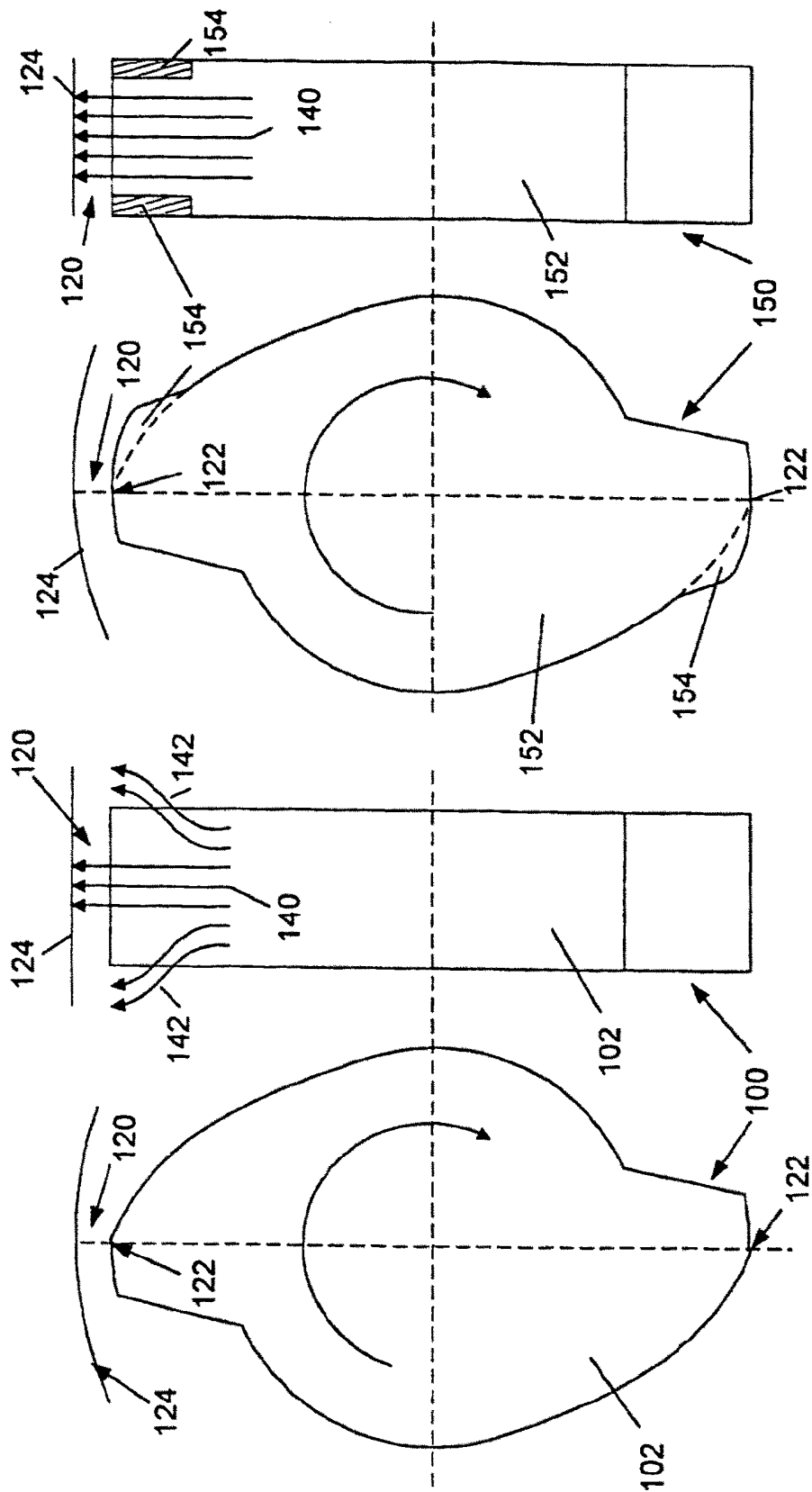


FIGURA 15A FIGURA 15B FIGURA 16A FIGURA 16B

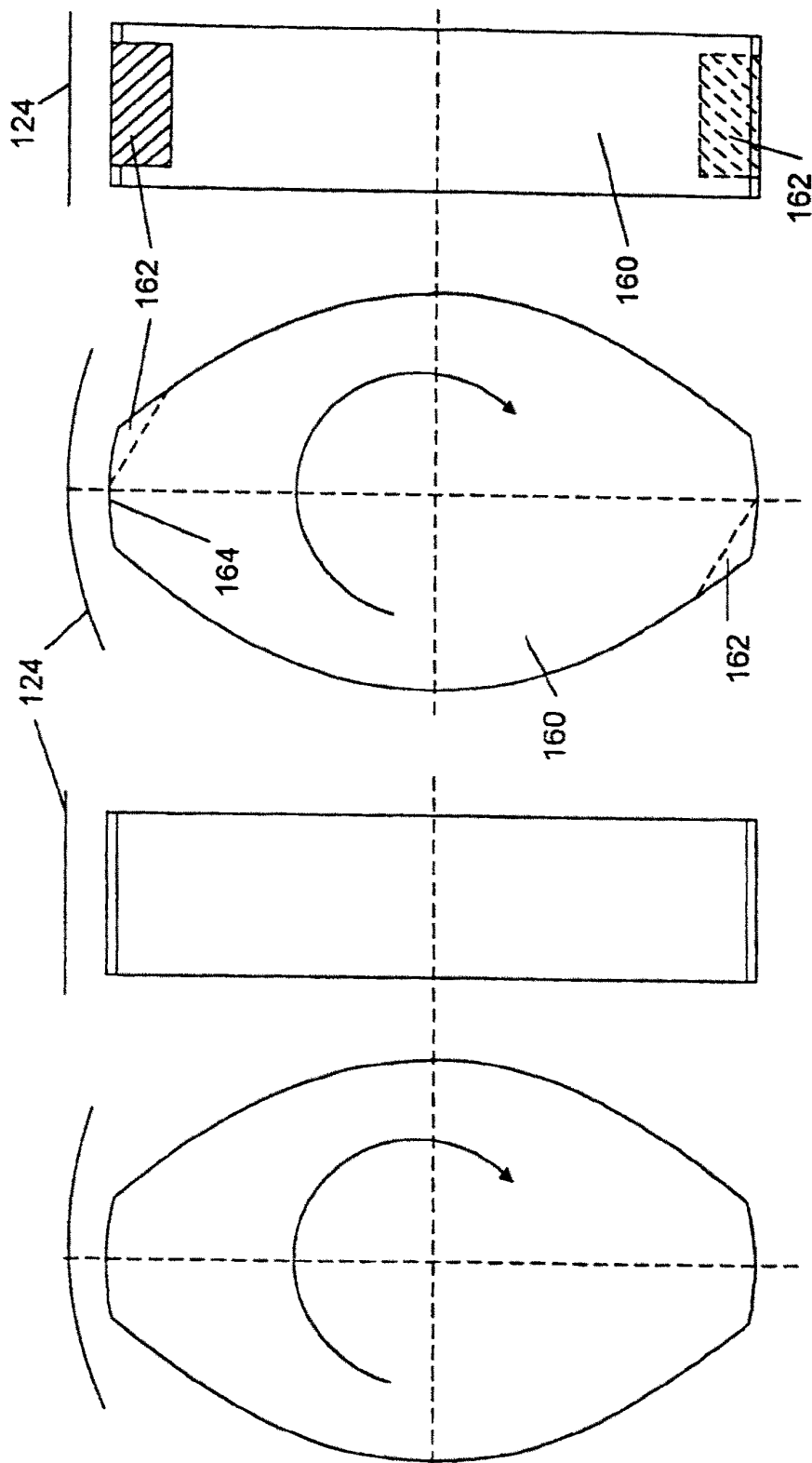


FIGURA 17A FIGURA 17B FIGURA 18A FIGURA 18B

Técnica anterior Técnica anterior

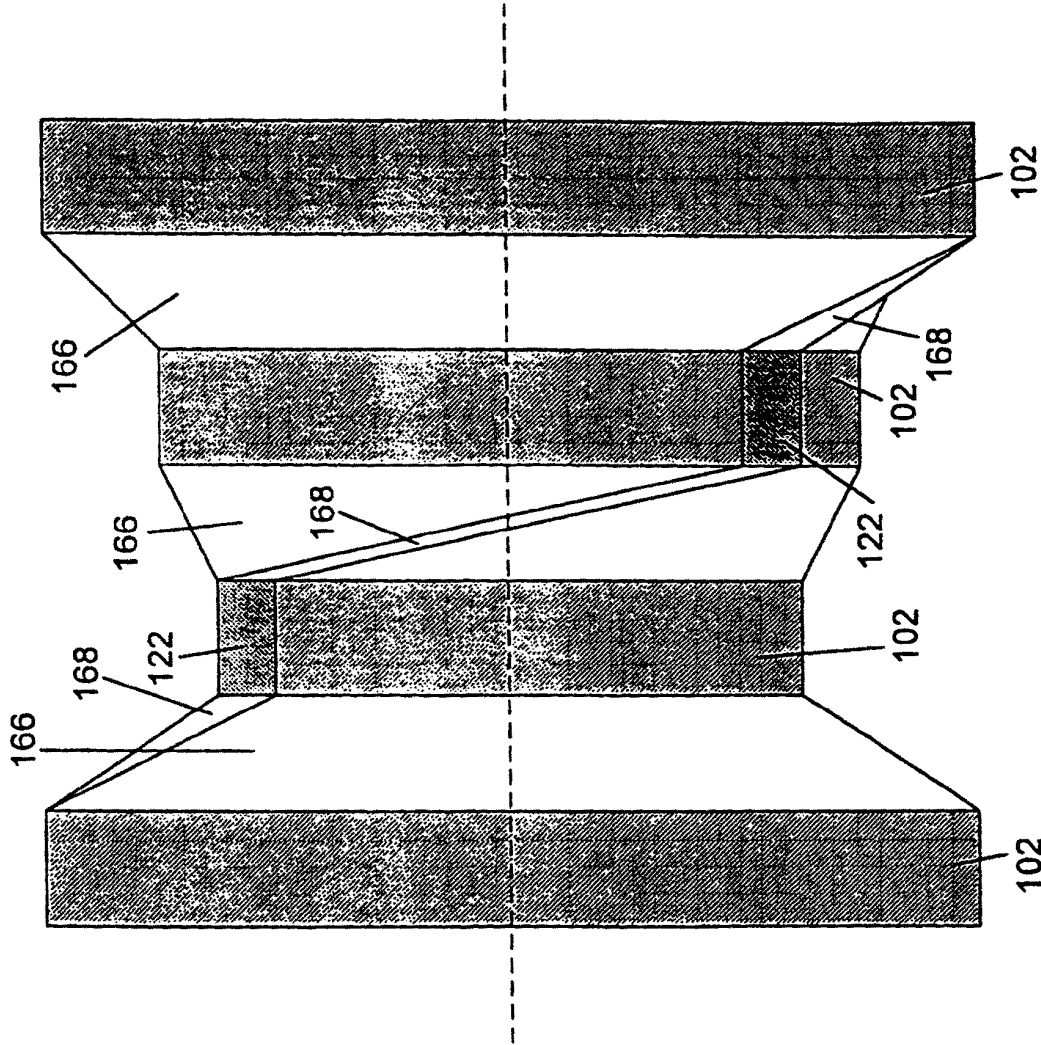


FIGURA 19