



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 294 017**

(51) Int. Cl.:

B01J 8/18 (2006.01)

C10G 11/18 (2006.01)

B01F 5/06 (2006.01)

B01J 8/00 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **01957140 .5**

(86) Fecha de presentación : **13.07.2001**

(87) Número de publicación de la solicitud: **1343580**

(87) Fecha de publicación de la solicitud: **17.09.2003**

(54) Título: **Sistema mejorado para el craqueo catalítico fluidificado de moléculas de hidrocarburos.**

(30) Prioridad: **14.07.2000 US 616448**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.04.2008

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.04.2008

(73) Titular/es:
ExxonMobil Research and Engineering Company
1545 Route 22 East, P.O. Box 900
Annandale, New Jersey 08801-0900, US

(72) Inventor/es: **Senior, Richard, Charles**

(74) Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

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 mejorado para el craqueo catalítico fluidificado de moléculas de hidrocarburos.

5 **Campo del invento**

El invento se refiere, en general, a un sistema para el craqueo de moléculas de hidrocarburos. Más particularmente, el invento proporciona un sistema de craqueo catalítico fluidificado que tiene una columna ascendente equipada con nervaduras contorneadas. Las nervaduras contorneadas mejoran el mezclado del catalizador y el material de alimentación de hidrocarburos que fluyen por la columna ascendente.

Antecedentes del invento

El método más común de craqueo catalítico actualmente en uso en la industria del refinado del petróleo es el craqueo catalítico fluidificado (FCC). El proceso del FCC se utiliza para craquear materiales de hidrocarburos tales como petróleo. El craqueo se refiere a la conversión de fracciones de petróleo con alto punto de ebullición en productos con un punto de ebullición más bajo. El proceso del craqueo se realiza, usualmente, en un conducto orientado verticalmente, o columna ascendente, que forma parte de un sistema de FCC. Típicamente, partículas de catalizador calientes en estado aireado (fluidificadas) se introducen en una parte de fondo de la columna ascendente y se las induce a fluir hacia arriba. Se inyecta un material de alimentación de hidrocarburos en la corriente de catalizador a medida que éste viaja por la columna ascendente. El material de alimentación de hidrocarburos, en general, está significativamente más frío que el catalizador y se vaporiza rápidamente al entrar en contacto con el catalizador.

Las condiciones óptimas de craqueo en un proceso de FCC requieren un mezclado sustancialmente inmediato y homogéneo del catalizador y el material de alimentación de hidrocarburos. Sin embargo, es difícil conseguir tal mezclado y en la corriente de catalizador-hidrocarburos aparecen, típicamente, regiones estratificadas de catalizador caliente y material de alimentación de hidrocarburos frío. En las áreas ricas en catalizador de la corriente se produce, típicamente, un craqueo excesivo y un craqueo térmico de las moléculas de hidrocarburos. Por el contrario, en las regiones de la corriente ricas en hidrocarburos tiene lugar, usualmente, un craqueo incompleto de las moléculas de hidrocarburos. Estos factores pueden reducir sustancialmente el rendimiento total del proceso de FCC. Además, el craqueo excesivo, el craqueo térmico y el craqueo incompleto tienen efectos secundarios indeseables tales como la desactivación del catalizador dentro de la columna ascendente debido al depósito de coque, la regeneración del catalizador dentro del regenerador debido a la combustión del aire y el coque residual, y la producción de cantidades excesivas de productos de reacción gaseosos con un margen de punto de ebullición más bajo, por ejemplo, gases de propano y butano. Por ello, los métodos eficaces para mezclar el catalizador y el material de alimentación de hidrocarburos dentro de la columna ascendente, son críticos para el proceso de craqueo.

La inyección de alimentación radial de material de alimentación de hidrocarburos es una técnica comúnmente utilizada para mejorar el mezclado de catalizador y material de alimentación de hidrocarburos en los sistemas de FCC. Esta técnica supone el empleo de toberas atomizadoras de alimentación radial posicionadas alrededor de la circunferencia de la columna ascendente. Típicamente, se dirige vapor de agua a las toberas para facilitar la atomización del material de alimentación de hidrocarburos. Las toberas de alimentación radial producen, en general, un diseño de pulverización más uniforme del material de alimentación de hidrocarburos que otras técnicas de inyección. Las toberas comunes de alimentación radial forman un chorro de pulverización plano, en forma de abanico, que diverge en un ángulo comprendido en el margen de, aproximadamente, 40 a 65 grados tras abandonar la tobera atomizadora (este ángulo se denomina "ángulo de pulverización" de la tobera). Los ángulos de pulverización superiores a, aproximadamente, 65 grados aumentan el potencial para que el chorro de pulverización erosivo incida sobre la superficie interior de la columna ascendente.

Uno de los inconvenientes de la inyección de alimentación radial reside en la presencia de espacios vacíos en el diseño de pulverización de hidrocarburos. En particular, el perfil en ángulo de los chorros de pulverización individuales produce espacios vacíos en el diseño de pulverización cerca de la superficie interior de la columna ascendente. Este fenómeno se ilustra en la Figura 8. La Figura 8 es una vista en sección transversal de una columna ascendente común 200 que tiene una superficie interior 200a. Una pluralidad de toberas atomizadoras 202 de alimentación radial, están posicionadas alrededor de la circunferencia de la superficie interior 202a. Cada una de las toberas produce un chorro de pulverización individual 204a de material de alimentación de hidrocarburos. Los chorros de pulverización 204a forman, colectivamente, un diseño de pulverización 204 dentro de la columna ascendente 200.

Como se muestra en la Figura 3, en el diseño de pulverización 204 aparecen una pluralidad de espacios vacíos 204b. Los espacios 204b son consecuencia de los perfiles en forma de abanico de los chorros 204a y de la naturaleza de flujo de tapón del catalizador cuando se desplaza ascendiendo a través de la región de pulverización de la columna ascendente 200. El área combinada de los espacios 204b puede ser tan grande como del cincuenta por ciento, o más, del área de la sección transversal de la columna ascendente 200. Además, la región sin mezclado de catalizador aguas abajo de los espacios 204b puede persistir en 7,5 m (25 pies) o más en la columna ascendente de un sistema de FCC típico.

Se han desarrollado diversas técnicas para mejorar el mezclado de catalizador y material de alimentación de hidrocarburos en los sistemas de FCC. Por ejemplo, el uso de tubos Venturi, tubos de aspiración y mezclado vortical a fin

de perturbar la corriente de catalizador cerca del punto de inyección del material de alimentación de hidrocarburos, se han descrito en las patentes norteamericanas núms. 4.523.987, 5.622.677, 4.578.183 y 5.318.691. Otras técnicas de mezclado incluyen incrementar la turbulencia que normalmente se origina dentro de la corriente de catalizador-hidrocarburos mediante el empleo de puntas de turbulencia (patente norteamericana núm. 4.753.780) y anillos de iniciación del flujo (patente norteamericana núm. 5.851.380) fijados a la superficie interior de la columna ascendente. También se han propuesto diversas otras configuraciones, incluyendo conjuntos de cono de inyección de alimentación (patente norteamericana núm. 5.554.341) y elementos mezcladores arqueados (patente europea núm. 832.956). Además, en las patentes norteamericanas núms. 5.139.748, 4.883.583 y 5.348.644 y en la patente europea núm. 911.379, se han sugerido disposiciones de inyección no estándar.

La patente europea núm. 0 960 929 describe la provisión de obstáculos anulares cerca del punto de inyección de alimentación para desviar las partículas de catalizador en la dirección del eje geométrico central.

Las técnicas de mezclado antes mencionadas no han probado ser totalmente eficaces para eliminar espacios vacíos en los diseños de pulverización, tales como los espacios 204b. Por ello existe actualmente la necesidad de un sistema de FCC que comprenda una columna ascendente con características geométricas que eliminen tales espacios consiguiendo, por tanto, un mezclado más eficaz de catalizador y material de alimentación de hidrocarburos en el interior de la columna ascendente.

Sumario del invento

Un objeto del presente invento es proporcionar un sistema de craqueo catalítico fluidificado (FCC) que mezcle efectivamente una corriente de catalizador y material de alimentación de hidrocarburos. De acuerdo con este objeto, una realización actualmente preferida del invento proporciona un sistema de FCC que comprende una columna ascendente. La columna ascendente tiene una superficie exterior y una superficie interior. La superficie interior define un paso central que se extiende sustancialmente a lo largo de un eje geométrico longitudinal de la columna ascendente. El paso central se utiliza para transportar un material de alimentación de hidrocarburos y un material catalítico.

El sistema de craqueo catalítico fluidificado comprende, además, una pluralidad de toberas atomizadoras acopladas a la columna ascendente, estando destinadas las toberas atomizadoras a inyectar el material de alimentación de hidrocarburos en una corriente del material catalítico en el paso central de forma que las toberas atomizadoras formen un diseño de pulverización del material de alimentación de hidrocarburos en el paso central. La superficie interior de la columna ascendente tiene una pluralidad de nervaduras alargadas dispuestas en ella para mezclar el material de alimentación de hidrocarburos y el material catalítico. Las nervaduras están situadas entre toberas atomizadoras adyacentes. Las nervaduras tienen una pared interior que mira hacia el paso central y un grosor definido por la distancia existente entre la pared interior y la superficie exterior de la columna ascendente. El grosor varía a lo largo de, al menos, parte de la longitud de las nervaduras.

De acuerdo con otro aspecto del invento, una realización preferida de un sistema de FCC comprende una columna ascendente que tiene una superficie exterior y una superficie interior. La superficie interior define un paso central que se extiende sustancialmente a lo largo del eje geométrico longitudinal de la columna ascendente. El sistema de FCC incluye, también, una pluralidad de toberas atomizadoras acopladas a la columna ascendente. Las toberas atomizadoras están destinadas a inyectar un material de alimentación de hidrocarburos en una corriente de material catalítico en el paso central. Las toberas atomizadoras forman, por tanto, un diseño de pulverización del material de alimentación de hidrocarburos en el paso central. El sistema de FCC comprende, además, una pluralidad de nervaduras alargadas dispuestas a lo largo de la superficie interior de la columna ascendente.

De acuerdo con otro aspecto del invento, una realización preferida de un sistema de FCC comprende una columna ascendente que tiene una superficie exterior y una superficie interior. La superficie interior define un paso central que se extiende sustancialmente a lo largo del eje geométrico longitudinal de la columna ascendente. El paso central se utiliza para transportar un material de alimentación de hidrocarburos y un material catalítico.

El sistema de FCC comprende, además, una nervadura alargada dispuesta a lo largo de la superficie interior de la columna ascendente. La nervadura se utiliza para mezclar el material de alimentación de hidrocarburos y el material catalítico. La nervadura está contorneada de forma que la distancia radial entre la nervadura y el eje geométrico longitudinal de la columna ascendente varíe a lo largo de, al menos, parte de la longitud de la nervadura.

Breve descripción de los dibujos

El resumen que antecede así como la siguiente descripción detallada de una realización actualmente preferida, se comprenden mejor leyéndolos en conjunto con los dibujos anejos. Con el fin de ilustrar el invento, los dibujos muestran una realización preferida en la actualidad. Sin embargo, el invento no se limita a los medios específicos expuestos en los dibujos. En los dibujos:

la Fig. 1 es una ilustración diagramática de un sistema de FCC de acuerdo con el presente invento;

la Fig. 2 ilustra una sección longitudinal de una columna ascendente representada en el área designada con "F2" en la Fig. 1;

la Fig. 3 ilustra una sección transversal de la columna ascendente mostrada en las Figs. 1 y 2, tomada por la línea A-A de la Fig. 2;

la Fig. 4A ilustra una sección longitudinal de una nervadura para uso en la columna ascendente representada en las Figs. 1 a 3;

la Fig. 4B es una vista frontal de la nervadura mostrada en la Fig. 4A;

la Fig. 5A ilustra una sección longitudinal de una primera realización alternativa de la columna ascendente mostrada en las Figs. 1 a 3;

la Fig. 5B ilustra una sección longitudinal de una segunda realización alternativa de la columna ascendente mostrada en las Figs. 1 a 3;

la Fig. 6 ilustra una sección longitudinal de una tercera realización alternativa de la columna ascendente mostrada en las Figs. 1 a 3;

la Fig. 7 ilustra una sección transversal de la columna ascendente mostrada en la Fig. 6, tomada por la línea B-B de la Fig. 6; y

la Fig. 8 ilustra una sección transversal de una columna ascendente de la técnica anterior.

Descripción de las realizaciones preferidas

En las Figs. 1 a 4B se representa una realización actualmente preferida del invento. Todas las figuras hacen referencia a un sistema de coordenadas común 8 mostrado en cada ilustración. El invento proporciona un sistema 10 de craqueo catalítico fluidificado (FCC). El sistema de FCC 10 incluye un reactor 12, un regenerador 14 y una columna ascendente 16 (véase la Fig. 1).

La columna ascendente 16 es un conducto alargado que comprende una pared exterior metálica 11 y un forro 13. La pared exterior 11 tiene una superficie circunferencial exterior 11a y una superficie circunferencial interior 11b. El forro 13 tiene una superficie circunferencial exterior 13a y una superficie circunferencial interior 13b. El forro 13 está dispuesto dentro de la pared exterior 11. Más particularmente, la superficie circunferencial exterior 13a del forro 13 está anclada a la superficie circunferencial interior 11b de la pared exterior 11. El forro 13 está formado, de preferencia, de un material refractario. El material refractario puede ser cualquier material que proteja en forma adecuada la pared exterior 11 contra los efectos erosivos y térmicos de la corriente que circula por el interior de la columna ascendente 16 (a describir en lo que sigue). Tales materiales refractarios son comúnmente conocidos para los expertos en la técnica del craqueo catalítico fluidificado de hidrocarburos. Otros detalles relativos al forro 13 se ofrecen más adelante.

La superficie circunferencial interior 13b del forro 13 define un paso central 17. El paso central 17 se extiende sustancialmente a lo largo del eje geométrico central longitudinal C1 de la columna ascendente 16 (véanse las Figs. 1 y 2). El paso central 17 incluye una zona de elevación 17a situada cerca del fondo de la columna ascendente 16. El paso central 17 incluye, también, una zona 17b de inyección de la alimentación, que se encuentra junto a la zona de elevación 17a, y una zona de reacción 17c que se encuentra junto a la zona 17b de inyección de la alimentación. Catalizador regenerado caliente se introduce en la zona de elevación 17a. El catalizador es encaminado hacia la zona de elevación 17a mediante un tubo vertical 18. El caudal de catalizador se controla mediante una válvula 20. ((Expresiones y términos tales como “parte superior”, “parte inferior”, “superior”, “inferior”, “encima”, “debajo”, etc., tal como aparecen en toda esta memoria y en las reivindicaciones, se utilizan con referencia a la orientación de los componentes representados en las Figs. 1 y 2. Estos términos se emplean únicamente con fines ilustrativos y no se pretende que sean limitativos.)

Un fluido gaseoso, tal como vapor de agua o un gas de hidrocarburos ligeros rico en metano, es encaminado a la zona de elevación 17a por una conducción 22. El fluido gaseoso es introducido en la zona de elevación 17a mediante un distribuidor 24 situado cerca de la parte inferior de la zona de elevación 17a. El fluido gaseoso propulsa (arrastra) a las partículas de catalizador hacia arriba por el paso central 17, es decir, el fluido gaseoso induce a fluir al catalizador principalmente en la dirección indicada mediante la flecha 45 en las Figs. 1 y 2.

El sistema de FCC 10 incluye ocho toberas atomizadoras 25. Las toberas atomizadoras 25 son toberas de alimentación radial, del tipo comúnmente conocido para los expertos en la técnica del craqueo catalítico fluidificado. Las toberas atomizadoras 25 están montadas en la columna ascendente 16. Más en particular, las toberas atomizadoras 25 están espaciadas circunferencialmente en un plano horizontal común y están montadas en la columna ascendente 16 de forma que la punta de cada tobera 25 se encuentre sustancialmente enrasada con la superficie circunferencial interior 13b del forro 13 (véanse las Figs. 2 y 3). (El número y el tipo de toberas atomizadoras 25 en la realización ilustrativa se especifican únicamente a modo de ejemplo; el invento puede utilizarse en conjunto con realizaciones que utilicen diferentes tipos y distintas cantidades de toberas atomizadoras 25. Además, las toberas atomizadoras 25 pueden estar dispuestas en dos o más planos dispuestos verticalmente.)

Las toberas atomizadoras 25 inyectan material de alimentación de hidrocarburos en la zona 17b de inyección de la alimentación. Las toberas atomizadoras 25 descargan el material de alimentación de hidrocarburos en la dirección indicada mediante la flecha 54 en la Fig. 2. Cada tobera atomizadora 25 produce un chorro 26a en forma de abanico, como se muestra en la Figura 3. Cada chorro 26a forma un ángulo de pulverización designado con el símbolo " α " en la Figura 3. En la realización ilustrativa, el ángulo α de pulverización está, preferiblemente, en el margen de, aproximadamente, cuarenta a sesenta y cinco grados. Además, las toberas 25 inyectan, preferiblemente, el material de alimentación de hidrocarburos en un ángulo comprendido en el margen de, aproximadamente, treinta a sesenta grados con la horizontal, es decir, con relación al plano x-y. Este ángulo está designado con el símbolo " γ " en la Figura 2. (Los valores específicos para los ángulos α y γ se ofrecen, sólo con fines ilustrativos; el invento puede utilizarse en conjunto con toberas atomizadoras 25 que produzcan valores de α y γ sustancialmente diferentes. Por ejemplo, también pueden utilizarse toberas 25 que produzcan diseños de pulverización con un valor de γ tan pequeño como menos sesenta (-60) grados, es decir, las toberas 25 pueden apuntarse hacia abajo con un ángulo tan grande como sesenta grados con relación a la horizontal.)

Los chorros individuales 26a forman, colectivamente, un diseño de pulverización 26 de material de alimentación de hidrocarburos dentro del paso central 17 (véase la Figura 3). El diseño de pulverización 26 es sustancialmente continuo (sobre una base de promedio de tiempo) cerca del centro del paso 17. El diseño de pulverización 26 se rompe, es decir, deja de ser continuo, cerca de la superficie circunferencial interior 13b del forro 13. Específicamente, el perfil en forma de abanico de los chorros 26a produce una serie de espacios libres 26b entre el diseño de pulverización 26 y la superficie circunferencial interior 13b, como se muestra en la Figura 3. Los espacios 26b se extienden radialmente hacia dentro desde la superficie circunferencial interior 13b, hacia el centro del paso 17. La geometría en abanico de los chorros 26a hace que los espacios 26b se estrechen progresivamente a medida que los espacios 26b se extienden hacia dentro. Cada espacio 26b se extiende hacia dentro hasta alcanzar un punto donde convergen los chorros 26a de toberas 25 adyacentes.

De acuerdo con el presente invento, hay una pluralidad de nervaduras 29 de mezclado formadas a lo largo de la superficie circunferencial interior 13b del forro 13, cerca de las toberas atomizadoras 25 (véanse las Figuras 1 a 3). El número de nervaduras 29 de mezclado es, de preferencia, igual al número de toberas atomizadoras 25. Por ello, la realización ilustrativa incluye, preferiblemente, un total de ocho nervaduras 29 de mezclado. Las nervaduras 29 favorecen el mezclado del catalizador regenerado y el material de alimentación de hidrocarburos dentro de la zona 17b de inyección de la alimentación. En lo que sigue se ofrece una descripción en profundidad de la estructura y la función de las nervaduras 29 de mezclado. (Por claridad, no se muestran varias nervaduras 29 que, de otro modo, serían visibles en la vista en sección de la Figura 2. Todas las nervaduras 29 utilizadas en la columna ascendente 16 se representan en la Figura 3.)

El mezclado del catalizador regenerado y el material de alimentación de hidrocarburos en la zona 17b de inyección de la alimentación produce un lecho fluidificado de partículas de catalizador y moléculas de hidrocarburos. El lecho fluidificado circula a la zona de reacción 17c al salir de la zona 17b de inyección de la alimentación. Las partículas catalíticas entran en contacto con las moléculas de hidrocarburos, principalmente en la zona de reacción 17c. Este contacto provoca una reacción química que craquea las moléculas de hidrocarburos. El tiempo total de permanencia de las moléculas de hidrocarburos en la columna ascendente 16 se encuentra, de preferencia, en el margen de, aproximadamente, 1,0 a 3,0 segundos. Más preferiblemente, el tiempo de permanencia está en el margen de, aproximadamente, 1,5 a 2,2 segundos. Del modo más preferible, el tiempo de permanencia está comprendido en el margen de, aproximadamente, 1,75 a 2,0 segundos. Este tiempo de permanencia proporciona a los hidrocarburos una velocidad superficial comprendida en el margen de, aproximadamente, 12 a 21 m por segundo (cuarenta a setenta pies por segundo) (la velocidad superficial representa el cociente del caudal volumétrico de las moléculas de hidrocarburos y el área de la sección transversal del paso 17).

El lecho fluidificado de catalizador y moléculas de hidrocarburos es descargado de la columna ascendente 16 al reactor 12. El reactor 12 incluye un separador balístico 30 (véase la Figura 1). El separador balístico 30 separa los efluentes gaseosos del lecho fluidificado de las partículas de catalizador impregnadas de coque, desactivadas. El reactor 12 también incluye un separador ciclónico 32 situado en la proximidad de la parte superior del reactor 12. El separador ciclónico 32 separa, además, las partículas de catalizador de los productos de hidrocarburos. Los efluentes gaseosos producidos por el proceso de separación (incluyendo las moléculas de hidrocarburos craqueadas) salen del reactor 12 por una conducción 34 situada en la parte superior del separador ciclónico 32. (Alternativamente, los efluentes gaseosos y las partículas de catalizador pueden ser separados mediante separación inercial ciclónica en la parte superior de la columna ascendente 16.)

Las partículas de catalizador separadas en la forma antes señalada caen a una parte inferior 12a del reactor 12 (la parte 12a se denomina, comúnmente, "separador de catalizador"). Un gas separador, por ejemplo vapor de agua, es introducido en la parte inferior 12a por una conducción 36 y un distribuidor 35 de gas de separación. El gas de separación separa, además, el material de hidrocarburos residual de las partículas de catalizador. Las partículas de catalizador circulan subsiguientemente al regenerador 14 por una conducción 38, como se indica mediante la flecha 39 mostrada en la Figura 1. El caudal de partículas del catalizador es controlado mediante una válvula 40 en la conducción 38.

El regenerador 14 incluye una cámara 41 de regeneración. Un gas oxidante, por ejemplo aire, es encaminado a la cámara 41 de regeneración por una conducción 46. El gas oxidante es introducido en la cámara 41 mediante un

distribuidor 44 de aire. Las partículas de catalizador impregnadas con coque, desactivadas, son introducidas simultáneamente en la cámara 41 por la conducción 38. Las partículas de catalizador y el gas oxidante forman un lecho fluidificado 42. Las partículas catalíticas son regeneradas por combustión del coque dentro del lecho fluidificado. La combustión del coque y de cualquier material de hidrocarburos arrastrado, todavía presente en o dentro de las partículas de catalizador, restaura la actividad del catalizador. Las partículas de catalizador arrastradas con los gases producto de la combustión resultantes son separadas subsiguientemente mediante un separador ciclónico 48 y devueltas al lecho fluidificado. Los gases de la combustión salen de la cámara 41 de regeneración por una conducción 50. El catalizador regenerado, que ha sido calentado por el proceso de combustión, sale de la cámara 41 de regeneración y es encaminado a la columna ascendente 16 a través del tubo vertical 18 (véase la flecha 52 en la Figura 1).

Los detalles estructurales de una realización preferida de las nervaduras mezcladoras 29 son los siguientes. Las nervaduras mezcladoras 29 se muestran de la manera más clara en las Figuras 4A y 4B. Cada nervadura 29 tiene una pared interior 29a orientada hacia el paso 17. Esta disposición se ilustra del modo más claro en la Figura 2. Las nervaduras 29 de la realización ilustrativa están orientadas de modo que el eje geométrico longitudinal C2 de cada nervadura 29 sea sustancialmente paralelo al eje geométrico C1 de la columna ascendente 16 (véase la Figura 2).

La pared interior 29a de cada nervadura 29 tiene un perfil preferido mostrado más claramente en las Figuras 2 y 4A. La pared interior 29a está contorneada de modo que haga que parte de la corriente de catalizador que circula por el paso central 17, fluya hacia dentro, hacia el eje geométrico C1. Las paredes interiores 29a le dan al paso central 17 el perfil, en sección transversal, representado en la Figura 2. Esta característica mejora el mezclado del material de alimentación de hidrocarburos y el catalizador en el paso central 17, como se explica con detalle en lo que sigue. (Nervaduras 29 diametralmente opuestas se muestran en las figuras únicamente con fines ilustrativos; también quedan dentro del alcance contemplado del invento realizaciones en las que las nervaduras 29 no estén dispuestas de esta manera.)

Otros detalles relacionados con el perfil de la pared interior 29a son como sigue. Haciendo referencia a la Figura 4A, la pared interior 29a tiene una primera parte inclinada 29c y una primera parte cóncava adyacente 29d (en la Figura 4A se han exagerado, por motivos de claridad, las diversas pendientes y los contornos de la pared interior 29a). La pared interior 29a incluye, también, una parte convexa 29e que se encuentra junto a la primera parte cóncava 29d, y una segunda parte cóncava 29f que se encuentra junto a la parte convexa 29e. La pared interior 29a incluye, además, una segunda parte inclinada 29g que se encuentra junto a la segunda parte cóncava 29f. (Los términos “cóncava” y “convexa”, cuando aparecen en este contexto en toda la memoria y en las reivindicaciones, se utilizan haciendo referencia a la superficie circunferencial exterior 13a del forro 13.)

La primera parte inclinada 29c tiene una sección longitudinal sustancialmente recta, como se muestra de la manera más clara en la Figura 4A. La sección longitudinal de la parte 29c forma ángulo oblicuo con relación a la superficie circunferencial exterior 13a del forro 13. Este ángulo está designado con el símbolo “ β ” en la Figura 4A. La orientación en ángulo de la parte inclinada 29c hace que la pared interior 29a se extienda hacia dentro, hacia el eje geométrico C1, en relación con la corriente de catalizador que entra en el paso central 17.

La parte cóncava 29d hace que la pared interior 29a se extienda más hacia dentro con relación a la corriente de catalizador que entra. Más específicamente, el perfil curvilíneo de la parte cóncava 29d aumenta gradualmente el régimen con que la parte 29d se extiende hacia dentro a lo largo de la dirección de flujo.

El perfil convexo de la parte convexa 29e hace que el régimen con el que la pared interior 29a se extiende hacia dentro disminuya gradualmente en la dirección de flujo del catalizador. Además, el perfil convexo de la parte 29e hace que la parte 29e empiece separándose del eje geométrico C1 a medida que la parte convexa 29e continúa extendiéndose en la dirección de flujo (véase la Figura 4A).

La segunda parte inclinada 29g tiene una sección longitudinal sustancialmente recta (véase la Figura 4A). La sección longitudinal de la parte 29g forma ángulo oblicuo con relación a la superficie circunferencial exterior 13a del forro 13. Este ángulo está designado con el símbolo “ σ ” en la Figura 4A. Los perfiles de la segunda parte inclinada 29g y de la segunda parte cóncava 29f hacen que la pared interior 29a continúe separándose del eje geométrico C1 en relación con el flujo entrante. La segunda parte cóncava 29f tiene, de preferencia, un radio (o radios) de curvatura mayores que el o los radios de curvatura de la primera parte cóncava 29d, como se muestra de la manera más clara en la Figura 4A. Esta característica hace que la distancia entre la segunda parte cóncava 29f y la superficie circunferencial exterior 13a del forro 13 cambien con un régimen más gradual que la distancia entre la primera parte cóncava 29d y la superficie circunferencial exterior 13a. La importancia de esta característica se explica más adelante.

La pared interior 29a tiene, preferiblemente, una sección transversal sustancialmente arqueada, como se muestra en la Figura 3. La importancia funcional de esta característica se expone en lo que sigue. De preferencia, las nervaduras 29 están posicionadas de modo que parte de cada nervadura 29 esté dispuesta entre toberas atomizadoras 25 adyacentes (véanse las Figuras 2 y 3). Del modo más preferible, cada nervadura 29 está posicionada de forma que la primera parte cóncava 29d de la nervadura 29 esté situada cerca del punto en que las toberas atomizadoras 25 adyacentes descargan en el paso central 17. La importancia funcional de esta característica se describe más adelante.

Las características funcionales de las nervaduras mezcladoras 29 son como sigue. Las nervaduras mezcladoras 29 dirigen la corriente de catalizador hacia dentro del paso central 17. Esta acción mejora el mezclado entre el catalizador

y el material de alimentación de hidrocarburos, como se ha hecho notar previamente. Más en particular, las nervaduras 29 dirigen la corriente de catalizador separándola de los espacios 26b del diseño de pulverización y hacia el interior del diseño de pulverización 26. Por tanto, las nervaduras 29 hacen que sustancialmente la totalidad de la corriente de catalizador sea puesta en contacto con el material de alimentación de hidrocarburos en la zona 17b de inyección de la alimentación del paso central 17.

Las nervaduras 29 lleva a cabo la antes citada función de mezclado como resultado de la geometría de las paredes interiores 29a de las nervaduras y de las posiciones relativas de las nervaduras 29 y las toberas atomizadoras 25. Específicamente, las nervaduras 29 están situadas entre toberas atomizadoras 25 adyacentes, como se ha descrito previamente. Por tanto, las nervaduras 29 están alineadas radialmente con los espacios 26b del diseño de pulverización de hidrocarburos (véase la Figura 3). El perfil contorneado de las nervaduras 29 fuerza así al catalizador que está en los espacios 26b hacia dentro, hacia el diseño de pulverización 26, a medida que el catalizador fluye por la zona 17b de inyección de la alimentación. Dicho de otro modo, las paredes interiores 29a de las nervaduras le comunican una velocidad radial a la corriente de catalizador situada dentro de los espacios 26b del diseño de pulverización. La componente de velocidad radial empuja al catalizador al interior del diseño 26 de pulverización de hidrocarburos. Esta acción provoca un mezclado forzado del catalizador y el material de alimentación de hidrocarburos dentro de la zona 17a de inyección de la alimentación. Además, las nervaduras 29 están posicionadas verticalmente, de modo que la corriente de catalizador procedente de los espacios 26b sea dirigida hacia el material de alimentación de hidrocarburos, aproximadamente en el punto en que los chorros 26a han alcanzado su total desarrollo. Esta característica mejora aún más el mezclado de las corrientes de catalizador y de hidrocarburos.

Además la prolongación hacia dentro de las partes 29c, 29d y 29e de la pared interior 29a, hace que disminuya el área de la sección transversal del paso central 17. Esta disminución provoca un incremento correspondiente de la velocidad de la corriente en la zona 17b de inyección de la alimentación. El aumento de velocidad mejora además el mezclado del catalizador y del material de alimentación de hidrocarburos. Específicamente, el aumento de velocidad incrementa el nivel de turbulencia de la corriente de catalizador-hidrocarburos y, por tanto, mejora el mezclado en el interior de la corriente. Además, el área de sección transversal reducida del paso 17 hace disminuir la distancia horizontal (ejes x e y) que debe recorrer el material de alimentación de hidrocarburos con el fin de mezclarse radialmente con el catalizador.

El perfil geométrico de la pared interior 29a de las nervaduras inhibe la separación de la corriente de la pared interior 29a. En particular, la presencia de las partes inclinadas 29c y 29g y y el estrechamiento relativamente somero de la parte cóncava 29f reduce la tendencia de la corriente a separarse de la pared interior 29a. (La separación de la corriente tiene el efecto, indeseable, de incrementar la caída de presión de la corriente en el paso 17; la separación de la corriente también aumenta la erosión de las paredes interiores 29a de las nervaduras 29.)

El perfil de la sección transversal de las nervaduras 29 inhibe, además, la erosión de las paredes interiores 29a de las nervaduras 29. En particular, las paredes interiores 29a de las nervaduras están configuradas con el fin de impedir que los chorros 26a incidan directamente sobre las nervaduras 29. Esta característica se muestra de la manera más clara, en la Figura 3. Como resulta evidente a partir de la figura, la sección transversal sustancialmente arqueada de la pared interior 29a hace que las paredes interiores 29a se mantengan dentro de los espacios libres 26b del diseño de pulverización. De este modo, se evitan los efectos erosivos causados por una incidencia directa de los chorros 26a sobre las paredes 29a de las nervaduras.

El presente invento ofrece numerosas ventajas en relación con los sistemas comunes de FCC. Por ejemplo, el mezclado mejorado conseguido por las nervaduras 29 mejora de manera sustancial el rendimiento total del proceso de FCC. En particular, el contacto mejorado del catalizador y el material de alimentación de hidrocarburos alivia el craqueo excesivo y el craqueo térmico que ocurren, típicamente, en las zonas ricas en catalizador de la corriente de catalizador-hidrocarburos. Además, el contacto mejorado alivia la vaporización incompleta del material de alimentación de hidrocarburos que es característica de las regiones de la corriente ricas en hidrocarburos. Además, los efectos secundarios indeseables de un mezclado incompleto, por ejemplo la desactivación del catalizador en la columna ascendente 16 debido al depósito de coque, la regeneración del catalizador dentro del regenerador 14 debida a la combustión del aire y el coque residual, y la producción de cantidades excesivas de productos de la reacción gaseosos con un margen más bajo del punto de ebullición, resultan sustancialmente reducidos merced al uso de las nervaduras mezcladoras 29.

El invento consigue las ventajas antes mencionadas sin incrementar de forma sustancial el coste ni la complejidad totales del sistema 10 de FCC. Por ejemplo, las nervaduras mezcladoras 29 carecen de partes móviles y pueden añadirse en sistemas de FCC existentes con un coste relativamente modesto. Además, las nervaduras mezcladoras 29 funcionan sin utilizar ningún equipo de soporte, por ejemplo, sistemas de aire comprimido o hidráulicos. Asimismo, el uso de las nervaduras 29 no requiere inversiones sustanciales, ni económicas ni de mano de obra, después de que se han instalado las nervaduras 29 en la columna ascendente 16. Además, las nervaduras 29 generan pérdidas de presión mínimas en la corriente de catalizador-hidrocarburos y están sometidas a una erosión mínima debido a las características, antes descritas, de la pared interior 29a.

Ha de comprenderse que, aún cuando en la descripción que antecede se han establecido numerosas características y ventajas del presente invento, junto con detalles de la estructura y de la función del invento, la exposición es únicamente ilustrativa y que, dentro de los principios del invento, en toda la extensión indicada por el amplio significado general de

los términos en que están redactadas las adjuntas reivindicaciones, pueden realizarse cambios de detalle, especialmente en cuestiones de forma, dimensiones y disposición de las partes.

Por ejemplo, se ha descrito con detalle, con fines ilustrativos, una realización preferida de las nervaduras 29. Numerosas variantes de la configuración geométrica de las nervaduras 29 y, particularmente, de la forma de las paredes interiores 29a, caen dentro del alcance contemplado del presente invento. Además, la columna ascendente 16 del sistema 10 de FCC ilustrativo es sustancialmente recta, es decir, la totalidad, en esencia, de la columna ascendente 16 está orientada verticalmente. Los sistemas de FCC contemplados dentro del alcance del invento pueden comprender columnas ascendentes con partes que no estén orientadas verticalmente (las nervaduras 29 estarían situadas, de preferencia, en una parte inferior, orientada verticalmente, de tales columnas ascendentes). Asimismo, las nervaduras 29 pueden formarse por separado del forro 13, es decir, las nervaduras 29 no tienen que estar formadas, necesariamente, como parte integrante del forro 13, como en la realización ilustrativa.

La Figura 5A ilustra otra variante posible dentro del alcance contemplado para el invento. La Figura 5A muestra una columna ascendente 100. La columna ascendente 100 define un paso central 101. Una pluralidad de nervaduras mezcladoras 102a están dispuestas en una superficie interior 100a de la columna ascendente 100. Las nervaduras mezcladoras 102a están posicionadas de forma que el eje geométrico longitudinal C3 de cada nervadura 102a esté orientado formando un ángulo oblicuo τ con relación al eje geométrico longitudinal C4 de la columna ascendente 100 (la columna ascendente 100, el paso central 101 y las nervaduras mezcladoras 102a son, por lo demás, sustancialmente idénticas a la columna ascendente 1, el paso central 17 y las nervaduras mezcladoras 29, respectivamente).

La orientación en ángulo de las nervaduras 102 induce un movimiento de torbellino en la corriente dentro del paso central 101. Este movimiento de torbellino aumenta potencialmente la cantidad de la corriente de catalizador que es empujada hacia dentro, hacia el centro del paso 101. En particular, el movimiento de torbellino tiende a inducir al catalizador no mezclado a separarse de la superficie interior 100a y a desplazarse hacia el centro, rico en hidrocarburos, del paso 101. Alternativamente, pueden utilizarse nervaduras 102b en lugar de las nervaduras 102a, como se muestra en la Figura 5B. Las nervaduras 102b forman ángulo con relación al eje geométrico longitudinal C4 de la columna ascendente 100, sólo en sus extremos superiores. Dicho de otro modo, las partes inferiores de las nervaduras 102b se extienden sustancialmente paralelas al eje geométrico longitudinal C4, mientras que las partes superiores de las nervaduras 102b se extienden formando el ángulo oblicuo τ en relación con el eje C4.

Las Figuras 6 y 7 ilustran otra variante dentro del alcance contemplado para el invento. Las Figuras 6 y 7 muestran una columna ascendente 110. La columna ascendente 110 define un paso central 111. Catalizador regenerado entra en el paso central 111 por medio de una conducción 114, como se indica mediante la flecha 116. La columna ascendente 110 incluye una pluralidad de toberas atomizadoras 112 de alimentación axial posicionadas dentro del paso central 111. Una pluralidad de nervaduras mezcladoras 113 están dispuestas en una superficie interior 110a de la columna ascendente 110 (la columna ascendente 110 y el paso central 111 son, por lo demás, sustancialmente idénticos a la columna ascendente 16 y el paso central 17, respectivamente, de la realización ilustrativa). Las toberas de alimentación axial tales como las toberas 112 se montan, comúnmente, en bases en forma de triángulo de la columna ascendente (no mostradas). Las toberas 112 y las correspondientes bases están posicionadas totalmente dentro del paso central 111.

La disposición de montaje señalada para las toberas 112 inhibe el mezclado completo del catalizador y el material de alimentación de hidrocarburos en el paso central 111. En particular, la corriente de catalizador sobre las toberas 112 y las correspondientes bases de tobera no favorece el mezclado de catalizador-hidrocarburos directamente aguas abajo de las toberas 112. Esta desventaja puede reducirse mediante el uso de las nervaduras mezcladoras 113. Específicamente, las nervaduras mezcladoras 113 pueden utilizarse para forzar a una parte de la corriente de catalizador a las áreas situadas directamente aguas abajo de las toberas 112.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de craqueo catalítico fluidificado, que comprende una columna ascendente que tiene una superficie exterior y una superficie interior, definiendo la superficie interior un paso central que se extiende sustancialmente a lo largo del eje geométrico longitudinal de la columna ascendente para transportar un material de alimentación de hidrocarburos y un material catalítico,

comprendiendo además el sistema de craqueo catalítico fluidificado una pluralidad de toberas atomizadoras acopladas a la columna ascendente, estando destinadas las toberas atomizadoras a inyectar el material de alimentación de hidrocarburos en una corriente del material catalítico en el paso central de manera que las toberas atomizadoras formen un diseño de pulverización del material de alimentación de hidrocarburos en el paso central,

teniendo la superficie interior de la columna ascendente una pluralidad de nervaduras alargadas dispuestas en ella para mezclar el material de alimentación de hidrocarburos y el material catalítico, estando situadas las nervaduras entre toberas atomizadoras adyacentes,

teniendo las nervaduras una pared interior orientada hacia el paso central y teniendo un grosor definido por la distancia existente entre la pared interior y la superficie exterior de la columna ascendente, variando el grosor a lo largo de, al menos, parte de la longitud de las nervaduras.

2. El sistema de craqueo catalítico fluidificado de la reivindicación 1, en el que cada una de las nervaduras alargadas incluye una pared interior que mira hacia el paso central, estando una primera parte de la pared interior curvada hacia dentro, hacia el eje geométrico longitudinal de la columna ascendente de modo que parte de la corriente de material catalítico sea dirigida hacia el eje geométrico longitudinal.

3. El sistema de craqueo catalítico fluidificado de la reivindicación 2, en el que una segunda parte de la pared interior de las nervaduras está curvada hacia fuera, separándose del eje geométrico longitudinal de la columna ascendente.

4. El sistema de craqueo catalítico fluidificado de la reivindicación 1, en el que la pared interior de las nervaduras forma parte de la superficie interior de la columna ascendente.

5. El sistema de craqueo catalítico fluidificado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones previas, en el que al menos parte de cada nervadura está situada dentro de un espacio libre del diseño de pulverización.

6. El sistema de craqueo catalítico fluidificado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones previas, en el que el grosor de una primera parte de las nervaduras aumenta en la dirección de circulación dentro del paso central.

7. El sistema de craqueo catalítico fluidificado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones previas, en el que el grosor de una segunda parte de las nervaduras disminuye en la dirección de circulación dentro del paso central.

8. El sistema de craqueo catalítico fluidificado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones previas, en el que la primera parte de la pared interior de las nervaduras está situada aguas arriba de la segunda parte.

9. El sistema de craqueo catalítico fluidificado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones previas, en el que el eje geométrico longitudinal de cada nervadura es sustancialmente paralelo al eje geométrico longitudinal de la columna ascendente.

10. El sistema de craqueo catalítico fluidificado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que al menos parte del eje geométrico longitudinal de cada nervadura es oblicuo con respecto al eje geométrico longitudinal de la columna ascendente.

11. El sistema de craqueo catalítico fluidificado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que una sección transversal de la pared interior de las nervaduras tiene un perfil de forma sustancialmente arqueada.

12. El sistema de craqueo catalítico fluidificado de la reivindicación 8, en el que la primera parte de las nervaduras es adyacente a la segunda parte.

13. El sistema de craqueo catalítico fluidificado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-12, en el que las toberas atomizadoras son toberas de alimentación radial o toberas de alimentación axial.

14. El sistema de craqueo catalítico fluidificado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones previas, en el que la pared interior de las nervaduras incluye una primera parte inclinada, una primera parte cóncava adyacente a la primera parte inclinada y una parte convexa adyacente a la primera parte cóncava.

ES 2 294 017 T3

15. El sistema de craqueo catalítico fluidificado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones previas, en el que la pared interior de las nervaduras incluye una segunda parte cóncava adyacente a la parte convexa, y una segunda parte inclinada adyacente a la segunda parte cóncava.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

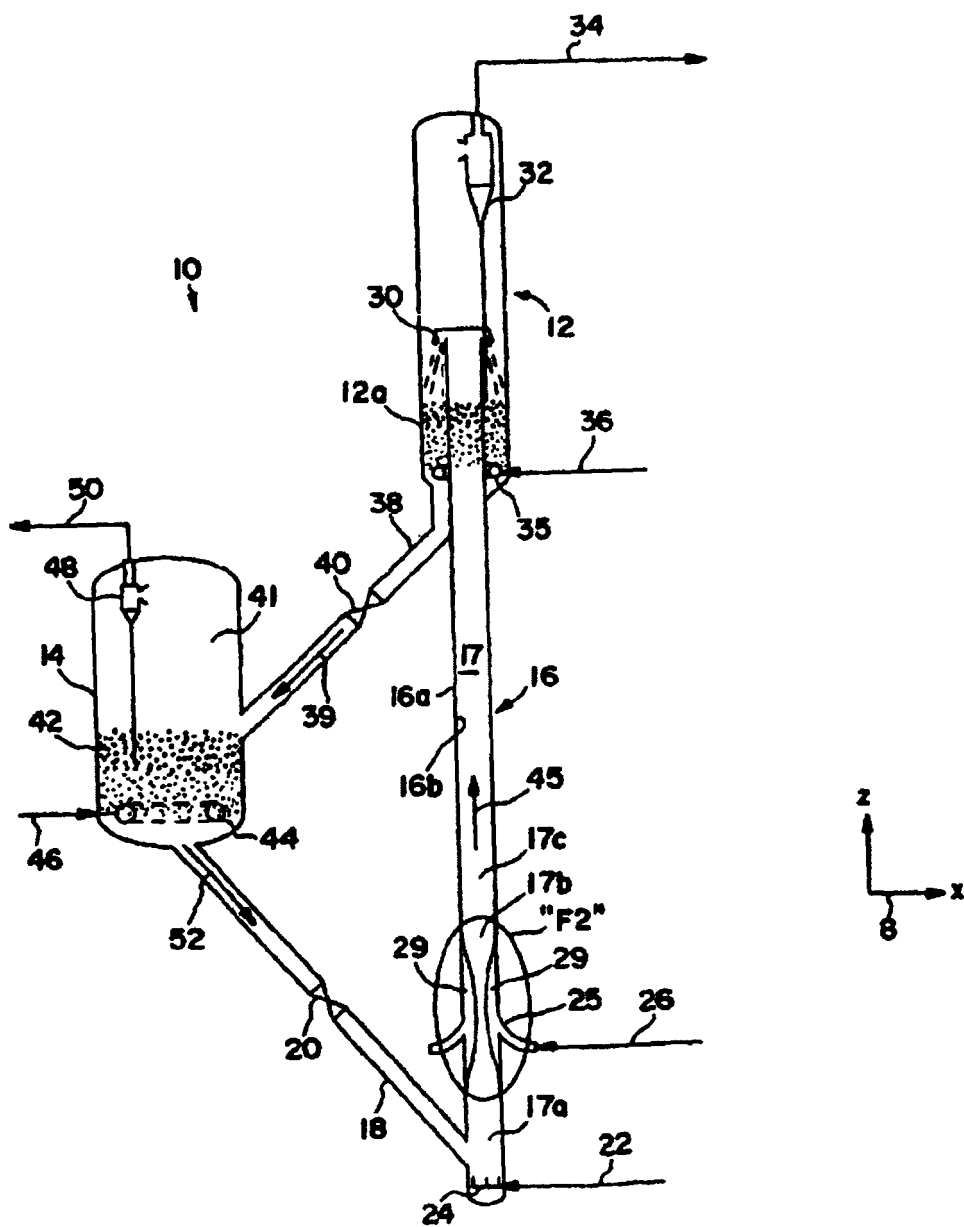


FIG. 1

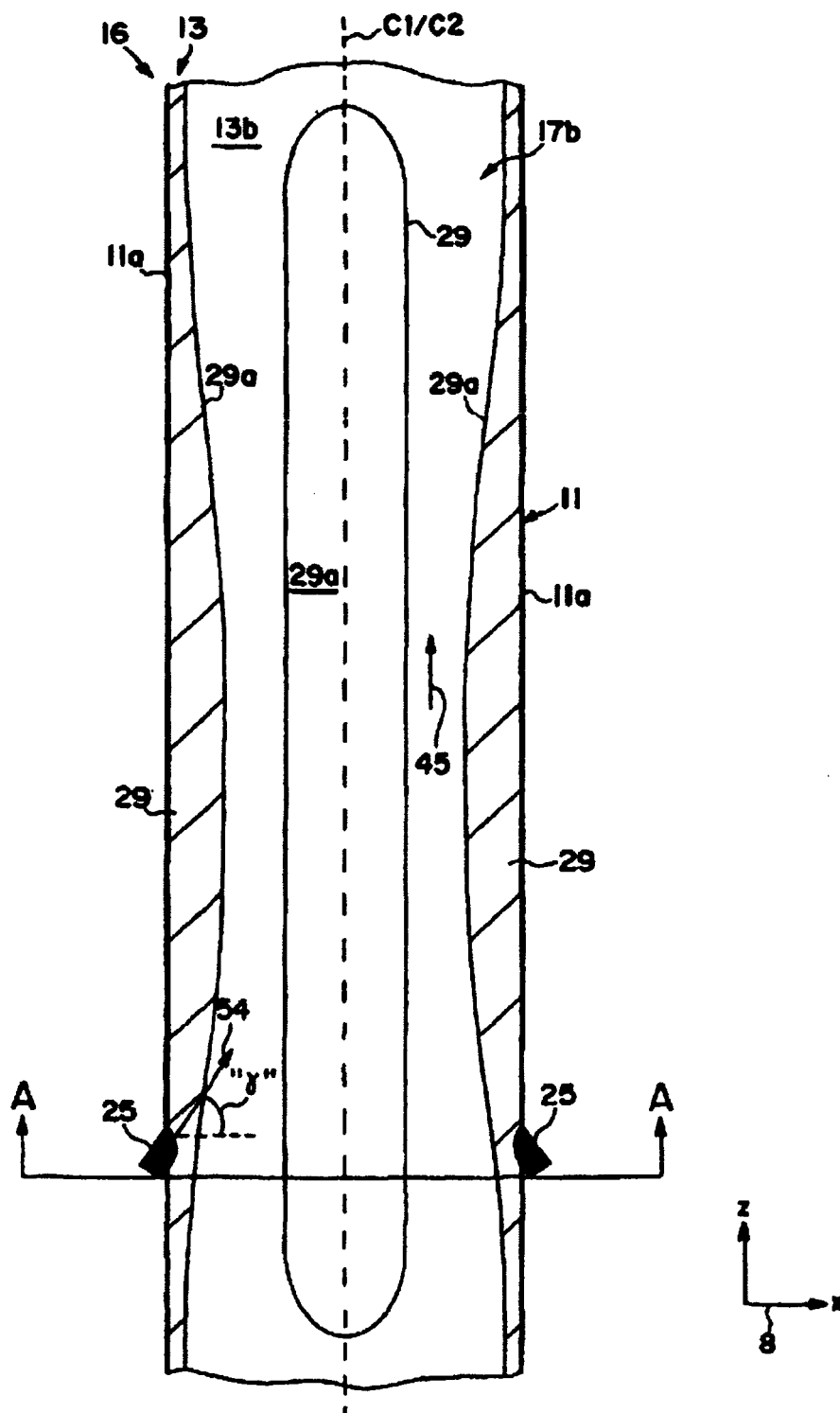


FIG. 2

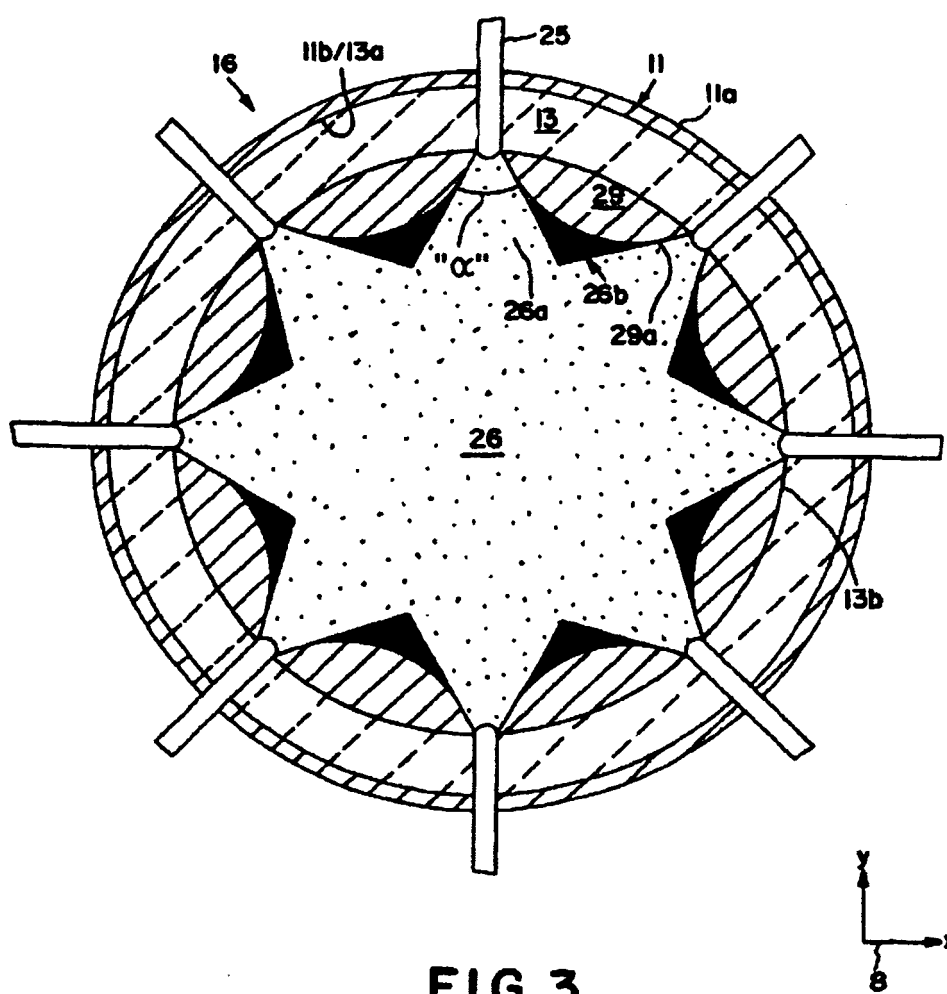


FIG. 3

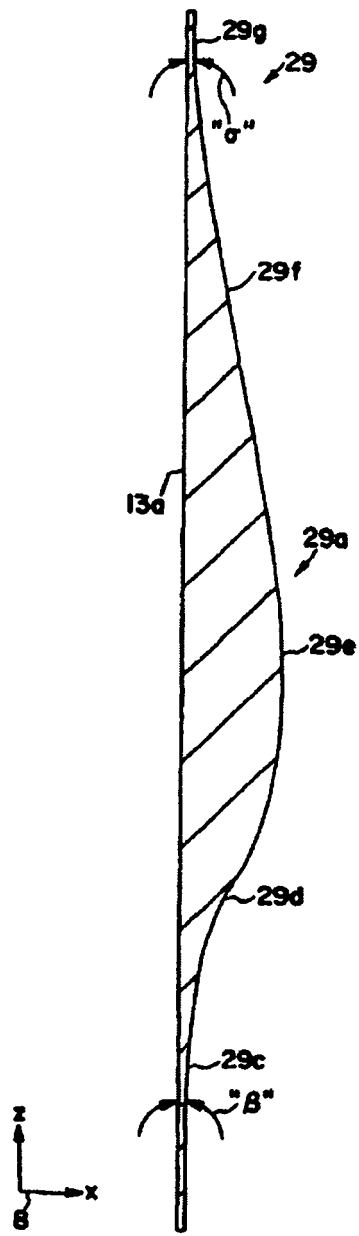


FIG. 4A

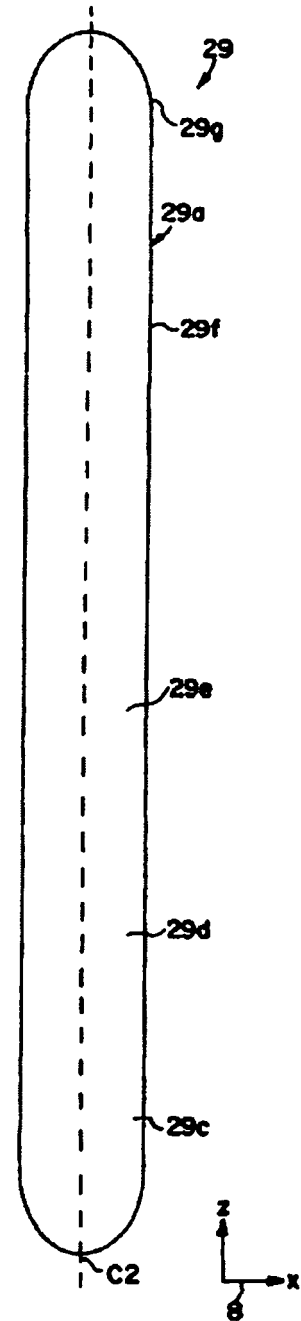


FIG. 4B

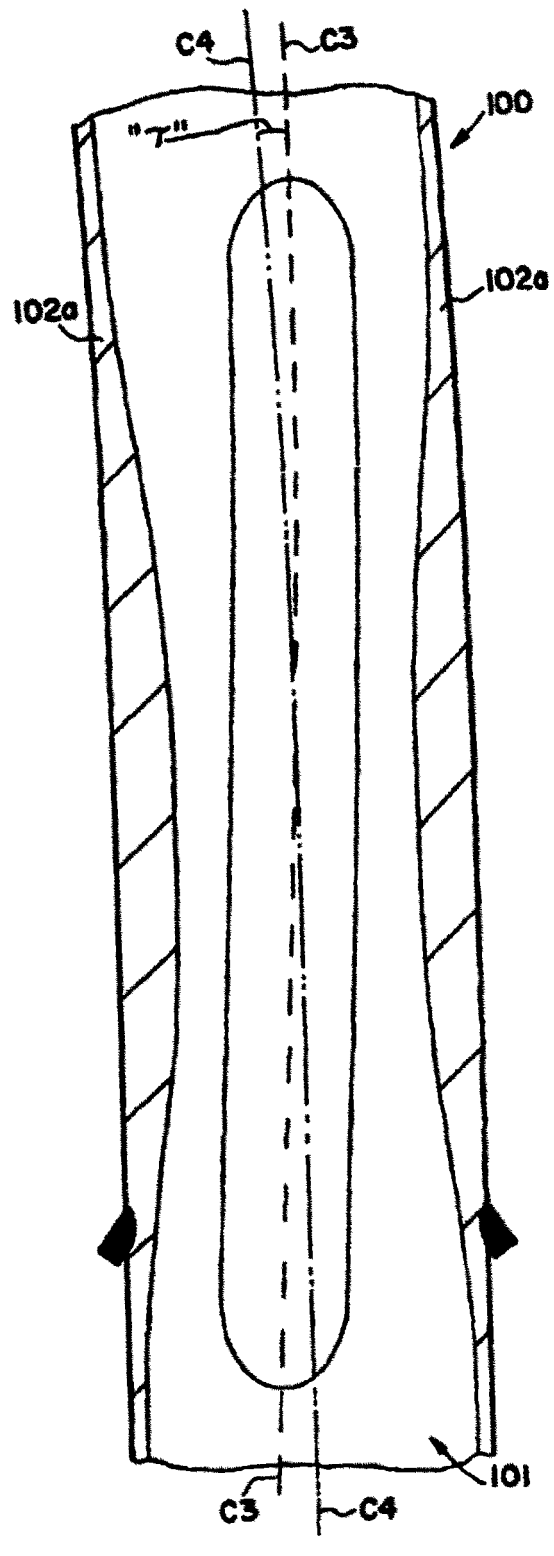


FIG. 5A

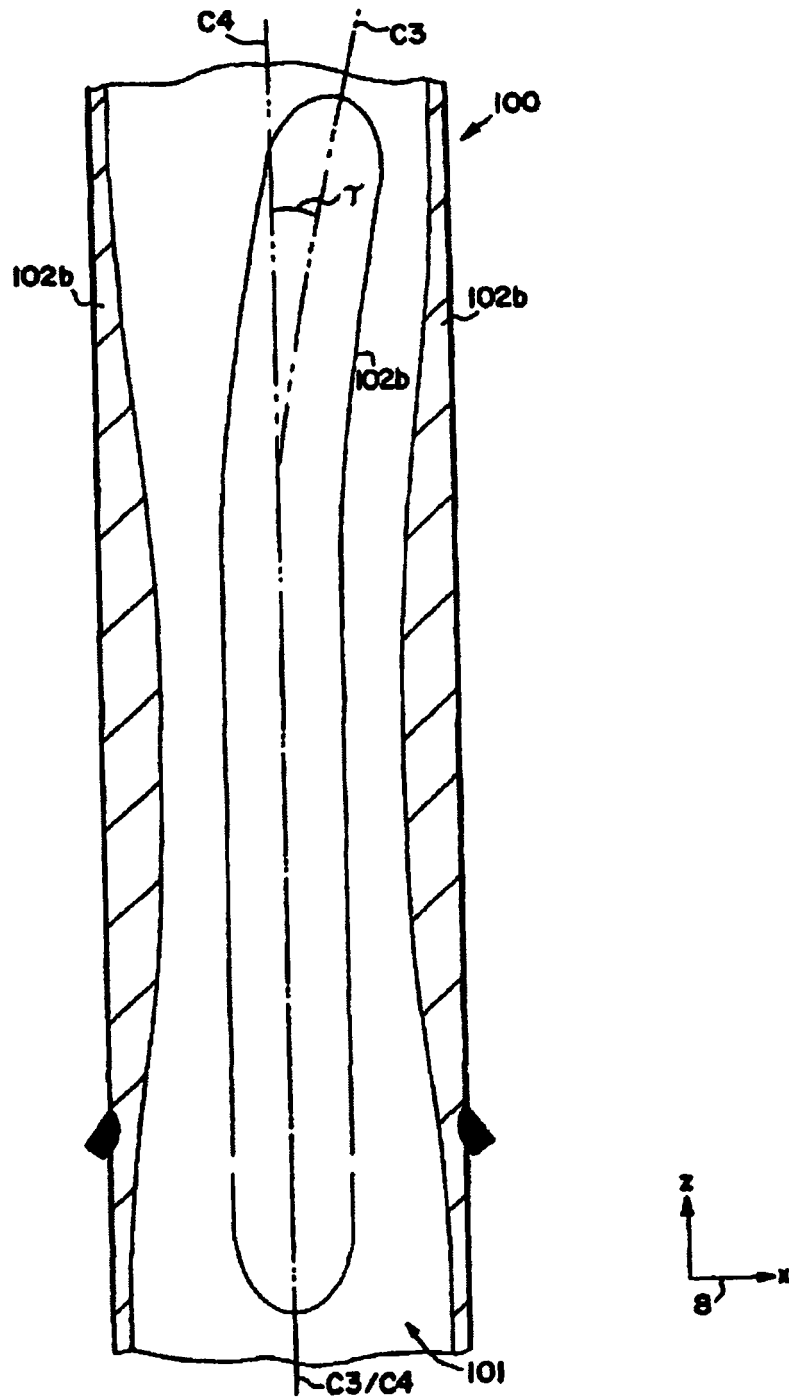


FIG. 5B

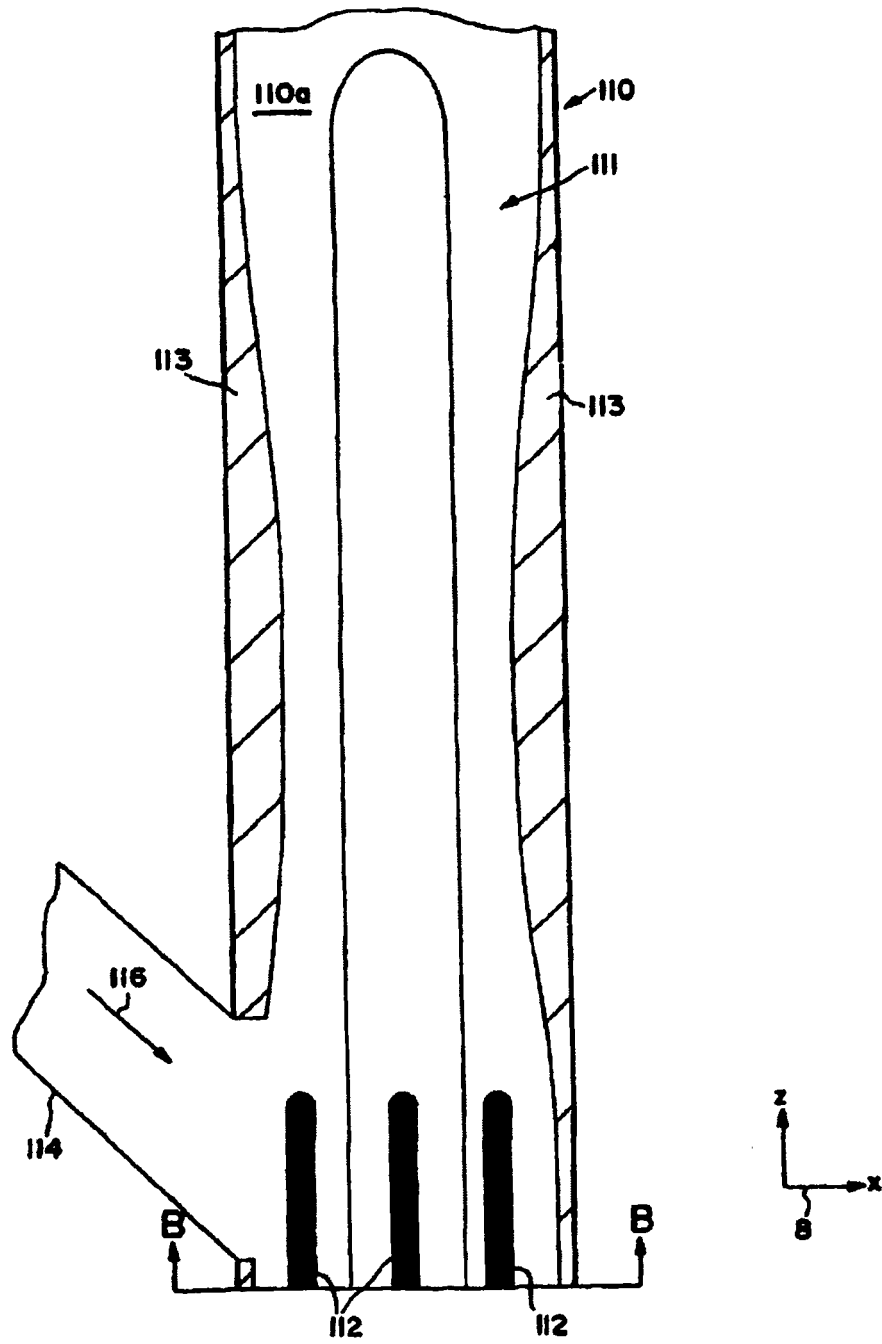


FIG. 6

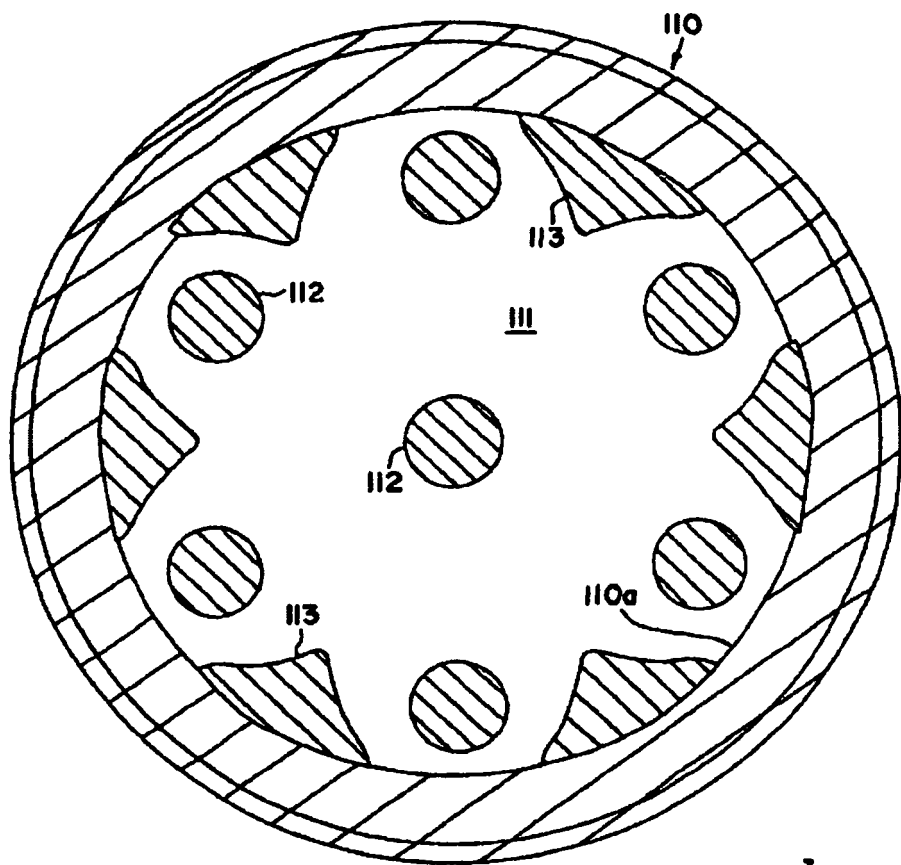
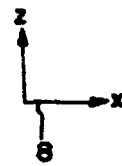


FIG. 7



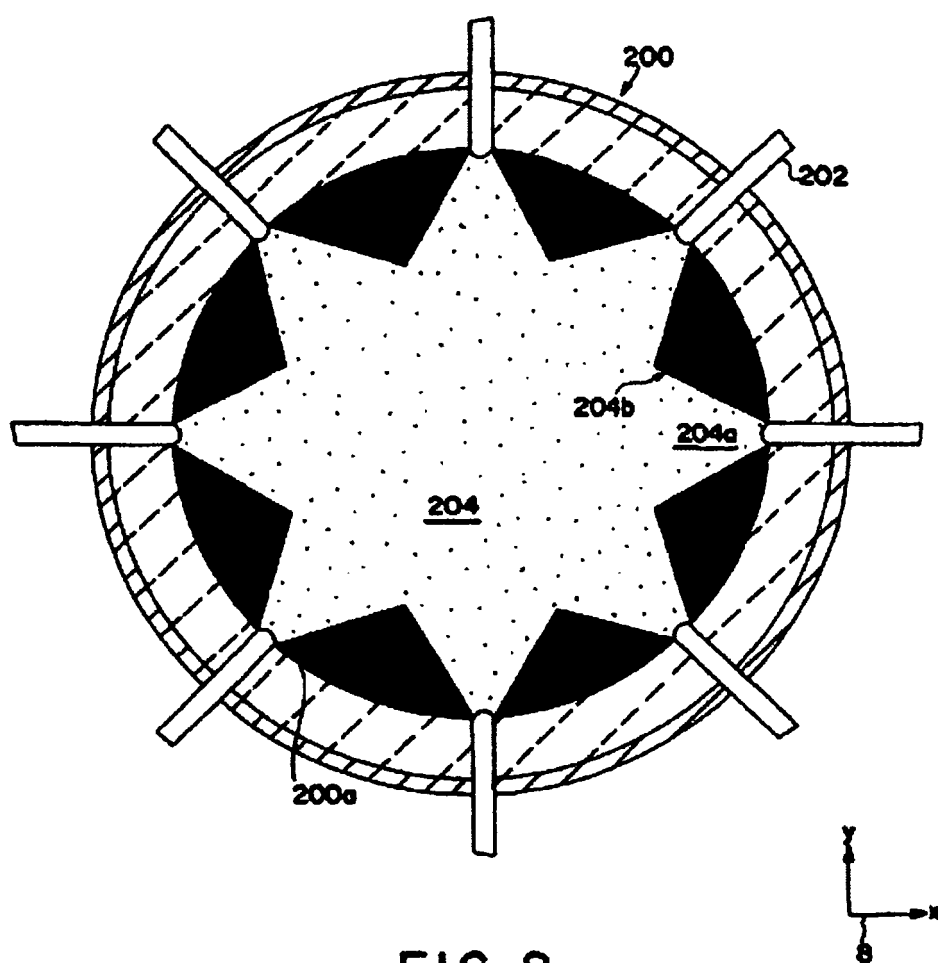


FIG. 8
TÉCNICA ANTERIOR