(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 357 092**

(51) Int. Cl.:
B01D 53/86 (2006.01)
B01D 53/94 (2006.01)
F01N 3/28 (2006.01)
B01J 35/04 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Número de solicitud europea: **06023492 .9**
(96) Fecha de presentación : **13.10.2000**
(97) Número de publicación de la solicitud: **1754526**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **21.02.2007**

(54) Título: **Conversión de óxidos de nitrógeno en presencia de catalizador soportado sobre una estructura similar a una malla.**

(30) Prioridad: **15.10.1999 US 159800 P**
31.07.2000 US 222261 P

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
18.04.2011

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
18.04.2011

(73) Titular/es: **Lummus Technology Inc.**
1515 Broad Street
Bloomfield, New Jersey 07003-3096, US

(72) Inventor/es: **Carlborg, Joakim A.;**
Chang, Yun-Feng;
Murrell, Lawrence L.;
Trubac, Robert E.;
Overbeek, Rudolf A.;
Schmidt, Verena R.;
Yeh, Chuen Y. y
Schuh, Lothar

(74) Agente: **García-Cabrerizo y del Santo, Pedro María**

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).

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

DESCRIPCIÓN

Conversión de óxidos de nitrógeno en presencia de catalizador soportado sobre una estructura similar a una malla.

Esta invención se refiere a la conversión de óxidos de nitrógeno, tales como NO y NO_2, y más particularmente, a la conversión de óxidos de nitrógeno en presencia de un catalizador soportado sobre una estructura similar a una malla.

Son de interés las solicitudes de Estados Unidos pendientes de tramitación de propiedad conjunta con Nº de serie 09/181.186 titulada "Method and Apparatus for Making a Catalyst Carrier Device Element", presentada el 28 de octubre de 1998 a nombre de Vogt et al., y que corresponde al documento WO-A-0024506 presentado el 21 de octubre de 1999; Nº de serie 09/265.164 titulada "Exhaust Gas Catalytic Converter", presentada el 9 de marzo de 1999 a nombre de J. Lloyd et al., y que corresponde al documento WO-A-0053904 presentado el 8 de marzo de 2000; Nº de serie 09/156.023 titulada "Coated Products", presentada el 17 de septiembre de 1998 a nombre de L. Schuh et al., y que corresponde al documento WO-A-9915715 presentado el 23 de septiembre de 1998; Nº de serie 09/589.817 titulada "Heat Exchanger/Reactor Apparatus", presentada el 7 de junio de 2000 a nombre de Timothy Griffin et al., (WO-A-0194006), Nº de serie 09/322.534 titulada "Structured Packing and Element Therefor", presentada el 28 de mayo 1999 a nombre de Rudolf A. Overbeek et al., y que corresponde al documento WO-A-9962629 presentado el 14 de mayo de 1999; Nº de serie 09/002539 titulada "Structured Packing and Element Therefor", presentada el 2 de enero de 1998 a nombre de Bettina Paikert et al., que corresponde al documento WO-A-9934911 presentado el 29 de diciembre de 1998, incorporadas todas como referencia en este documento en su totalidad.

Los óxidos de nitrógeno, tales como NO y NO_2, son sub-productos no deseados que se encuentran en gases de escape en diversas centrales tales como centrales energéticas, incluyendo centrales energéticas de gas natural, centrales de reciclaje de residuos a energía, y centrales de combustión de fuel-oil. Los óxidos de nitrógeno también pueden encontrarse en los productos de combustión de motores diesel.

La Patente de Estados Unidos Nº 4.280.926 describe un método para producir un material catalítico para la reducción de óxidos de nitrógeno utilizando amoniaco como agente reductor. El material de soporte tiene la forma de una lámina fibrosa constituida por fibras inorgánicas no metálicas mezcladas con un polvo activo catalítico. El producto puede tratarse adicionalmente mediante impregnación en agentes catalíticamente activos. Las láminas pueden conformarse en una estructura de panal y fijarse mediante un adhesivo de solución de sílice.

La Patente de Estados Unidos Nº 4.416.800 describe un método para producir un material catalítico. El material de soporte tiene la forma de una lámina fibrosa constituida por fibras inorgánicas no metálicas mezcladas con un polvo portador de catalizador. El producto puede tratarse adicionalmente mediante impregnación en una suspensión o solución que contiene materiales portadores y agentes catalíticamente activos. El material catalítico puede usarse para:

a) la reducción de óxidos de nitrógeno en presencia de amoniaco (catalizador: Cu, Fe, V, W y Mo sobre Al_2O_3 o TiO_2)

b) la oxidación de monóxido de carbono e hidrocarburos (catalizador: Pt sobre Al_2O_3 o TiO_2)

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un proceso para retirar al menos un óxido de nitrógeno de un fluido, en particular un gas de acuerdo con la reivindicación 1.

Realizaciones preferidas adicionales del proceso se definen en las reivindicaciones adjuntas.

En un aspecto adicional más, el al menos un óxido de nitrógeno se selecciona entre el grupo constituido por NO y NO_2 y N_2O.

En un aspecto adicional, el al menos un óxido de nitrógeno se selecciona entre el grupo constituido por NO y NO_2 o mezclas de los mismos. En otro aspecto, el al menos un óxido de nitrógeno es NO. En otro aspecto, el al menos un óxido de nitrógeno es NO_2. En otra realización, al menos un óxido de nitrógeno es N_2O. En otro aspecto más, el al menos un óxido de nitrógeno incluye NO y NO_2. En otro aspecto más, el al menos un óxido de nitrógeno incluye NO, NO_2 y N_2O.

En un aspecto adicional, el catalizador recubre a la estructura similar a una malla y preferentemente el grosor del recubrimiento es menor de 30 micrómetros.

En un aspecto adicional más, un proceso para retirar NO de un gas comprende oxidar el NO contenido a NO_2 y poner en contacto el NO_2 con un carbonato, bicarbonato o hidróxido metálico soportado sobre una estructura similar a una malla, comprendiendo la estructura similar a una malla un material fibroso de al menos uno de un metal, metal y cerámica o cerámica y que tiene una porosidad de al menos el 87%.

EN EL DIBUJO:

La figura 1 es una vista esquemática isométrica de una estructura de relleno, útil para explicar los principios de la presente invención;

La figura 1a es un diagrama útil para explicar parámetros de un material de relleno corrugado.

La figura 2 es una vista de sección fragmentada isométrica de una realización de la estructura de relleno para su uso con la presente invención;

Las figuras 3a, 3b y 3c son vistas esquemáticas de diferentes combinaciones de elementos de relleno que muestran relación dimensional entre las diferentes combinaciones para obtener un resultado catalítico dado;

La figura 4 es una vista en perspectiva de una pluralidad de elementos de relleno corrugados de la figura 2 dispuestos en relación lado con lado para mostrar sus orientaciones de corrugación relativas en la realización de la figura 2;

La figura 5 es una vista en perspectiva más detallada de una parte de uno de los elementos corrugados usados en la realización de las figuras 2 y 4;

La figura 6 es una vista con más detalle de una parte del elemento de la figura 5 tomada en la región 6;

La figura 7 es una vista con más detalle de uno de los generadores de vórtice de la figura 6 tomada en la región 7;

La figura 8 es una vista del extremo de una parte del elemento de relleno de la figura 5;

La figura 9 es una vista isométrica de una segunda realización de estructura de relleno para su uso con la presente invención;

La figura 10a es una vista en planta superior de uno de los elementos de relleno de la figura 9;

La figura 10 es una vista en alzado frontal del elemento de relleno de la figura 10a tomada a lo largo de las líneas 10-10;

La figura 11 es una vista en planta superior de la estructura de la figura 9;

La figura 12a es una vista más detallada de una parte de la estructura de la figura 11;

La figura 13 es una vista en alzado frontal de una pieza troquelada que forma un elemento de relleno de la estructura de la figura 9;

La figura 14 es una vista isométrica de un módulo de relleno de acuerdo con una realización adicional;

La figura 15 es una vista isométrica adicional del módulo de relleno de la figura 14;

La figura 16 es una vista de sección en planta superior de la realización de la figura 14, que muestra un módulo de relleno en un tubo;

La figura 17 es una vista en planta de un conjunto de piezas troqueladas usadas para fabricar los módulos de las figuras 14 y 15;

La figura 18 es una vista más detallada de una parte de una de las piezas troqueladas de la figura 17 que ilustra la formación de álabe; y.

La figura 19 es un diagrama útil para explicar algunos principios de la presente invención.

La expresión “retirar al menos un óxido de nitrógeno”, como se usa en este documento, significa que el al menos un óxido de nitrógeno se hace reaccionar con una molécula(s) para producir nitrógeno diatómico. Dichas reacciones incluyen, aunque no se limitan a, reacciones de oxidación-reducción. En otro aspecto, el al menos un óxido de nitrógeno se oxida adicionalmente en primer lugar y a continuación se hace reaccionar con un carbonato, bicarbonato o hidróxido metálico para producir un nitrito metálico y nitrato metálico, con el nitrito y el nitrato reduciéndose para producir nitrógeno diatómico y regenerar el carbonato, bicarbonato o hidróxido metálico.

El material similar a una malla está compuesto por fibras o alambres, tales como una malla de alambres o fibras, una malla de fibra cerámica, una combinación de fibras metálicas y cerámicas, un fieltro o gasa metálica, filtro de fibras metálicas o similares. La estructura similar a una malla está compuesta por una pluralidad de capas de fibras para formar una red tridimensional de materiales. La estructura de soporte está compuesta por una pluralidad de capas de fibras que están orientadas aleatoriamente en las capas. Pueden usarse uno o más metales en la producción de una malla metálica. Como alternativa, las fibras de la malla pueden incluir fibras cerámicas en lugar de o en combinación con fibras metálicas. Las mallas de fibras cerámicas están disponibles en el mercado de Crane & Co., de Massachusetts, Estados Unidos.

En una realización preferida, en la que la estructura similar a una malla está compuesta por una pluralidad de capas de fibras para formar la red tridimensional de materiales, el grosor de cada soporte es de al menos cinco micrómetros, y generalmente no supera los diez milímetros. De acuerdo con una realización preferida, el grosor de la red es de al menos 50 micrómetros y más preferentemente al menos 100 micrómetros y generalmente no supera los 2 milímetros.

En general, el grosor o diámetro de las fibras que forman la pluralidad de capas de fibras es menor de aproximadamente 500 micrómetros, preferentemente menor de aproximadamente 150 micrómetros y más preferentemente menor de aproximadamente 30 micrómetros. En una realización preferida, el grosor o diámetro de las fibras es de aproximadamente 8 a aproximadamente 25 micrómetros.

La estructura similar a una malla tridimensional puede producirse como se describe en las Patentes de Estados Unidos Nº 5.304.330, 5.080.962; 5.102.745 ó 5.096.663. Debe entenderse, sin embargo, que dicha estructura similar a una malla puede formarse mediante procedimientos diferentes de los descritos en las patentes mencionadas anteriormente.

La estructura similar a una malla que se emplea en la presente invención (sin catalizador soportado sobre la

malla) tiene una porosidad o volumen vacío que es mayor del 85%, y preferentemente es mayor del 87% y más preferentemente es mayor del 90%. La expresión “volumen vacío” como se usa en este documento se determina dividiendo el volumen de la estructura que está abierto por el volumen total de la estructura (aberturas y material de la malla) y multiplicando por 100.

En una realización, el catalizador está soportado sobre el material similar a una malla sin el uso de un soporte particulado.

En otra realización, el catalizador para convertir óxido(s) de nitrógeno está soportado sobre un soporte particulado que está soportado sobre el material similar a una malla. El término particulado, como se usa en este documento, incluye y abarca partículas esféricas, partículas alargadas, fibras, etc. En general, el tamaño promedio de partícula del particulado sobre el que puede estar soportado el catalizador no supera los 200 micrómetros y habitualmente no es mayor de 50 micrómetros con el tamaño promedio de partícula en la mayoría de los casos no superando los 20 micrómetros. En general, el tamaño promedio de partícula de dichos particulados es de al menos 0,002 micrómetros y más generalmente al menos 0,5 micrómetros. Cuando el catalizador soportado sobre el soporte particulado recubre a la malla, el tamaño promedio de partícula del soporte de catalizador generalmente no supera los 10 micrómetros y, cuando está atrapado en la malla, generalmente no supera los 150 micrómetros.

La estructura similar a una malla, que funciona como un soporte para el catalizador está en forma de un relleno estructurado conformado. Este relleno puede configurarse como se describe a continuación en realizaciones que se dan como ejemplo para posibilitar la turbulencia de la fase gaseosa que fluye sobre el catalizador en el reactor. La estructura de soporte del catalizador similar a una malla puede estar provista de corrugaciones adecuadas para posibilitar una mayor turbulencia como se describe con más detalle a continuación en este documento. La estructura similar a una malla puede incluir lengüetas o generadores de vórtice para posibilitar la turbulencia, como también se muestra a continuación en este documento. La presencia de generadores de turbulencia potencia el mezclado en dirección radial (y longitudinal) y también mejora el acceso a catalizador que recubre a o atrapado en la malla proporcionando diferenciales de presión locales por toda la malla, y creando de este modo una fuerza impulsora para el flujo. El relleno estructurado también puede estar en forma de un módulo tal como un rollo de una o más láminas que se coloca dentro de los tubos de un reactor de modo que los canales en el módulo siguen la dirección longitudinal del tubo. El rollo puede comprenden láminas que son planas, corrugadas u onduladas o una combinación de las mismas y las láminas pueden contener aletas o agujeros para promover el mezclado. Las láminas también pueden conformarse en bandas corrugadas que están separadas entre sí por una lámina plana que se ajusta exactamente al tamaño del tubo y se mantienen juntas mediante soldaduras, alambres, una lámina plana cilíndrica o combinaciones de las mismas. La malla, con fibras metálicas, metálicas y cerámicas o cerámicas, puede estar formada en una estructura de panal con canales paralelos. Los canales del panal pueden incluir agujeros y/o generadores de turbulencia para permitir una mayor transferencia de masa de los reactivos al catalizador.

El catalizador que está soportado sobre la estructura similar a una malla puede estar presente sobre el soporte similar a una malla como un recubrimiento sobre los alambres o fibras que forman la estructura similar a una malla y/o puede estar presente y retenida en los intersticios de la estructura similar a una malla.

El catalizador puede recubrir a la estructura similar a una malla mediante diversas técnicas, por ejemplo, inmersión o pulverización. Las partículas de catalizador pueden aplicarse a la estructura similar a una malla poniendo en contacto a la estructura similar a una malla con una composición de recubrimiento líquida (preferentemente en forma de un baño de recubrimiento) que incluye las partículas dispersadas en un líquido en condiciones tales que la composición de recubrimiento entra o se introduce en la estructura similar a una malla y forma un recubrimiento poroso tanto en la parte interior como en la exterior de la estructura similar a una malla.

En una realización preferida, la composición de recubrimiento líquida tiene una viscosidad cinemática no superior a 175 centistokes y una tensión superficial no superior a 300 dinas/cm.

En una realización, el catalizador recubre a la malla mediante recubrimiento por inmersión. En una realización preferida, el material similar a una malla metálica tridimensional se oxida antes del recubrimiento; por ejemplo, calentando al aire a una temperatura de 300ºC hasta 700ºC. En algunos casos, si el material similar a una malla está contaminado con material orgánico, el material similar a una malla se limpia antes de la oxidación; por ejemplo, lavando con un disolvente orgánico tal como acetona.

El baño de recubrimiento es preferentemente un sistema disolvente mezclado de disolventes orgánicos y agua en el que están dispersadas las partículas. La polaridad del sistema disolvente es preferentemente menor de la del agua para impedir la alta solubilidad del catalizador y para obtener una suspensión de buena calidad para recubrimiento. El sistema disolvente puede ser una mezcla de agua, amidas, ésteres, y alcoholes. La viscosidad cinemática del baño de recubrimiento es preferentemente menor de 175 centistokes y la tensión superficial del mismo preferentemente menor de 300 dinas/cm.

En una realización preferida de la invención, la estructura similar a una malla que está recubierta incluye alambres o fibras metálicas o fibras cerámicas o fibras metálicas y cerámicas y los alambres o fibras metálicas que están recubiertos se seleccionan o se tratan de una manera tal que la tensión superficial de las mismas es mayor de 50 dinas/cm, según se determina mediante el método descrito en el documento “Advances in Chemistry, 43, Contact Angle, Wettability and Adhesion, American Chemical Society, 1964”.

Al recubrir una estructura similar a una malla que incluye fibras metálicas, la composición de recubrimiento líquida preferentemente tiene una tensión superficial de aproximadamente 50 a 300 dinas/cm, y más preferentemente de aproximadamente 50 a 150 dinas/cm, según lo medido mediante el método de tubo capilar, como se describe en el documento de T.C. Patton, “Paint Flow and Pigment Dispersion”, 2ª Ed., Wiley-Interscience, 1979, p. 223. Al mismo tiempo, la composición de recubrimiento líquida tiene una viscosidad cinemática no superior a 175 centistokes, según lo medido mediante un viscosímetro de capilar según se describe en el documento de P.C. Hiemenz, “Principles of colloid

and Surface Chemistry", 2ª Ed., Marcel Dekker Inc., 1986, p. 182.

En dicha realización, la viscosidad y la tensión superficial de la composición de recubrimiento líquida se coordinan con la tensión superficial del metal que se está recubriendo de modo que la composición de recubrimiento líquida es arrastrada al interior de la estructura para producir un recubrimiento particulado sobre la estructura similar a una malla después del secado. El metal a recubrir tiene preferentemente una tensión superficial que es mayor de 50 dinas/cm y preferentemente es mayor que la tensión superficial de la composición de recubrimiento líquida para obtener el empapado y la penetración espontánea del líquido al interior de la malla.

En el caso en que el metal de la estructura que se va a recubrir no tiene la tensión superficial deseada, la estructura puede tratarse con calor para producir la tensión superficial deseada.

La composición de recubrimiento líquida puede prepararse sin aglutinantes ni adhesivos algunos para provocar la adherencia del recubrimiento particulado a la estructura.

La superficie de la estructura a recubrir también puede modificarse química o físicamente para aumentar la atracción entre la superficie y las partículas que forman el recubrimiento; por ejemplo, tratamiento por calor o modificación química de la superficie.

El contenido de sólidos del baño de recubrimiento generalmente es de aproximadamente el 2% a aproximadamente el 50%, preferentemente de aproximadamente el 5% a aproximadamente el 30%.

El baño también puede contener aditivos tales como tensioactivos, dispersantes, polímeros solubles en agua, etc. En general, la proporción en peso de aditivos con respecto a partículas en el baño de recubrimiento es de 0,0001 a 0,4 y más preferentemente de 0,001 a 0,1.

El material similar a una malla preferentemente se recubre sumergiendo el material similar a una malla en un baño de recubrimiento una o más veces mientras se seca o se calcina entre inmersiones. La temperatura el baño está preferentemente a temperatura ambiente, pero debe estar suficientemente por debajo del punto de ebullición del líquido en el baño.

Después del recubrimiento, el material similar a una malla que incluye un recubrimiento poroso compuesto por una pluralidad de partículas se seca, preferentemente con el material en posición vertical. El secado se consigue preferentemente mediante el contacto con un gas circulante (tal como aire) a una temperatura de 20ºC a 150ºC más preferentemente de 100ºC a 150ºC. Después del secado, el material similar a una malla recubierto preferentemente se calcina, por ejemplo, a una temperatura de 250ºC a 800ºC, preferentemente 300ºC a 500ºC, de la forma más preferente a aproximadamente 400ºC. En una realización preferida, la temperatura y el flujo de aire se coordinan para producir una velocidad de secado que no afecte de forma adversa al recubrimiento de catalizador, por ejemplo, agrietamiento, bloqueo de poros, etc. En muchos casos, se prefiere una velocidad de secado más lenta. Esta velocidad de secado más lenta puede conseguirse mediante el uso de un gas de secado humidificado. También puede ser ventajoso modificar la humedad del gas de secado en función del tiempo.

El grosor del recubrimiento formado puede variar. En general, el grosor es de al menos 1 micrómetro y en general no superior a 100 micrómetros. Habitualmente, el grosor del recubrimiento es menor de 50 micrómetros y más habitualmente no supera los 30 micrómetros. El solicitante ha descubierto que grosores del recubrimiento de menos de 30 micrómetros potencian la eficacia del catalizador y, por lo tanto, aumentan la actividad volumétrica.

La parte interna del material de malla que está recubierto tiene una porosidad que es suficiente para permitir que las partículas que componen el recubrimiento penetren o migren al interior de la red tridimensional. Por lo tanto, el tamaño de poro del material tridimensional y el tamaño de partícula de las partículas que componen el recubrimiento, en efecto, determinan la cantidad y la uniformidad del recubrimiento que puede depositarse en el interior de la red de material y/o el grosor del recubrimiento en la red. Cuanto mayores sean los tamaños de poro, mayor será el grosor del recubrimiento que puede aplicarse uniformemente de acuerdo con la invención.

En el caso en que las partículas están en forma de un precursor del catalizador, el producto, después del depósito de las partículas, se trata para convertir al precursor del catalizador en un catalizador activo. En el caso en que las partículas que se depositan en la red tridimensional de material son un soporte de catalizador, puede aplicarse a continuación catalizador activo o precursor del catalizador a dicho soporte, por ejemplo, mediante pulverización, inmersión o impregnación.

Al usar un baño de recubrimiento, la suspensión de recubrimiento en algunos casos puede incluir aditivos. Estos aditivos cambian las características físicas de la suspensión de recubrimiento, en particular la viscosidad y la tensión superficial de modo que, durante la inmersión, la suspensión penetra en la malla, y puede obtenerse un recubrimiento con una distribución homogénea sobre el interior y el exterior de la malla. Los coloides líquidos (soles) no solamente cambian las propiedades físicas de la suspensión de recubrimiento, sino que también actúan como aglutinantes. Después del depósito, el artículo se seca y se calcina.

Como agentes estabilizantes representativos, pueden mencionarse: un polímero como ácido poliacrílico, acrilaminas, compuestos orgánicos de amonio cuaternario, u otras mezclas especiales que se seleccionan en base a las partículas. Como alternativa, puede usarse un disolvente orgánico con el mismo fin. Son ejemplos de dichos disolventes alcoholes o parafinas líquidas. El control del pH de la suspensión, por ejemplo, mediante la adición de HNO_3 es otro método para cambiar la viscosidad y la tensión superficial de la suspensión de recubrimiento.

El catalizador puede recubrir al soporte de catalizador similar a una malla mediante un procedimiento de recubrimiento electroforético, como se describe en el documento US-A-6217732, presentado el 17 de septiembre de 1998. En dicho procedimiento, una estructura similar a una malla de alambres se emplea como uno de los electrodos, y

el catalizador del tamaño de partícula requerido, se suspende en una suspensión de recubrimiento. Se aplica un potencial a través de los electrodos, uno de los cuales es la estructura similar a una malla formada a partir de una pluralidad de capas de fibras, y la estructura similar a una malla se recubre electroforéticamente con el catalizador.

Como se ha indicado anteriormente en este documento, el catalizador de oxidación selectivo soportado puede estar soportado sobre el material de malla atrapando o reteniendo al particulado en los intersticios de la malla. Por ejemplo, al producir una estructura similar a una malla compuesta por una pluralidad de capas de fibras de orientación aleatoria, el catalizador o soporte de catalizador puede incluirse en la mezcla que se usa para producir la estructura similar a una malla, con lo que la estructura similar a una malla se produce con el catalizador o soporte de catalizador retenido en los intersticios de la malla. Por ejemplo, dichas estructuras similares a una malla pueden producirse como se describe en las patentes mencionadas anteriormente, y con un catalizador o soporte de catalizador apropiado que se añade a la malla que contiene las fibras y un aglutinante, tal como celulosa. La estructura de malla producida incluye el catalizador retenido en la estructura de malla.

Aunque en una realización preferida, esencialmente todo el grosor del material se recubre con el catalizador, está dentro del espíritu y alcance de la invención recubrir menos de todo el grosor con dichas partículas. También es posible dentro del espíritu y alcance de la presente invención tener diversos grosores de recubrimiento dentro de la estructura tridimensional en los intersticios internos del material de malla.

Los catalizadores para convertir óxidos de nitrógeno se conocen en la técnica. Ejemplos representativos de estos incluyen, aunque no se limitan a, óxidos de vanadio, aluminio, titanio, tungsteno y molibdeno. También pueden usarse zeolitas. Los ejemplos de estas últimas incluyen ZSM-5 modificado con protones o cationes de cobre, cobalto, plata, zinc, o platino o su combinación. Otros ejemplos de catalizadores usados para convertir óxidos de nitrógeno son metales preciosos tales como platino, rodio y paladio. Debe entenderse, sin embargo, que el alcance de la presente invención no debe limitarse a los catalizadores específicos descritos anteriormente en este documento.

El catalizador está soportado sobre la estructura similar a una malla en una cantidad eficaz para convertir óxido(s) de nitrógeno. En general, el catalizador está presente en una cantidad de al menos el 5%, y preferentemente al menos el 10%, con la cantidad de catalizador generalmente no superando el 60% y de forma más general no superando el 40%, todo en peso, en base a la malla y el catalizador. En una realización en la que la porosidad o volumen vacío de la estructura similar a una malla antes de añadir el catalizador soportado es mayor del 87%, el porcentaje en peso de catalizador es de aproximadamente el 5% a aproximadamente el 40%, y cuando la porosidad o volumen vacío es mayor del 90%, el porcentaje en peso del catalizador soportado es de aproximadamente el 5% a aproximadamente el 80%.

En una realización, el catalizador que está soportado sobre la estructura similar a una malla se emplea en la reducción de óxidos de nitrógeno con un agente reductor por ejemplo urea, amoniaco, hidrocarburos, etc., en presencia de oxígeno para producir nitrógeno y agua. Los reductores tales como amoniaco o urea se usan ampliamente para la disminución de NOx a partir de fuentes estacionarias pero no de fuentes móviles tales como vehículos que funcionan con gasolina, diesel o gas natural debido a los inconvenientes en el almacenamiento y suministro de amoniaco, preocupaciones relacionadas con la seguridad, y deslizamiento de amoniaco (amoniaco sin reaccionar en el efluente). Si se usan hidrocarburos como un agente reductor, también se producirán óxidos de carbono. Es más probable que se usen hidrocarburos como agente reductor en fuentes móviles. Sin embargo, la invención descrita en este documento incluye cualquier agente reductor usado en cualquier fuente, ya sea móvil o estacionaria.

En otra realización, el catalizador que está soportado sobre la estructura similar a una malla se emplea en la descomposición de óxidos de nitrógeno en oxígeno diatómico y nitrógeno diatómico. Los catalizadores típicos usados para este fin son cationes de metales de transición y metales nobles intercambiados en zeolitas, o soportados sobre óxidos metálicos.

En otra realización en la que los niveles de NOx son bajos en la alimentación, es ventajoso enriquecer la concentración de NOx para aumentar la velocidad de reacción. En esta realización, el NOx se enriquece en primer lugar mediante adsorción sobre un catalizador y a continuación se hace reaccionar, o se adsorbe sobre un catalizador o adsorbente y a continuación se desorbe y se hace reaccionar sobre el mismo catalizador o uno diferente. A menudo las temperaturas requeridas para la adsorción y la reacción son diferentes, con bajas temperaturas preferidas para la adsorción y temperaturas más altas preferidas para la reacción. Dados los rápidos cambios de temperatura típicos de las fuentes móviles tales como motores de automoción, se requiere un rápido cambio entre la adsorción y la reacción para conseguir una eficacia óptima del sistema. El uso de la estructura similar a una malla descrita en este documento es ideal para dichas aplicaciones dada su superior transferencia térmica, baja masa térmica y su capacidad de calentarse eléctricamente. Además, el uso de la estructura similar a una malla mejora la eficacia del catalizador y, por lo tanto, aumenta la actividad volumétrica.

Por ejemplo, puede hacerse reaccionar amoniaco o urea con NO y NO_2 encontrados en los gases de escape de centrales energéticas que funcionan con combustibles fósiles, o en los productos de combustión de motores de combustión interna para producir nitrógeno y agua en presencia del catalizador soportado sobre una estructura similar a una malla como se ha descrito anteriormente en este documento. Dichas reacciones son las siguientes:

$$4NO + 4NH_3 + O_2 \rightarrow 4N_2 + 6H_2O$$

$$NO + NO_2 + 2NH_3 \rightarrow 2N_2 + 3H_2O$$

También es posible usar una parte del combustible del motor para reducir el óxido de nitrógeno en aquellos casos en los que es menos conveniente usar amoniaco o urea, tales como en un motor móvil tal como un motor diesel de automoción típico.

$$C_xH_y + 2\ NO + (x + y/4 - 1)O_2 \text{-----} N_2 + y/2\ H_2O + x\ CO_2$$

La reducción de óxido de nitrógeno y el catalizador para ello se muestra, por ejemplo en la Patente de Estados Unidos Nº 5.750.460, Patente de Estados Unidos Nº 5.707.509, Patente de Estados Unidos Nº 5.580.534 y Patente de Estados Unidos Nº 5.905.056. En la presente invención, dicho catalizador está soportado sobre un material similar a una malla, tal como se ha descrito anteriormente en este documento.

Cuando se usa para un motor diesel, el material similar a una malla que incluye el catalizador para convertir los óxido(s) de nitrógeno puede conformarse en una estructura de panal. En general, dichas reacciones tienen lugar a una temperatura de aproximadamente 100ºC a aproximadamente 500ºC, preferentemente de aproximadamente 200ºC a aproximadamente 400ºC.

En otra realización es posible descomponer catalíticamente N_2O de acuerdo con la siguiente reacción:

$$N_2O \rightarrow N_2 + ½\ O_2$$

En otra realización, un catalizador de oxidación tal como platino, paladio, rodio, cobalto, níquel, hierro, cobre, molibdeno, etc., y un absorbente de carbonato potásico pueden estar soportados sobre la estructura similar a una malla descrita anteriormente en este documento. Dicha combinación del catalizador, y el carbonato potásico, soportado sobre una estructura similar a una malla, pueden emplearse para oxidar simultáneamente, CO a CO_2 y NO a NO_2, de acuerdo con las siguientes reacciones:

$$CO + ½\ O_2 \rightarrow CO_2$$

$$NO + ½\ O_2 \rightarrow NO_2$$

El CO y el NO pueden encontrarse en el gas de escape de una central energética de gas natural. El NO_2 es absorbido por, y se hace reaccionar con, un carbonato o bicarbonato o hidróxido, tal como un carbonato, bicarbonato o hidróxido de metal alcalino o alcalinotérreo, en particular carbonato potásico, para formar dióxido de carbono y nitrito potásico y nitrato potásico de acuerdo con la siguiente reacción:

$$2NO_2 + K_2\ CO_3 \rightarrow CO_2 + KNO_2 + KNO_3$$

El nitrito potásico y nitrato potásico que quedan sobre el catalizador, se hacen reaccionar a continuación con un agente reductor tal como hidrógeno gaseoso en ausencia de oxígeno para regenerar el catalizador, de acuerdo con la siguiente reacción:

$$KNO_2 + KNO_3 + 4H_2 + CO_2 \rightarrow K_2CO_3 + 4H_2O(g) + N_2$$

Agua, en forma de vapor, y nitrógeno elemental se emiten en lugar de NO o NO_2, y el carbonato potásico una vez más está presente como absorbente sobre la estructura similar a una malla, permitiendo de este modo que el ciclo de oxidación y absorción comience de nuevo. Este proceso se describe en Patente de Estados Unidos Nº 5.665.321, Patente de Estados Unidos Nº 5.762.885, y Patente de Estados Unidos Nº 5.650.127.

A continuación se describirán diversas realizaciones de rellenos estructurales. En la figura 1, el relleno 2 es representativo esquemáticamente de una pluralidad de láminas corrugadas paralelas de material de malla porosa (denominado en este documento como material MEC) en las que las corrugaciones 4 se representan mediante líneas diagonales que están en un ángulo con respecto a la dirección vertical de flujo f. La figura 1a, una sección transversal representativa de una corrugación 6. Las láminas corrugadas adyacentes 8 alternan 90º entre sí. El material MEC es preferentemente fibras metálicas pero pueden ser cerámicas o combinaciones de las mismas.

La orientación vertical del relleno con respecto a la dirección del flujo f se desea para optimizar la caída de presión frente a la retirada de NO y minimizar el deslizamiento de NH_3 (NH_3 sin reaccionar). Esto se representa mejor mediante una eficacia de retirada caracterizada por la expresión $k/\Delta p$ donde k es la constante de velocidad de reacción de primer orden y Δp es la caída de presión. La Tabla I muestra la relación entre el ángulo de inclinación α y la eficacia de retirada para diferentes ángulos de inclinación y también en comparación con una estructura de panal monolítica cerámica sólida usada para este fin. Sin embargo, puede usarse un panal de malla como alternativa. Los panales cerámicos sólidos típicos, Tabla I, muestran una caída de presión a una velocidad superficial de 5 m/s y 350ºC de aproximadamente 750 Pa/m. Lo que es importante es el grado de mezclado conseguido en una estructura con una menor caída de presión (mayor ángulo de inclinación) lo que tenderá a reducir el deslizamiento de amoniaco mientras se mantiene la conversión de NO. Esta menor caída de presión es importante en sistemas de generación de energía, dado que cualquier pérdida de presión adicional reduciría la eficacia de la turbina para generar energía.

Tabla 1

Temperatura de Reacción = 300ºC		Estructura Porosa Corrugada				
		Panal	Ángulo de 45º		Ángulo de 60º	
GHSV	Conv	$k/\Delta p$	Conv	$k/\Delta p$	Conv	$k/\Delta p$
10000	95,9	2366	91,8	3637	89,4	7377
20000	84,3	1371	83,9	1980	84,2	4680
Temperatura de Reacción = 350ºC		Estructura Porosa Corrugada				
		Panal	Ángulo de 45º		Ángulo de 60º	

GHSV	Conv	k/Δp	Conv	k/Δp	Conv	k/Δp
10000	97,7	2794	93,9	4067	92,7	8603
20000	88,7	1615	89,2	2414	87,9	5357

La Tabla 1 muestra que, aunque hay una ligera pérdida de conversión, al pasar de una estructura que contiene un ángulo de inclinación de 45º a una estructura con un ángulo de 60º, ésta es eclipsada por el aumento de la eficacia global. La Tabla anterior también muestra que la ventaja de la estructura corrugada porosa catalizada sobre el panal aumenta al aumentar la GHSV (*velocidad espacial de gas por hora*). Esto se debe al beneficio adicional de mezclar mejor a rendimientos más altos para la turbulencia que causa una estructura corrugada el contrario que el régimen del flujo laminar típico de un panal.

Se cree que, para aumentar adicionalmente la conversión, debe usarse una combinación de material de malla MEC poroso corrugado y monolito de panal cerámico convencional en una orientación de flujo vertical. Esto se muestra en la figura 3c. Sin embargo, un panal de malla construido de fibras metálicas o fibras cerámicas o ambos materiales, también puede usarse como alternativa.

En la figura 3a una estructura de panal cerámico convencional 10 tiene una longitud de L_1, mientras que una estructura corrugada 12 que usa material de malla MEC de la presente invención para los elementos de relleno de la estructura tiene una altura de L_2 y $L_2 < L_1$ para un valor de conversión dado. En la figura 3c, la estructura corrugada 14 se combina con una estructura de panal 16 de generalmente la misma construcción que las estructuras 10 y 12 excepto que las longitudes son ahora más cortas para proporcionar una conversión dada proporcionada por el panal en solitario de la figura 3a o la estructura corrugada de la figura 3b. De este modo, se proporciona una conversión mejorada, mientras se usa menos material de estructura corrugada. El uso de menos de la estructura de DeNOx es una solución de compromiso para aquellas instalaciones existentes que prefieren una transformación/reconversión más rápida a expensas de una retirada algo mayor. El aumento de la conversión estará provocado por el mezclado mejorado de la estructura que crea una eficacia mejorada del panal aguas abajo.

En la figura 2, una estructura conversora preferida 18 comprende una carcasa 20 preferentemente de sección transversal cuadrada o rectangular que tiene una cámara en la que se sitúa el relleno 22. El relleno 22 comprende elementos de material fibroso de malla porosa MEC, preferentemente fibras metálicas, como se ha descrito anteriormente en este documento.

El material MEC poroso comprende una pluralidad de elementos corrugados 24 como se muestra en la figura 1 y se mencionan en la Tabla I preferentemente a un ángulo de inclinación α de 45º o a cualquier otro ángulo adecuado de acuerdo con una implementación dada. Los elementos 24 son, en esta realización idénticos, pero pueden diferir de acuerdo con la implementación particular. En la figura 19, el ángulo de los elementos adyacentes es definido por 2α en el que cada línea diagonal en la figura representa las corrugaciones de un elemento, representando las dos diagonales cruzadas elementos adyacentes en los que la dirección del flujo es como se muestra en la figura 1. Como se ve en la figura 4, el ángulo de inclinación α de los elementos adyacentes difiere en 2α y se alterna. No hay generadores de vórtice en los elementos 24. El número de elementos usados depende de las dimensiones de la carcasa 20 y las dimensiones de las corrugaciones y, por supuesto, el grosor de la lámina.

En la figura 5, como alternativa, en elemento de material de malla corrugado 26 puede usarse en lugar de los elementos corrugados 24 de la figura 4. El elemento 26 tiene generadores de vórtice opcionales 28 y 30. El elemento 28 de la figura 6 se fabrica en aparatos mostrados y descritos en las solicitudes mencionadas anteriormente WO-A-0053904; WO-A-9934991. Estas últimas solicitudes proporcionan una descripción de un aparato para fabricar los elementos 26 que forman las corrugaciones 32 y los generadores de vórtice en el material de lámina. Las corrugaciones se forman mediante paredes laterales adyacentes 34, 36, 38, 40 y así sucesivamente. Las corrugaciones definen valles 42 y crestas 44. Las paredes laterales están inclinadas preferentemente a un ángulo β (figura 8) de aproximadamente 90º. Los valles y crestas se extienden en una dirección lineal.

Los elementos 24, figura 4, están orientados con los ejes de sus canales de corrugación en ángulos alternos a la dirección del flujo f, figura 1. Las corrugaciones forman canales de gas a su través. Estos canales están en comunicación fluida entre sí en los bordes de los elementos en la superficie periférica de la carcasa 20. El ángulo del patrón de flujo puede estar a cualquier ángulo deseado de acuerdo con una implementación dada como se muestra en la Tabla I anteriormente, a la caída de presión mínima deseada. El gas que entra en la carcasa 20 en la dirección 21, figura 2, entra en los canales de los elementos y a continuación se desvía a un ángulo α inicialmente y a continuación a 2α con respecto a éste en los elementos adyacentes y así sucesivamente de forma alterna en la dirección del flujo. Esto crea una turbulencia en el flujo. Esta turbulencia crea un diferencial de presión en los elementos, dando como resultado un flujo de fluido a través de los poros del material de lámina porosa de MEC.

En las figuras 6, 7 y 8, los generadores de vórtice opcionales 46 y 48 son triangulares y doblan desde el plano del elemento 26 el material de lámina. Los generadores 46 y 48 se alternan en la dirección en la que se proyectan desde el plano del material de lámina como se ve mejor en la figura 8. Las corrugaciones tienen una anchura w. Los generadores de vórtice proporcionan turbulencia adicional y de este modo promueven además el flujo de fluido a través de los poros del material MEC debido al diferencial de presión a su través. Esto se describe con más detalle en la solicitud mencionada anteriormente WO-A-9962629.

En la figura 9, el relleno estructurado 102 en una realización adicional está formado por material MEC de malla, fibras metálicas o fibras cerámicas o ambas, y comprende una matriz de elementos de relleno idénticos 104, 106, 108 y 110 que forman parte de una matriz más grande 103, figura 11. Esta estructura de relleno muestra generadores de vórtice opcionales de una nueva configuración. Aunque en la figura 11 se muestran nueve elementos, esto es a modo de ilustración, ya que en la práctica pueden usarse más o menos elementos de acuerdo con una implementación dada. Además, los elementos se muestran en una matriz cuadrada. Esta configuración también es, a modo de ilustración,

como una realización preferida. En la práctica, la matriz también puede ser rectangular, circular o de cualquier otra forma deseada en vista en planta, comparable con la vista de la figura 11, según se desee para una implementación dada.

Los elementos están alojados en una carcasa de torre externa 112 que, en este caso, tiene una sección transversal cuadrada. Otras carcasas (no se muestran) pueden tener una sección transversal rectangular o circular, como se muestra, por ejemplo, en realizaciones descritas a continuación en este documento. Cada elemento 104, 106, 108 y 110 está formado a partir de una pieza troquelada de sustrato idéntica 114, figura 13, preferentemente de fibras porosas compuestas como se ha descrito anteriormente en este documento. El material está formado preferentemente a partir del material como se ha descrito anteriormente en este documento o como se describe en las Patentes de Estados Unidos indicadas en la parte introductoria.

La pieza troquelada 114 es un fragmento de y representa una parte de una pieza troquelada completa más grande que forma cada uno de los elementos de la figura 11. La pieza troquelada completa (no se muestra) tiene el aspecto que se muestra para la pieza troquelada parcial 114 con una repetición idéntica del patrón ilustrado que se extiende a la derecha en la figura (y de acuerdo con una implementación dada, puede extenderse además verticalmente desde la parte superior hasta la parte inferior de la figura).

En la figura 13, la pieza troquelada de sustrato 114 incluye una pluralidad de cortes pasantes opcionales representados por líneas continuas. Las líneas de plegamiento se ilustran mediante las líneas discontinuas 116, 118, 120, 160 y así sucesivamente. Una primera fila 122 de lengüetas idénticas 124 y agujeros pasantes idénticos 126 se forman con una lengüeta 124 y un agujero 126 dispuestos entre cada uno de pares alternos de líneas de plegamiento adyacentes, tales como las líneas 116 y 118, 120 y 121 y así sucesivamente. Las lengüetas 124 eventualmente forman generadores de vórtice como se describirá a continuación en este documento. Los agujeros 126 son adyacentes a la región de la punta de las lengüetas 124 y están situados en una línea de plegamiento que forma un canal de la cual surge el borde inclinado 130. Los mismos números de referencia con o sin comillas y múltiples comillas en las figuras representan partes idénticas.

Cada lengüeta 124 tiene un primer borde 128 coextensivo con una línea de plegamiento que forma un canal, tal como la línea 118. La lengüeta 124 tiene un segundo borde 130 que surge en una segunda línea de plegamiento de canal tal como la línea de plegamiento 116 inclinada con respecto a las líneas de plegamiento 116 y 118 que termina en una punta de segmento del extremo distal 132. Los bordes 128 y 130 terminan en un extremo en la línea de plegamiento de la lengüeta 160 a lo largo del plano 133. La punta 132 tiene un borde que es coextensivo con el borde 128 siendo ambos bordes rectos y descansando sobre una línea de plegamiento de canal, tal como la línea 118. Los bordes 128 y 130 surgen ambos de un plano transversal común 133 al igual que todos los bordes de las lengüetas 124 de la fila 122. La punta 132, que es opcional, preferentemente es cuadrada o rectangular con el fin de describirla, pero puede ser también de cualquier otra forma de acuerdo con una implementación dada. Los agujeros 126 son ligeramente más grandes que la punta 132 para permitir que una punta 132 de una lengüeta 124 pase a su través de una manera que se explicará. Todas las lengüetas 124 y los agujeros de la fila 122 están alineados en paralelo al plano 133.

Las filas adicionales 127 y 129 de las lengüetas 124 y los agujeros 126 están alineadas en paralelo a la fila 122 y están alineados en la misma columna tal como la columna 134 entre un conjunto dado de líneas de plegamiento tales como las líneas 116 y 118. Las lengüetas 124 y los agujeros 126 entre las líneas de plegamiento 116 y 118 están alineados en la columna 134. La pieza troquelada 114, como se muestra, tiene columnas alternas 136, 138 y así sucesivamente correspondientes a la columna 134 de lengüetas 124 y agujeros 126 que están alineados en las filas respectivas 127 y 129. Pueden proporcionarse más o menos de dichas filas de acuerdo con una implementación dada.

Las filas 122, 127 y 129 alternan con las filas 140, 142 y 144 de lengüetas 124 y agujeros 126. Las lengüetas 124 y agujeros 126 de las filas 140, 142 y 144 están en las columnas alternas 146, 148, 150 y así sucesivamente. Por consiguiente, la pieza troquelada 114 tiene una pluralidad de filas y columnas de las lengüetas 124 y agujeros 126 con las lengüetas de un conjunto dado de columnas y filas alternando en posición vertical y horizontal con las lengüetas y agujeros de las restantes columnas y filas, como se muestra.

En las figuras 10 y 10a, el elemente 1044, al igual que todos los elementos, se forma doblando el material de sustrato de la pieza troquelada a lo largo de las líneas de plegamiento 116, 118, 120, 121 y así sucesivamente (figura 13) en direcciones opuestas alternas. Esto da forma a la pieza troquelada 114 en una estructura canalizada cuasi-corrugada. La estructura tiene canales idénticos preferentemente cuadrados en vista en planta 154, 156, 158 y así sucesivamente. Estos canales se enfrentan en direcciones opuestas alternas 159 (figura 12). De este modo, los canales 154, 158 y así sucesivamente están orientados hacia la parte inferior de la figura, las direcciones 159 y los canales 156, 161, 163 y así sucesivamente están orientados en dirección opuesta hacia la parte superior de la figura.

En la figura 12, el elemento representativo 162 tienen canales 164, 166, 168, 170 que tienen cada uno una pared de conexión intermedia respectiva 172, 174, 176 y 178 y así sucesivamente que descansan en planos que se extienden de izquierda a derecha en la figura separados en una dirección normal. El canal 166 tiene paredes laterales 180 y 182 y el canal 168 tiene paredes laterales 182 y 184 con la pared 182 siendo común para los canales 166 y 168. El elemento 162 tiene canales idénticos adicionales como se ve en la figura 11. Todos los elementos de relleno 102 están construidos análogamente con canales idénticos.

Antes de formar los canales o al mismo tiempo, las lengüetas 124, figura 13, se doblan para que se extiendan desde el plano de la pieza troquelada 114 para formar generadores de vórtice en líneas de plegamiento colineales 160 que descansan en el plano 133.

Las lengüetas 124 en la fila 122 se doblan fuera del plano de la figura en direcciones opuestas en columnas alternas 134, 136, 138 y así sucesivamente. De este modo, las lengüetas de las columnas 134, 138, y 145 se doblan en la misma dirección, por ejemplo, fuera del plano del dibujo hacia el espectador. Las lengüetas en las columnas 136 y 41 se doblan en dirección opuesta fuera del plano de la figura alejándose del espectador. La misma secuencia de doblado

se proporciona, las lengüetas de las filas 127 y 129 que están en las mismas columnas que las lengüetas de la fila 122 de modo que las lengüetas de una columna dada se doblan todas en direcciones paralelas.

Las lengüetas 124' de la siguiente fila 140 en las columnas alternas adyacentes 146, 148, 150 y así sucesivamente, se doblan todas en paralelo en la misma dirección en líneas de plegamiento colineales correspondientes 186 paralelas al plano 133 hacia el espectador. También son paralelas a las lengüetas de las columnas 134, 138 y así sucesivamente.

Las lengüetas 124'' de la siguiente fila 127 se doblan en sus respectivas líneas de plegamiento en la misma dirección que las lengüetas 124' en la fila 127, por ejemplo, hacia el espectador fuera del plano del dibujo. Estas lengüetas son paralelas a las lengüetas de la fila 140.

Las lengüetas 124''' de la fila 142 se doblan en sus líneas de plegamiento 188 en una dirección opuesta a la doblez de las lengüetas de las filas 127 y 140, por ejemplo, en una dirección fuera del plano del dibujo alejándose del espectador. Estas lengüetas son paralelas y se doblan en la misma dirección que las lengüetas en las columnas 136 y 141. Las lengüetas de la fila 129 se doblan en la misma dirección que las lengüetas de las filas 122 y 127 en las mismas columnas, repitiendo dichas dobleces. Las lengüetas de la fila 144 se doblan igual que las lengüetas de las filas 142 y 140 hacia el espectador.

En las figuras 9 y 10, el elemento 104 tiene un conjunto de lengüetas 124_1, 124_1', 124_1'', 124_1''', 121 y 123 en el canal 154. Las lengüetas 124_1, 124_1'', y 121 se extienden todas en la misma dirección, por ejemplo, desde el canal 154 la pared de conexión 190 en el canal 154. Las lengüetas 124_1', y 123 se extienden desde la misma pared lateral, por ejemplo, la pared lateral 192. La lengüeta 124_1''', sin embargo, se extiende en el canal 154 desde la pared lateral opuesta 194. Las lengüetas en vista en planta a lo largo de la longitud del canal 154, desde la parte superior de la figura a la parte inferior, en las figuras 9 y 10, interrumpen los canales verticales y, de este modo, forman una trayectoria generalmente vertical únicamente tortuosa para fluidos. Ninguna trayectoria para fluido lineal vertical continua abierta está disponible a lo largo de las longitudes de los canales para ninguno de los canales.

Las lengüetas en el siguiente canal enfrentado opuesto 156 están en orientación de imagen especular con las lengüetas del canal 154 como se ve mejor en la figura 10.

La interrupción de bloqueo tortuosa de la trayectoria lineal vertical por las lengüetas se ve mejor en la figura 12a. El elemento representativo 162, el canal 166 tiene una lengüeta superior 124_2, una siguiente lengüeta inferior 124_2' y a continuación una siguiente lengüeta más inferior 124_2'' y así sucesivamente. Como se muestra, una parte de cada una de las lengüetas descansa sobre una parte de las demás lengüetas en el canal. En la vista en planta el canal 166 está totalmente bloqueado por las lengüetas, al igual que todos los canales, en la dirección vertical normal al plano de la figura. De este modo, ninguna trayectoria de fluido vertical lineal está presente a lo largo de la longitud del canal 166 (o canales 154, 156, 158 y así sucesivamente en la figura 10). Además, cada lengüeta en un canal dado tiene uno de sus bordes adyacente a y topando con una pared lateral o una pared de conexión.

Los agujeros 126 alojan cada uno una punta 132 de una lengüeta correspondiente. Por ejemplo, en la figura 12, una punta 132_2 de la lengüeta 124_2 se extiende a través de un agujero 126 en el canal adyacente 196 de un elemento adyacente 1102. Una punta 132_2' de la lengüeta 124_2' se extiende en el canal adyacente 198 del elemento 162. Una punta 132_2'' de la lengüeta 124_2'' se extiende en el canal adyacente 1100 del elemento 162. Las puntas de la lengüeta se extienden de este modo a través de los agujeros correspondientes 126 de su canal en un siguiente canal adyacente para todas las lengüetas.

Las lengüetas que se extienden desde una pared de conexión intermedia, tales como la lengüeta 124_2, figura 12, unida a la pared 174 del elemento 162, se extienden hacia y pasan a través del agujero 126 de la pared de conexión del elemento de relleno adyacente, tal como la pared 197 del elemento 1102. Sin embargo, ninguna de las lengüetas del elemento 1102 se extiende en o hacia los canales del elemento 162. De este modo, las lengüetas de cada elemento se emplean para cooperar sustancialmente solamente con los canales de ese elemento para proporcionar las trayectorias de fluido tortuosas deseadas. Las lengüetas de cada elemento son sustancialmente independientes de los canales de los elementos adyacentes, a pesar de que las puntas 132 de las lengüetas de la pared de conexión cooperan como se ha descrito con las paredes de conexión y los canales de los elementos adyacentes.

Las lengüetas 124 y las puntas 132 no se doblan alejándose del plano de la pieza troquelada 114, figura 13 para aquellas paredes de los siguientes canales adyacentes a la carcasa, paredes que topan con la carcasa 112. De este modo, las lengüetas en los bordes de la matriz estructural 103, figura 11, no se extienden más allá de la estructura para no interferir con las paredes internas de la carcasa 112. De la misma manera, las lengüetas en las superficies del borde de la estructura 103 no se doblan más allá del plano de estas superficies como se muestra en la figura 11. Los agujeros 126 en estas superficies del borde tampoco son necesarios.

Las puntas 132 y los agujeros 126 se emplean opcionalmente para proporcionar flujo de goteo de líquido a lados opuestos de las paredes de canales respectivos para mejorar el contacto con el fluido por toda la estructura de relleno. Además, el uso de generadores de vórtice, agujeros que se comunican transversalmente y similares son opcionales para la presente invención.

Los agujeros 126 también proporcionan comunicación fluida entre los canales en direcciones transversales del eje vertical de la matriz estructural 103. Por supuesto, las aberturas en el material de lámina de elementos estructurados formadas doblando las lengüetas fuera del plano del material de lámina proporcionan una comunicación fluida fundamental entre los canales en dirección transversal. Estas aberturas y las aberturas 126 pueden estar formadas en las cuatro paredes de cada canal interno.

Los elementos de la matriz estructural 103, figura 11, tales como los elementos 104, 106, 108, 110 y así sucesivamente, están preferentemente fijados conjuntamente soldando por puntos las esquinas de los canales en los

extremos superior e inferior de la matriz 3. La soldadura es opcional, ya que los elementos pueden tener una dimensiones que se ajusten estrechamente a la carcasa de torre 112 (figura 11) y se mantienen en su lugar con respecto a la carcasa mediante fricción o mediante otros medios (no se muestran) tales como fijadores o similares. Los elementos también pueden fijarse conjuntamente mediante cualesquiera dispositivos de fijación o medio de unión convenientes.

Debe entenderse que el número de lengüetas en un canal y su orientación relativa se da a modo de ejemplo. Por ejemplo, solamente una lengüeta, tal como la lengüeta 124_1''' en el canal 154 se extiende desde la pared lateral 194 en el canal 154. En la práctica, más de una lengüeta se extendería desde cada pared lateral dentro de cada canal. Además, la secuencia de orientación de las lengüetas, por ejemplo, lengüetas que se extienden desde una pared dada en una secuencia vertical, es también a modo de ejemplo, dado que pueden usarse otras orientaciones de acuerdo con una necesidad dada.

Además, la longitud vertical de los elementos y los canales de matriz de relleno de la matriz 103 en la práctica pueden variar de lo que se muestra. Las longitudes de los canales son determinadas por los factores implicados para una implementación dada según lo determinado por el tipo de fluidos, sus volúmenes, caudales, viscosidades y otros parámetros relacionados requeridos para realizar el proceso deseado como se ha descrito anteriormente en este documento con más detalle. La estructura de las figuras 9-13 se describe adicionalmente en el documento mencionado anteriormente WO-A-9934991 incorporado en su totalidad como referencia en este documento.

En las figuras 14, 15 y 16, una estructura de soporte de catalizador o relleno modular de transferencia de calor 2028, de acuerdo con una implementación dada, se coloca axialmente en un tubo 2020 a lo largo de la longitud del tubo 2020. Los rellenos 2028 comprenden cada uno una única lámina de una pieza de material de malla o tamiz poroso hecho de fibras metálicas u otras. El material de las fibras también puede ser cerámica, vidrio, carbono o cualquier combinación de los mismos. Los rellenos modulares 2028 se colocan preferentemente topando con (o en relación muy poco separada) en el barreno del tubo 2020.

El relleno modular representativo 2028 comprende una única lámina del material de malla poroso. El material de malla, figura 16, se pliega en las líneas de plegamiento 2030, 2031, 2033 y así sucesivamente en un lado 2034 del relleno 2028, y en las líneas de plegamiento 2030', 2031' y 2033' y así sucesivamente en el lado opuesto 2036 del tubo 2020. Las líneas de plegamiento 2030, 2030' definen una sección plana 2038 entre ambas del material de malla de lámina plana lisa. Las líneas de plegamiento 2031, 2031' forman una sección plana adyacente 2040 de material de malla. Las secciones 2038 y 2040 forman un canal de flujo de fluido 2042 entre ambas para el fluido que fluye normalmente en la dirección 2044, figura 14. La dirección real del flujo de fluido en el tubo es compleja debido a la turbulencia como se describirá y además fluye inclinado transversal con respecto al eje longitudinal del tubo definido por la dirección 2044.

La región entre las secciones 2038 y 2040, a modo de ejemplo, entre las líneas de plegamiento 2030' y 2031' forma una interfaz de tubo intermedia generalmente rectangular 2046 que topa contra la superficie interna del tubo 2020. Las secciones 2038 y 2048 que son representativas de la orientación de las otras secciones en el relleno 2028 son paralelas y paralelas a las demás secciones en el relleno. Como resultado hay una matriz 2048 de secciones paralelas, terminando cada sección en una línea de plegamiento que forma una interfaz con la línea de plegamiento de la sección adyacente. Las interfaces intermedias tales como la interfaz 2046 topan todas contra una superficie interna del tubo 2020 en una relación de conductividad térmica preferible. Las secciones tales como las secciones 2038 y 2040 y así sucesivamente están todas interconectadas como una estructura de una pieza separada por líneas de plegamiento y una interfaz intermedia, tal como la interfaz 2046.

La matriz de secciones tales como las secciones 2038 y 2040 forman una matriz correspondiente de canales de fluido tales como el canal 2042 que son paralelos de generalmente la misma anchura transversal en las direcciones 2050, figura 4. Ubicados en cada canal hay álabes generadores de turbulencia 2052, 2054 y 2056, por ejemplo en el canal 2058. Los álabes están todos inclinados a aproximadamente 45º con respecto a la dirección de flujo del fluido 2044 a través del tubo 2020, pero pueden estar inclinados en otros ángulos. Los álabes redirigen el fluido que impacta con los álabes transversalmente contra la superficie de la pared lateral interna del tubo 2020 para optimizar la transferencia de calor al tubo. Los álabes 2052, 2054 y 2056 son solamente unos pocos de los álabes unidos a la sección. Otros álabes similares están en alineamiento separado con los álabes 2053, 2054 y 2056 en la dirección axial de flujo de fluido 2044 del tubo 2020 en una matriz vertical. Una interfaz o álabe (en el borde del relleno tal como los álabes 2057 y 2059, figura 16) está en contacto de conductividad térmica con la superficie interna del tubo 2020. El relleno modular 2028 es, de este modo, una estructura en zig-zag plegada a modo de acordeón con canales parcialmente rectangulares formados por secciones planas e interfaces intermedias. Las interfaces intermedias están en ángulos con respecto al plano de algunas de las secciones para encajar con la curvatura correspondiente de la superficie interna del tubo 2020, como se muestra en la figura 4.

La configuración y distribución de los álabes 2052, 2054, 2056 y así sucesivamente se ilustra mejor junto con las figuras 17 y 18. En las figuras 17 y 18, la orientación de los álabes son diferentes, pero las dimensiones de los álabes son las mismas para un diámetro interno de tubo dado, dado que la orientación relativa de los álabes no es crítica para un tubo dado, siendo la orientación de todos los módulos preferentemente la misma en un tubo correspondiente. Sin embargo, la orientación de los álabes, que puede ser de aproximadamente 45º con respecto al eje longitudinal del tubo, también puede ser diferente para un conjunto dado de módulos en un tubo de acuerdo con una implementación dada.

En la figura 17, se forman tres láminas de pieza troquelada rectangulares idénticas 2062, 2062' de malla de alambre a partir de una pieza troquelada 2063, el material de malla que se describirá a continuación. La lámina representativa 2062' es una lámina rectangular alargada de material de malla de fibras que tiene dos bordes longitudinales idénticos paralelos 64 y bordes del extremo idénticos paralelos 2066. Las líneas continuas en la lámina de la pieza troquelada 2063 representan cortes pasantes. La lámina de la pieza troquelada 2062' tiene una pluralidad de secciones alineadas 2068, 2070 y 2072 y así sucesivamente en una matriz lineal. Las secciones tienen diferentes

longitudes L que corresponden a la dimensión transversal por todo el diámetro interno del tubo 2020 para esa sección (véase la figura 16). Las interfaces están entre cada una de dichas secciones tales como las interfaces 2074, 2076 y 2078. Las interfaces alternan en lados opuestos del tubo 2020 como se muestra en la figura 16. Los álabes están formados mediante cortes 2088, figura 18, en la sección 20104 a 45º con respecto a la dimensión de la longitud de la pieza troquelada y secciones de izquierda a derecha en la figura.

Como se ve mejor en la figura 18, en la pieza troquelada 20104 los álabes tales como los álabes 2080, 2082 y 2084 se la sección representativa 2086 son idénticos y están formados por cortes pasantes 2088. Los álabes 2090 y 2092 son más cortos que los álabes 2080, 2082 y 2084, ya que están situados en la esquina de la sección. Los álabes especulares 2094 y 2096 en la esquina opuesta diagonal de la sección 86 son los mismos que los álabes 2090 y 2092, pero, como alternativa, pueden diferir entre sí de acuerdo con una implementación dada.

El corte 2088 tiene una parte recta 2088' y un corte en ángulo 2088" en un extremo del corte y un corte en forma de U 2098 junto con el corte 2088'. El álabe representativo 2084 tiene una línea de plegamiento 20100 mostrada mediante la línea de puntos. Las líneas de plegamiento para los álabes en las otras secciones no se muestran mediante líneas de puntos, pero se pretende incluirlas. Las líneas de plegamiento para todas las secciones centrales en la pieza troquelada 20104 excluyendo las dos secciones del extremo opuestas tales como la sección 20102 son paralelas a la línea de plegamiento 20100.

Las secciones están separadas cada una por dos líneas de plegamiento tales como las líneas de plegamiento 20106 y 20108 entre las secciones 2086 y 20102. Las secciones 20106 y 20108 forman una interfaz intermedia 20110 entre ambas. Una interfaz intermedia adicional 20112 está entre las líneas de plegamiento 20114 y 20116 de las secciones respectivas 20118 y 2086 y así sucesivamente.

Los álabes de la sección del extremo 20102 son diferentes de los álabes intermedios de las secciones del extremo. Los álabes 20120, 20122, 20124, 20126 y así sucesivamente de la sección del extremo 102 son más finos en anchura transversal, y tienen bordes externos curvados 20128. Estos álabes topan directamente con la superficie interna del tubo y, por lo tanto, tienen curvaturas que encajan con la curvatura de la superficie interna curva del tubo 2020. Estos álabes de sección del extremo corresponden en ubicación a los álabes 2054, 2057, por ejemplo, en la figura 16, el relleno modular 2028. Debe entenderse que los dibujos no son a escala y son generalmente de naturaleza esquemática para explicar los principios en lugar de proporcionar una relación dimensional exacta de los diferentes elementos del relleno y el tubo 2020.

Dado que los álabes de los diferentes rellenos modulares 2028, figuras 14-16, están inclinados generalmente a 45º con respecto al eje longitudinal del tubo 2020, estos álabes dirigen, todos, el fluido contra la superficie interna de la pared de tubo para maximizar la transferencia de calor desde el interior de las secciones al tubo. Los álabes también crean diferenciales de presión locales, es decir, turbulencia, que puede maximizar el flujo de fluido a través de la malla del material de sustrato que forma el relleno modular 2028 como se describirá con más detalle en este documento. El material de malla debido al pequeño tamaño de poro, normalmente no muestra flujo de fluido a su través cuando el diferencial de presión a su través en superficies opuestas es aproximadamente el mismo valor o un valor pequeño.

El tamaño y la separación de las aberturas en el material de malla de las secciones, preferentemente en combinación con los generadores de turbulencia del álabe, se seleccionan opcionalmente para obtener un mezclado de la masa deseado y una caída de presión a través de la malla del relleno estructurado, aunque dichas aberturas y generadores no son necesarias para la presente realización.

La invención se describirá a continuación con respecto a los siguientes ejemplos; sin embargo, no se pretende que el alcance de la presente invención se limite a éstos.

Ejemplo 1.

Un catalizador de conversión de NO_x compuesto por una mezcla de óxidos de metales de transición se muele en un molino de bolas Eiger durante cinco minutos a 4000 rpm para preparar una suspensión del 19,6 por ciento en peso de sólidos para producir un tamaño medio de partícula de 2,4 micrómetros. A esta mezcla en suspensión se le añadió el 2% en peso de sol de alúmina Nyacol en base al peso de sólidos en la suspensión. Una lámina de microfibras Hastelloy X de 0,4 milímetros de grosor y el 90% de porosidad se formó en una estructura de panal que a continuación se recubrió con esta mezcla en suspensión mediante recubrimiento por inmersión de la estructura. El exceso de suspensión en los canales se retiró mediante tratamiento con cuchilla de aire a una presión de 5 bares. La estructura pesaba 6,14 gramos antes del recubrimiento y 7,25 gramos después del recubrimiento y el secado a 120ºC durante 1 hora, dando de este modo un aumento del porcentaje en peso del 15,4 por ciento en peso. Este panal recubierto se recubrió a continuación una segunda vez con la misma retirada por cuchilla de aire de la suspensión de los canales del panal. El segundo panal dio como resultado un panal con un peso de 8,40 gramos que produce una muestra del 26,9 por ciento en peso. Dos estructuras de panal más de 6,32 y 8,43 gramos de peso se recubrieron como se ha descrito en este ejemplo y el porcentaje en peso final de estas dos muestras era del 27,9 y el 28,6%. Estas muestras se usaron para la evaluación catalítica de la retirada de NOx en un gas de escape simulado y demostraron ser catalizadores eficaces para la retirada de NOx.

Ejemplo 2.

A sesenta gramos de la mezcla en suspensión en el Ejemplo 1, se añadieron sesenta gramos de agua para diluir el contenido de sólido en la suspensión al 9,8 por ciento en peso. Un panal de 5,87 gramos se recubrió con la suspensión al 19,6 por ciento en peso del Ejemplo 1, y se secó como se ha descrito en el Ejemplo 1. Esta estructura de panal se recubrió a continuación una segunda vez con la suspensión al 9,8 por ciento en peso, y se secó con cuchilla de aire como se ha descrito en el Ejemplo 1. Este segundo recubrimiento dio como resultado un nivel de carga final del 21,2 por ciento en peso. Esta muestra se usó para evaluación catalítica de la retirada de NOx en un gas de escape simulado, y demostró ser un catalizador eficaz para la retirada de NOx.

Ejemplo 3.

Un segundo lote del catalizador se molió en un molino de bolas como se ha descrito en el Ejemplo 1 durante 5 minutos. A esta suspensión se le añadió el 1 por ciento en peso de Povidona (PVP) (un producto polimérico soluble en agua de BASF) en base a la concentración total de suspensión. A esta suspensión se le añadió el 5 por ciento en peso de sol de alúmina Nyacol en base al contenido de sólidos en la suspensión. Se descubrió que el contenido de sólidos era del 23,1 por ciento en peso. Para dos estructuras de panal hechas del material de microfibras usado en el Ejemplo 1, el recubrimiento por inmersión de esta suspensión al 23,1% produjo un producto recubierto que contiene el 20,5 y el 19,8 por ciento en peso de sólidos después del secado a 120ºC durante 0,5 horas, y calcinación a 500ºC durante 1 hora. A una tercera estructura de panal esta suspensión al 23,1 por ciento en peso se diluyó al 17,8 por ciento en peso, y el producto recubierto tenía un nivel de carga del 16,3 por ciento en peso. Estas muestras se usaron para evaluación catalítica de la retirada de NOx en un gas de escape simulado, y demostraron ser catalizadores eficaces para la retirada de NOx.

Ejemplo 4.

Se preparó un relleno de las siguientes especificaciones:

Tamaño del reactor

Anchura del reactor	0,05 m
Profundidad del reactor	0,05 m
Altura del paquete	0,09 m
Volumen el paquete	2,25 E-04 m^3
Nº de paquetes	2
Láminas/paquete	10
Altura total del reactor	0,18 m
Volumen total del reactor	4,50 E-04 m^3
Area superficial específica del relleno	500 m^2/m^3
Diámetro de la fibra	12 μm
Grosor de la lámina	0,8 mm
Porosidad	90%
Material	Acero inoxidable 316

y el catalizador se recubre de la siguiente manera:

El catalizador de DeNOx se molió con un molino de bolas a un tamaño de partícula promedio menor de 5 μm. El catalizador se mezcló con agua en una proporción en peso de 15:85, y se homogeneizó en un molino de bolas con bolas de zirconia. El pH de la suspensión se ajustó a 8,5 mediante la adición de amoniaco. La suspensión se transfirió a un baño de recubrimiento que contenía dos electrodos conectados a los polos positivos de una fuente de energía. Cada lámina del paquete se recubrió por separado. La lámina se colocó verticalmente paralela a y a igual distancia de cada uno de los electrodos y conectado al polo negativo de la fuente de energía. El recubrimiento se depositó a 9 V durante 30 segundos. La lámina se tomó del baño, y se secó al aire a 100ºC durante 30 minutos, después de lo cual se calcinó al aire a 500ºC durante 30 minutos a una velocidad de calentamiento de 10ºC/min.

Ejemplo 5.

El rendimiento de una nueva estructura de catalizador de Reducción Catalítica Selectiva (SCR) de DeNOx de la configuración descrita en el Ejemplo 4 se usó en un ensayo de actividad DeNOx convencional usando las siguientes condiciones: una concentración de entrada de NOx de 500 ppm, alimentación de NH3 de 1,1 x estequiométrico, temperatura de 350ºC, velocidad espacial de 10000 l/h y una caída de presión de 1,5 mbares/m (0,06 psi/pie). En estas condiciones se midió una eficacia de reducción de NOx del 92% para esta estructura del catalizador que contiene 0,16 g de vanadio. Esto puede compararse con el mismo catalizador configurado como panal (35 cpsi, 2,3 g de vanadio) dando una eficacia de retirada de NOx del 96% en las mismas condiciones de reacción.

Generalmente se cree que la reacción de DeNOx es de primer orden con respecto a NOx Por lo tanto, la estructura del catalizador de este ejemplo alcanza una retirada de NOx comparable a una velocidad de retirada de primer orden/unidad de catalizador que es 11 veces más rápida que la de una estructura convencional.

Ejemplo 6.

En este ejemplo el rendimiento de la misma estructura de catalizador que en el Ejemplo 2 se ha usado para

estudiar la eficacia de la retirada de NOx para aplicaciones de bajo NOx. Un chorro de gas que contenía 27 ppm de NOx se trató sobre la estructura de catalizador después de la inyección de amoniaco en dos puntos diferentes aguas arriba del reactor. En el primer caso el chorro de gas de entrada resultante se mezcla bien, en el segundo caso NOx y NH_3 se mezclan mal antes de entrar en la estructura del catalizador. Los resultados de estos experimentos (realizados en las mismas condiciones que en el Ejemplo 5 excepto por las concentraciones de NOx y NH_3) se resumen en la tabla a continuación:

	Mezclado perfecto		Mezclado malo	
	Panal	MEC	Panal	MEC
NOx, dentro (ppm)	26,5	27	27	27
Eficacia de retirada (%)	84	86	18	87
NOx, fuera (ppm)	4	4	22	4
NH_3, fuera (ppm)	3	3	22	3

La estructura SCR DeNOx similar a una malla puede garantizar cantidades muy bajas de NOx y NH_3 en la salida de los chorros que no están premezclados perfectamente. Esto no es cierto para el sistema convencional, en el que el rendimiento cae drásticamente si no se consigue un premezclado perfecto.

Ejemplo 7

Una estructura corrugada SCR-DeNOx de tipo malla se comparó con un panal cerámico sólido de canal recto convencional en condiciones que simulan la salida de una Turbina de Gas. Ambas estructuras utilizaban el mismo catalizador (V_2O_5 al 3% en WO_3/TiO_2. La caída de presión en todos los casos es de 740 - 840 Pa/m.

Temperatura -350ºC

NO dentro - 20 - 30 ppm

NH_3/NO dentro - 0,92-1,0

Sección Transversal del Reactor de ensayo - 86 x 90 mm

Longitud del Reactor de Ensayo - 740 - 750 mm

Velocidad Superficial - 6,4 m/s

Estructura de tipo malla

Superficie de lámina 500 m^2/m^3

Carga de catalizador = 0,19 (peso de catalizador /peso de catalizador + peso de malla)

Ángulo de Corrugación = 60º con respecto a la horizontal

Catalizador en panal

882 $m^{2/}m^3$

45,9 cpsi

La constante de velocidad específica en los resultados a continuación tiene en cuenta diferencias en la entrada de NH_3/NO.

$$\mathbf{k/SV = -1n(1-x/r)}$$

donde

k = constante de velocidad específica (1/h)

SV = velocidad espacial (volumen de alimentación/volumen de estructura)

X = conversión de NO

r = entrada de NH_3/NO

Resultados

Catalizador	Longitud del reactor (mm)	NO dentro (ppm)	NH3/NO	Conversión de NO	Deslizamiento de NH3 (ppm)	k (1/h)
Panal	740	26	0,92	80,4%	0,7	27800
Similar a una malla	750	21	0,95	86,90	0,7	33153

Este ejemplo muestra claramente que una estructura corrugada similar a una malla es capaz de retirar más NO que una estructura de panal cerámico sólido del mismo volumen.

Ejemplo 8

En el siguiente ejemplo los 250 mm superiores de la estructura de panal sólido cerámico se retiraron y se sustituyeron, en un caso por una estructura corrugada similar a una malla catalizada y en otro por una lámina de papel metálico no catalizada de la misma configuración corrugada. Esto se realizó para evaluar el impacto de un mezclado mejorado antes del panal en deslizamiento de amoniaco (amoniaco sin reaccionar).

Catalizador	Longitud del reactor (mm)	NO dentro (ppm)	NH3/NO	Conversión de NO	Deslizamiento de NH3 (ppm)	k (1/h)
Malla a 60º + panal	750	25	0,99	87,7%	0,3	29270
Papel de aluminio a 60º + panal	750	28	0,95	83,40	1,25	29201

Los resultados de este ejemplo muestran que un elemento corrugado de mezclador catalizado en combinación con un panal de canal recto es mucho más eficaz para convertir amoniaco que un mezclador corrugado no catalizado seguido de un panal cerámico sólido de cadena recta. Además, la comparación de los ejemplos 7 y 8 muestra que el uso de una estructura corrugada de mezclador (catalizado o no catalizado) más panal es más eficaz para retirar NOx que la misma longitud de panal en solitario.

Ejemplo 9:

Una suspensión al 25% (en peso de sólidos) de un material catalítico V_2O_5-WO_3/TiO_2 se preparó moliendo en un molino de bolas hasta un tamaño < 1 micrómetro. El contenido de sólidos del material suspendido se redujo al 10% mediante la adición de agua desionizada. A esta suspensión, se le añadió el 2% (en peso en base al contenido de sólidos de la suspensión) de sol de zirconia estabilizado en ácido nítrico, también se añadió el 1% (en peso en base al peso de la suspensión) de sulfato de amonio a esta suspensión.

Láminas, 2,5 cm por 3,5 cm 0,8 mm de grosor, 95% de volumen vacío, hechas de fibras de sílice de gran pureza se recubrieron usando esta suspensión. Las láminas se secaron a continuación a 120ºC durante 1 h. Se realizó un segundo recubrimiento de catalizador de la suspensión y las láminas se secaron de nuevo a 120ºC durante 1 h. Las láminas secas se calcinaron a 350ºC durante 4 h. Se descubrió que la captación de material catalítico sobre las fibras de sílice era del 70% (en base al peso final de la lámina recubierta). Se ensayó la capacidad de reducción de NO del catalizador preparado de este modo.

Las condiciones del ensayo eran:

Concentración de NO: 410 ppm

Concentración de NH_3: 390 ppm

Concentración de Oxígeno: 5%

Concentración de CO_2: 13%

Concentración de H_2O: 8%

Se observó una conversión de NO del 86% a una temperatura de 300ºC y una velocidad espacial de 25000 h^{-1}.

Debe entenderse, sin embargo, que el alcance de la presente invención no está limitado a las realizaciones específicas descritas anteriormente. La invención puede ponerse en práctica de otra manera a la descrita particularmente y seguir estando dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para retirar al menos un óxido de nitrógeno de un fluido, que comprende:

hacer fluir a un fluido sobre una estructura de material de lámina de malla fibrosa (22, 24, 26, 120) formada por una pluralidad de capas de fibras de orientación aleatoria, teniendo el material de lámina de la estructura poros en lados opuestos, estando cada lado en comunicación con los poros, teniendo dicha estructura de malla una porosidad de más de aproximadamente el 85%, teniendo la estructura de malla una pluralidad de canales (154, 156, 158, 161, 163, 164, 168, 170), teniendo cada canal una entrada que recibe fluido y una salida de fluido, fluyendo el fluido recibido a través de los canales desde las entradas a través de dichas salidas, incluyendo dicho material de lámina generadores de turbulencia (28, 46, 48, 121, 123, 124, 124', 124'', 124''') situados en los canales y que se extienden desde el material de lámina, estando los generadores formados a partir de y de una pieza con dicho material de lámina y extendiéndose en los canales para formar turbulencia en el fluido circulante, creando la turbulencia un diferencial de presión a través del material de lámina de malla, proporcionando dicho diferencial de presión una fuerza impulsora para el acceso de flujo del fluido circulante a los poros para promover el contacto con el material fibroso en los poros y dicho fluido circulante, dicho diferencial de presión para hacer que los fluidos circulantes fluyan a través de los poros transversalmente a través del material desde un lado al otro lado del material para promover el contacto con el material fibroso en los poros esencialmente en toda la superficie del material; y

poner en contacto al fluido circulante con un catalizador de conversión de óxido de nitrógeno soportado sobre el material en las partes interna y externa de la estructura de material de lámina para hacer reaccionar al catalizador con el fluido circulante recibido para convertir a dicho al menos un óxido de nitrógeno en el fluido circulante.

2. El proceso de la reivindicación 1, que incluye proporcionar dicha estructura de material de lámina de malla fibrosa con una porosidad de más del 90%.

3. El proceso de la reivindicación 1, que incluye seleccionar dicho al menos un óxido de nitrógeno entre el grupo constituido por NO y NO_2 y N_2O.

4. El proceso de la reivindicación 1, en el que la etapa de contacto incluye recubrir con el catalizador a la estructura de material de lámina de malla fibrosa.

5. El proceso de la reivindicación 4, que incluye proporcionar el recubrimiento con un grosor de menos de 30 micrómetros.

6. El proceso de la reivindicación 1, que incluye formar la estructura de material de lámina de malla fibrosa de al menos una de fibras metálicas, una combinación de fibras cerámicas y metálicas o fibras cerámicas.

7. El proceso de la reivindicación 1, en el que dicha estructura de material de lámina de malla fibrosa incluye corrugaciones que forman dichos canales, estando dichos canales orientados unos con respecto a otros y con respecto al flujo de fluido para formar dichos generadores de turbulencia.

8. El proceso de la reivindicación 7, que incluye hacer fluir al fluido a través de una disposición en serie de las corrugaciones y una estructura de panal monolítica.

9. El proceso de la reivindicación 1, que comprende: oxidar el al menos un NO a NO_2 y poner en contacto el NO_2 con un carbonato, bicarbonato o hidróxido metálico soportado sobre la estructura de material de lámina de malla fibrosa, comprendiendo dicha estructura de material de lámina de malla fibrosa uno de fibras metálicas, fibras cerámicas y fibras cerámicas y metálicas y teniendo una porosidad de al menos el 87%.

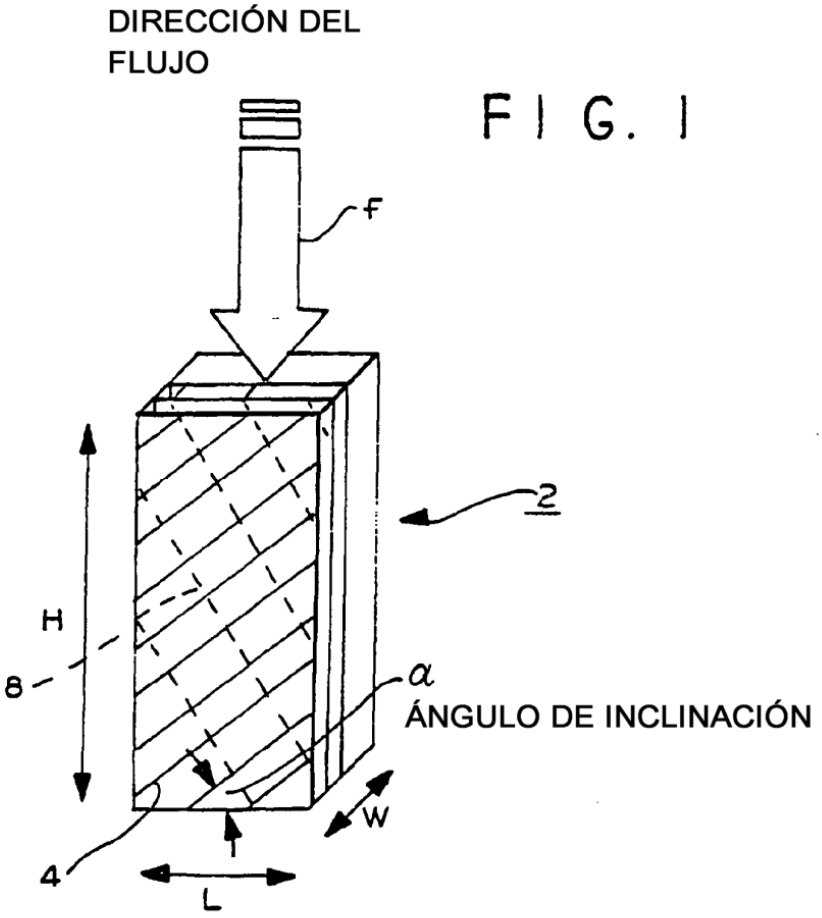
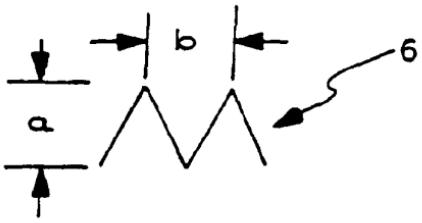


FIG. 1

FIG. 1a



a = ALTURA DE LA CORRUGACIÓN

b = LONGITUD DE PASO

FIG. 2

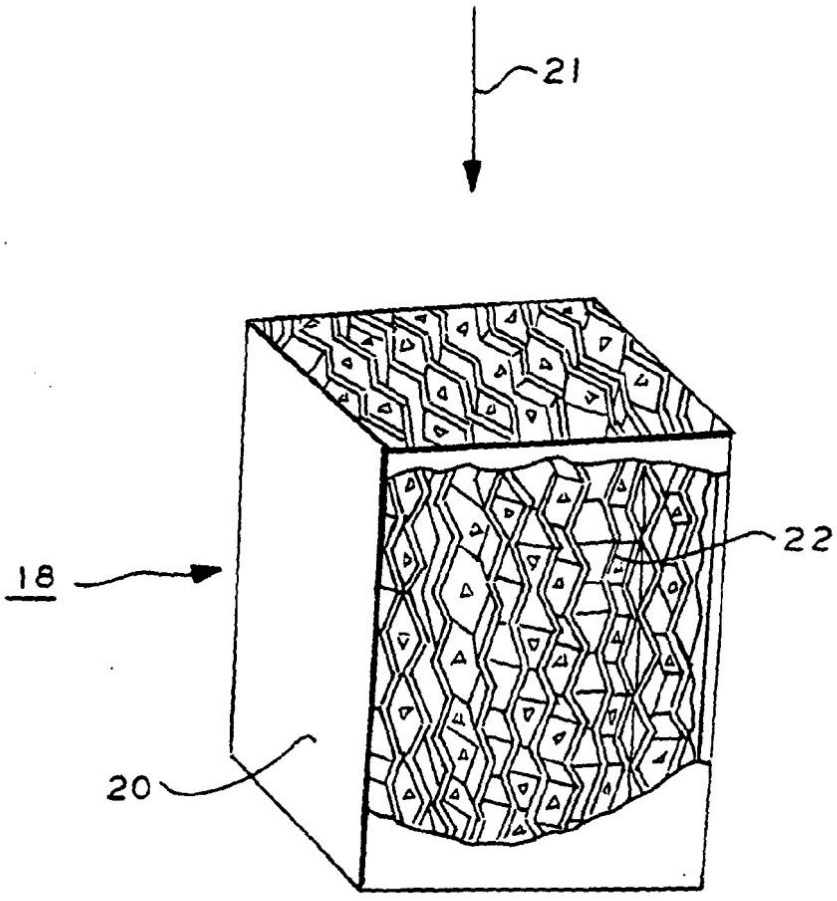


FIG. 3a

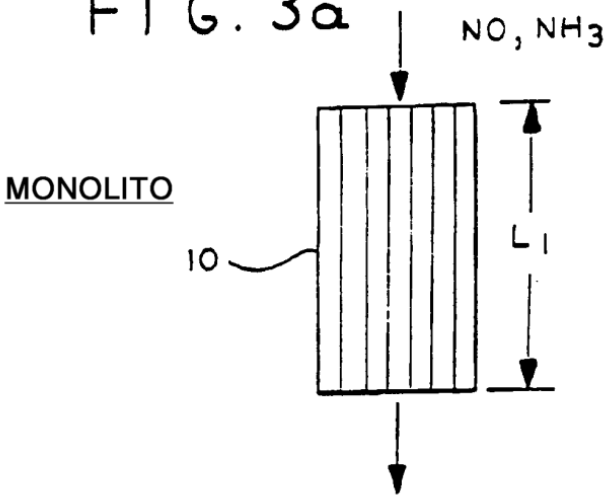


FIG. 3b

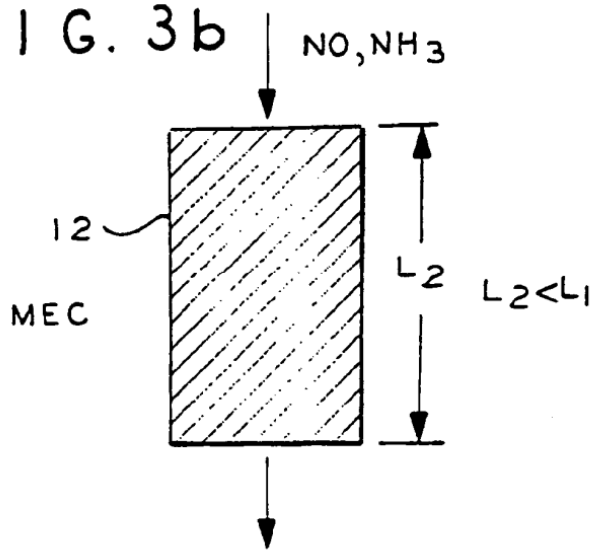


FIG. 3c

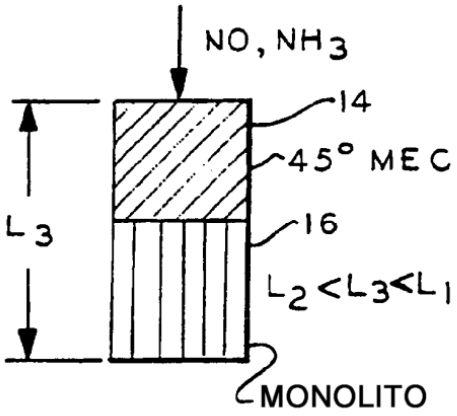


FIG. 4

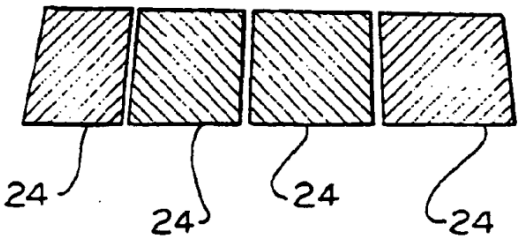


FIG. 5

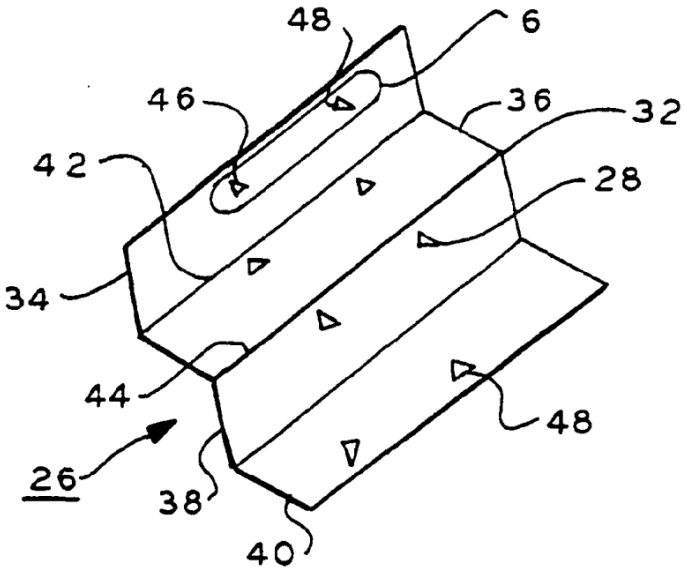


FIG. 6

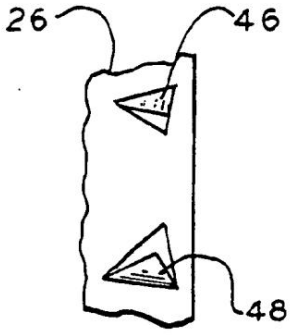


FIG. 7

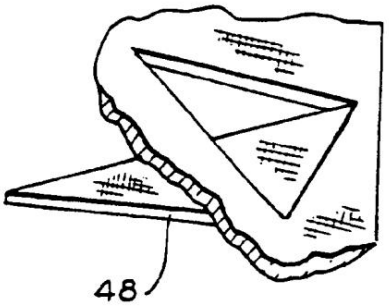


FIG. 8

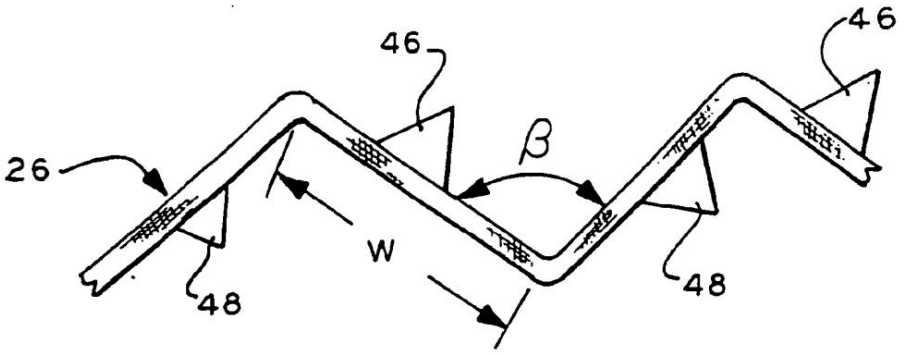


FIG. 9

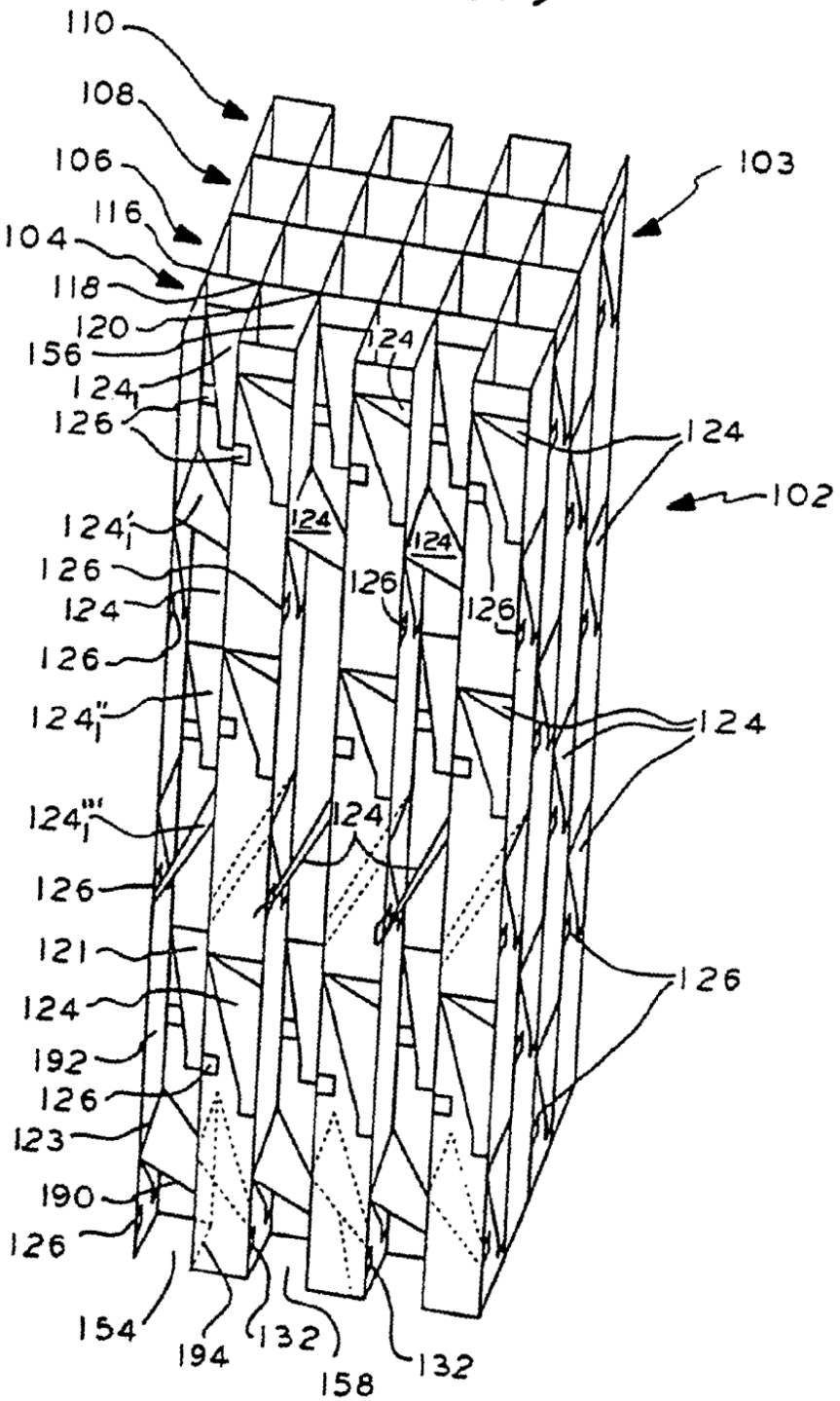

110
108
106
116
104
118
120
156
124'
126
124
103
102
124'
126
124
126
126
124''
126
124'''
124
126
121
124
192
126
123
190
126
154
194
132
158
132
124
124
124
126

FIG.10a

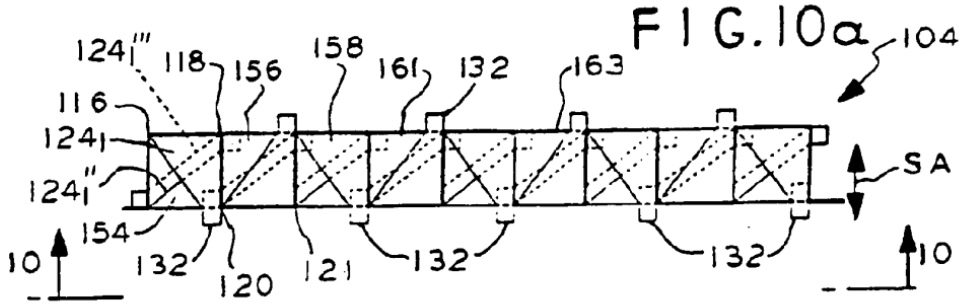


FIG.10

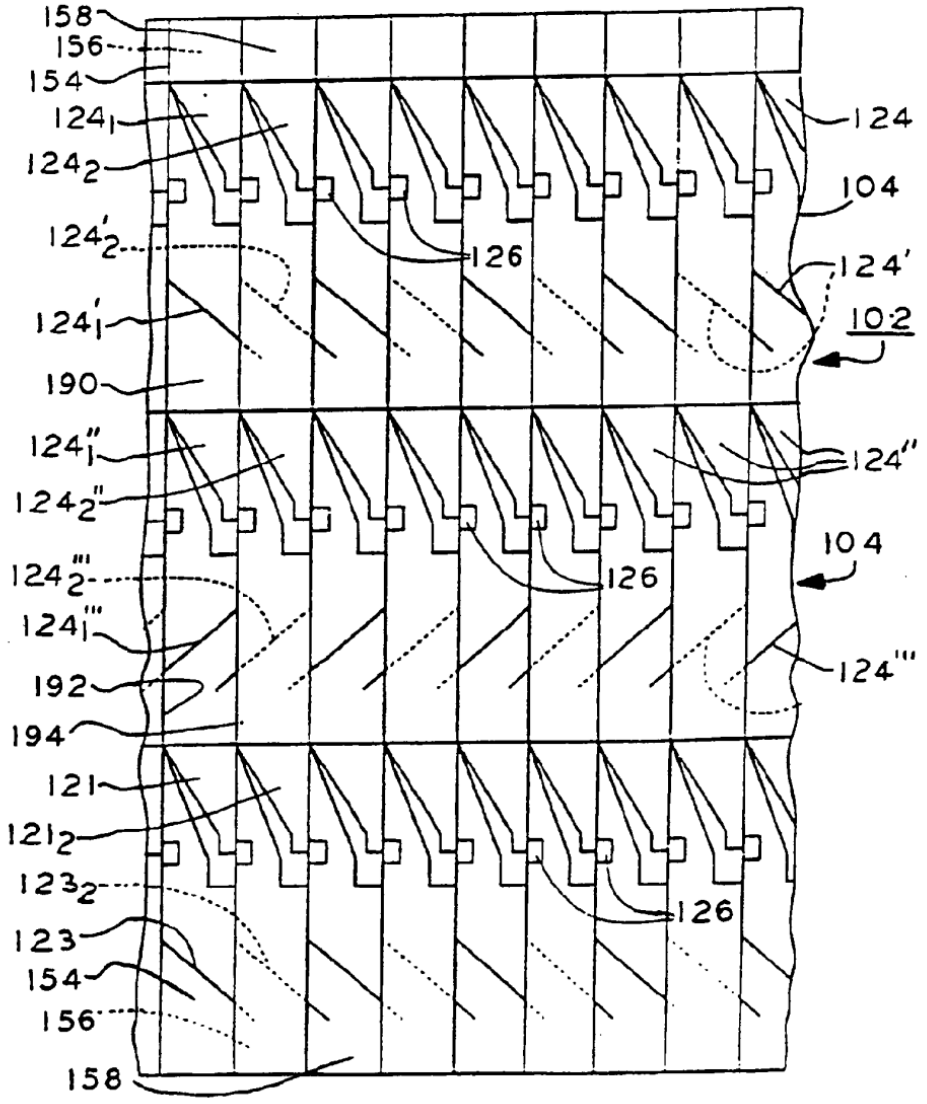


FIG. 11

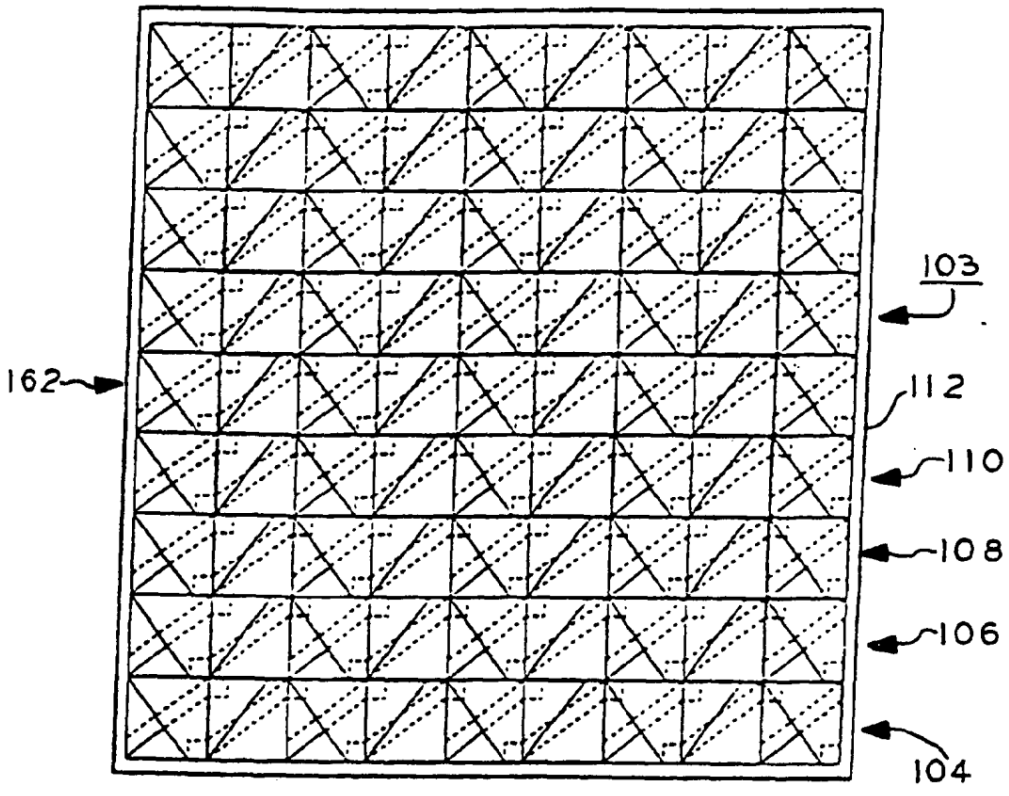


FIG. 12

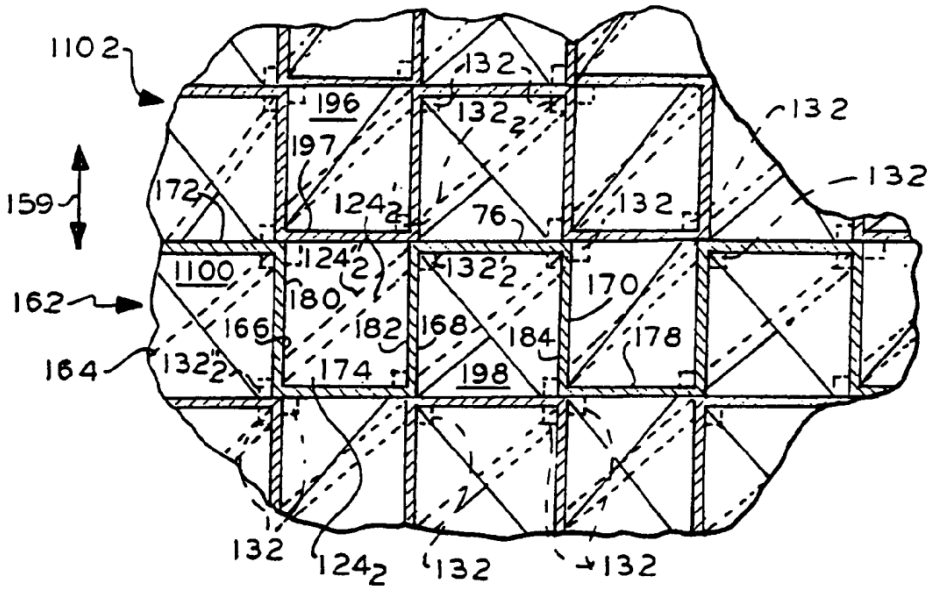

1102
132
196
132
197
132
159
172
124
76
132
132
1100
124
132
162
180
170
166
182
168
184
178
164
132
174
198
132
124
132
132

FIG. 13

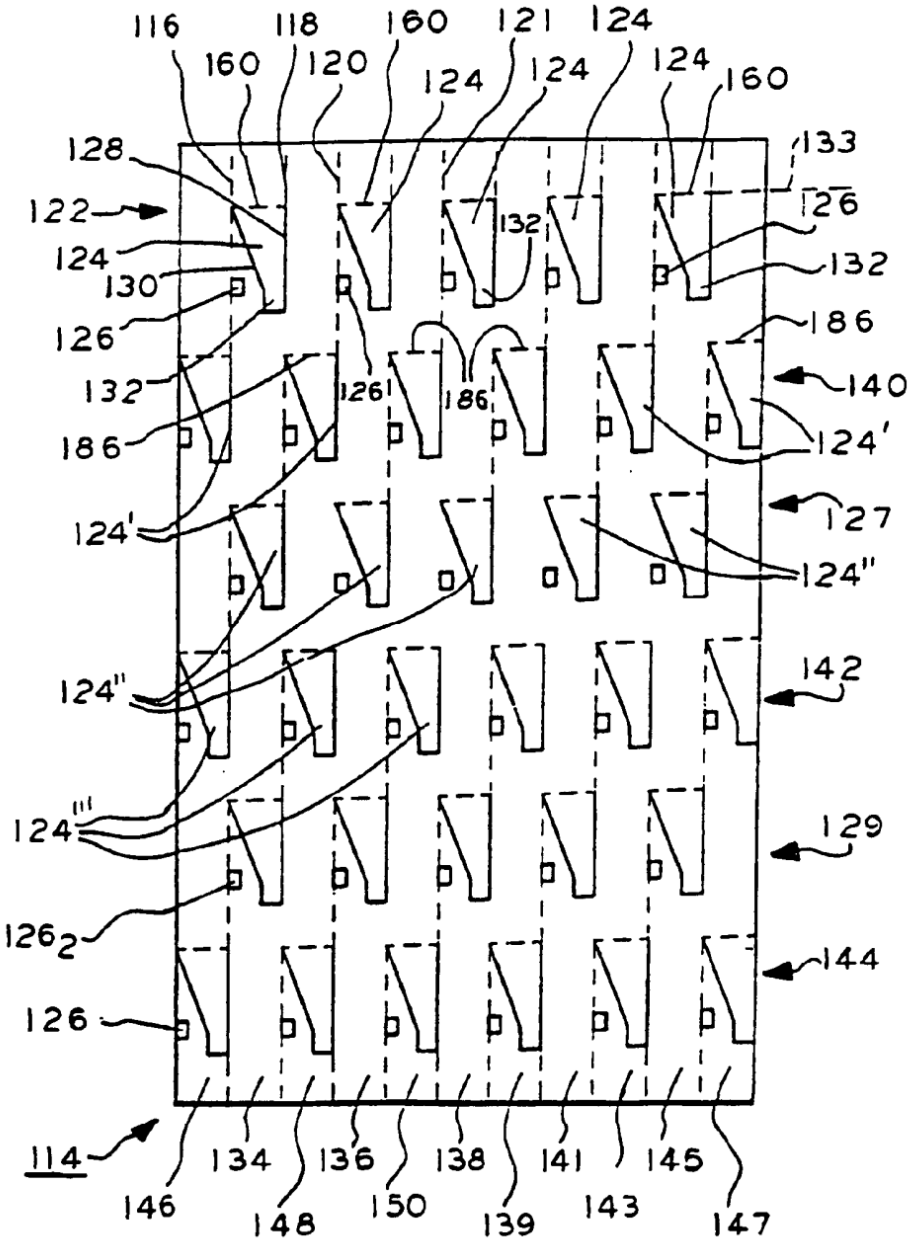

116
118
160
121
124
160
120
124
124
124
160
128
133
122
126
132
124
130
132
126
186
132
126
186
140
186
124'
124'
127
124"
124"
142
124'''
129
126₂
144
126
114
134
136
138
141
145
146
148
150
139
143
147

FIG. 14

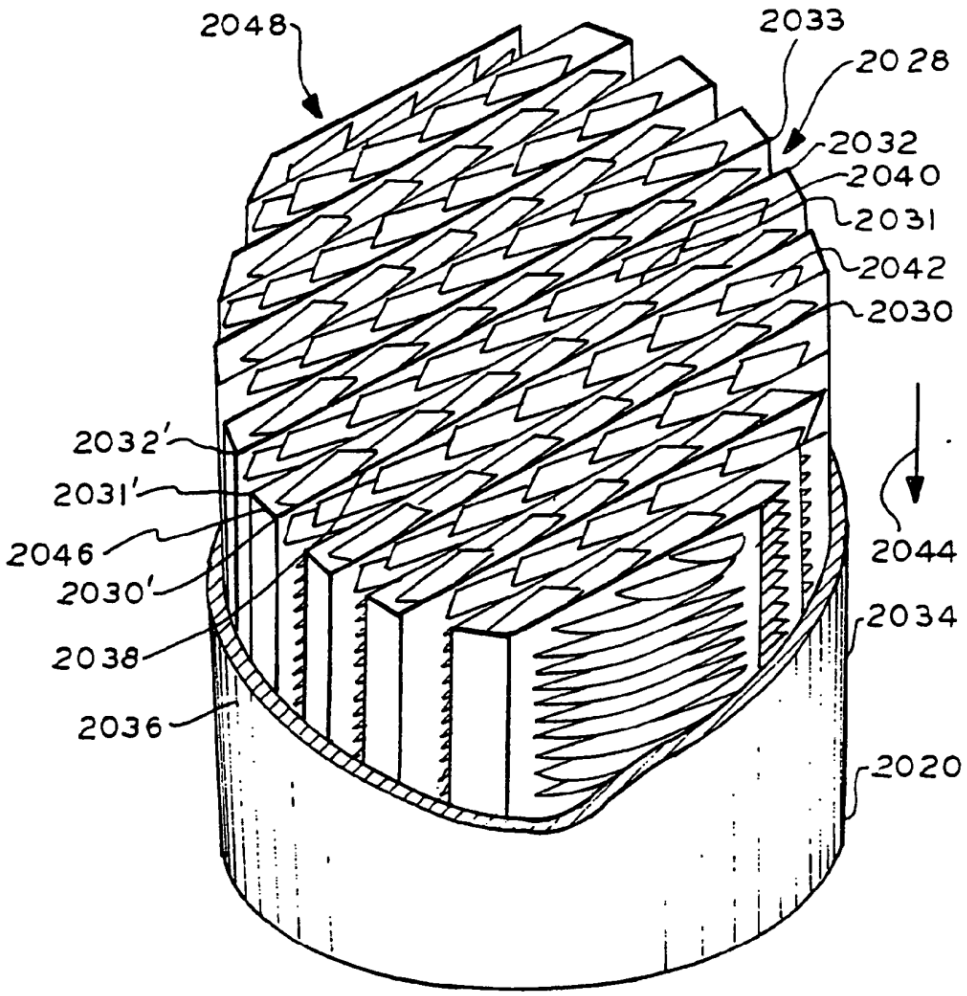

2048
2033
2028
2032
2040
2031
2042
2030
2032'
2031'
2046
2030'
2038
2036
2044
2034
2020

FIG. 15

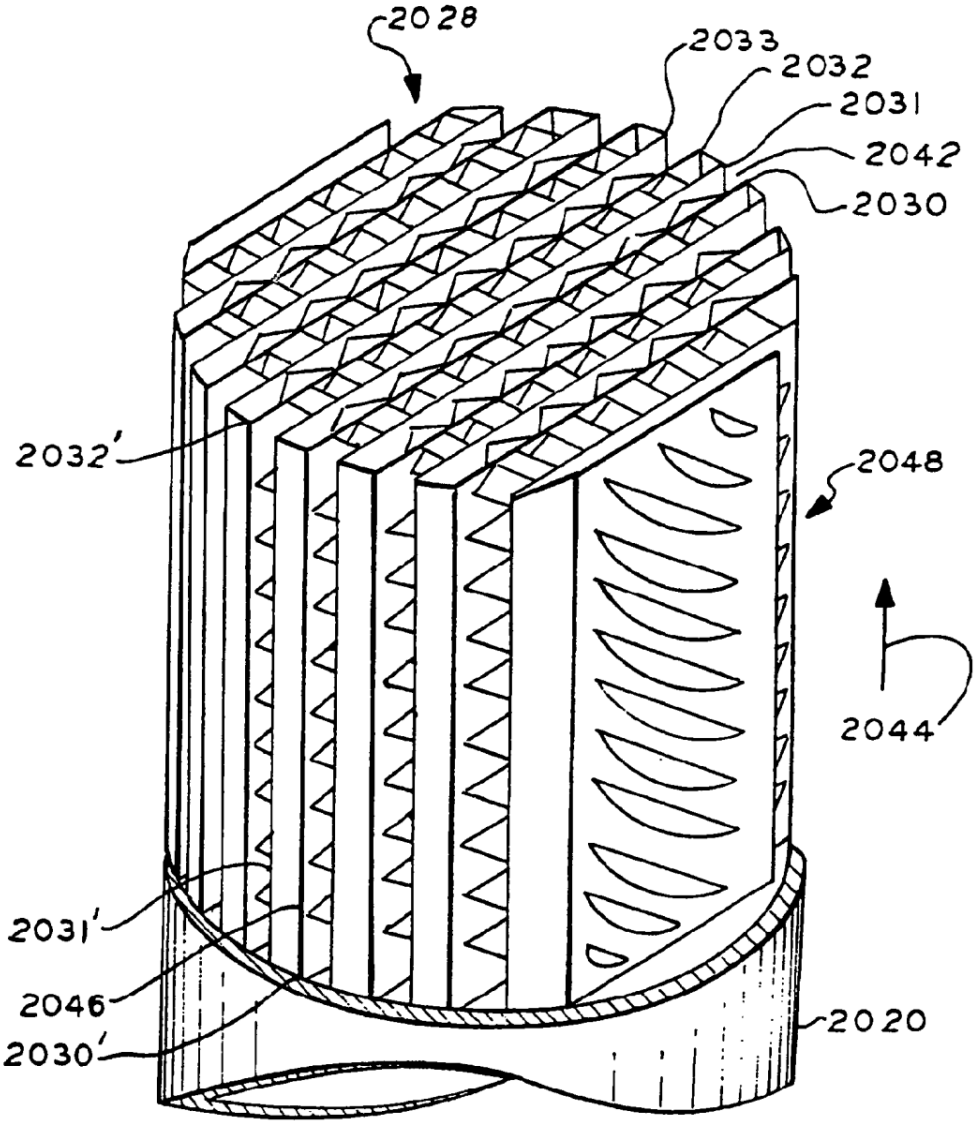

2028
2033
2032
2031
2042
2030
2032'
2048
2044
2031'
2046
2030'
2020

FIG. 16

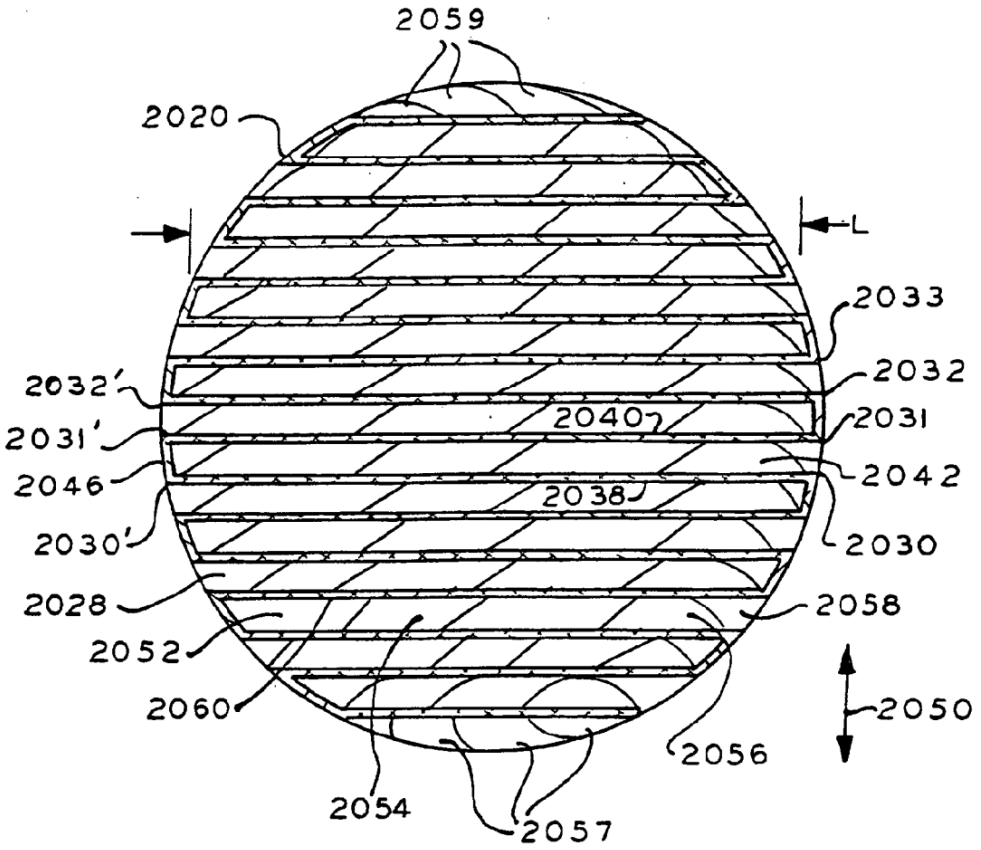
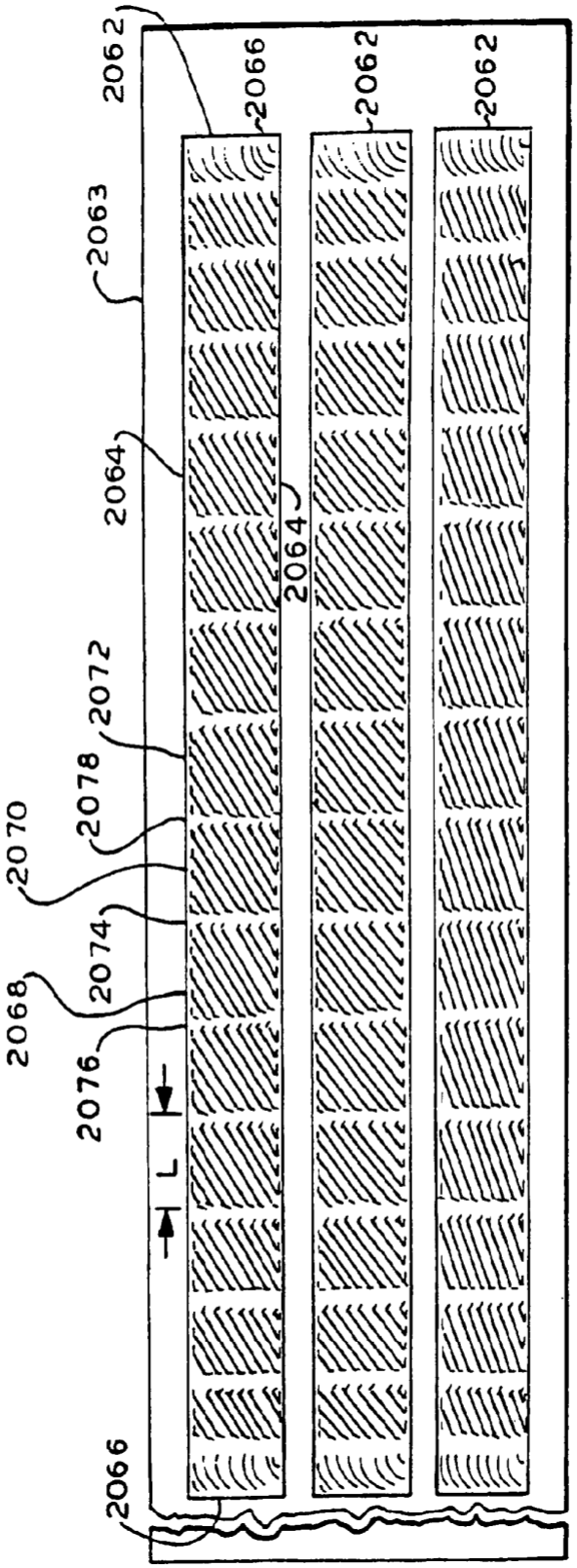

2059
2020
L
2033
2032
2032'
2031'
2040
2031
2046
2042
2038
2030'
2030
2028
2058
2052
2050
2060
2056
2054
2057

FIG. 17


2062
2066
2062
2062
2063
2064
2064
2072
2078
2070
2074
2068
2076
L
2066

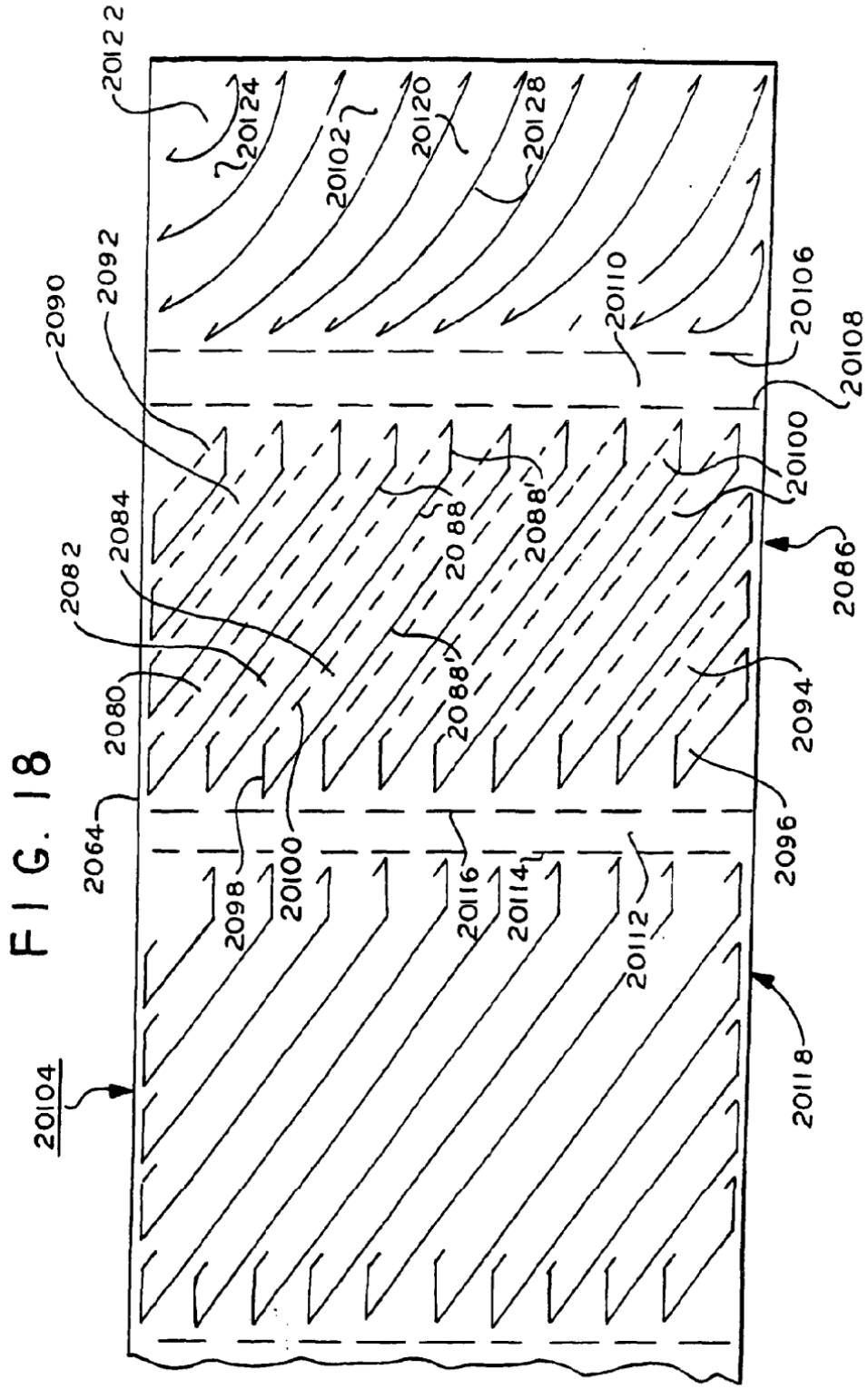

20122
20124
20102
20120
20128
2092
2090
20110
20106
20108
20100
2084
2088
2088'
2086
2082
2080
2088'
2094
2064
2098
20100
20116
20114
20112
2096
20104
20118

FIG. 18

FIG. 19

