

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 597 160**

51 Int. Cl.:

B01F 5/04 (2006.01)
F23J 15/00 (2006.01)
B01F 3/02 (2006.01)
B01F 5/06 (2006.01)
B01F 5/00 (2006.01)
B01D 53/56 (2006.01)
B01D 53/86 (2006.01)
B01D 53/90 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2013 E 13166810 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.07.2016 EP 2662130**

54 Título: **Rejilla de inyector con mezclador de dos etapas y procedimiento**

30 Prioridad:

10.05.2012 US 201261645296 P
26.03.2013 US 201313850459

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

16.01.2017

73 Titular/es:

GENERAL ELECTRIC TECHNOLOGY GMBH
(100.0%)
Brown Boveri Strasse 7
5400 Baden, CH

72 Inventor/es:

TABIKH, ALI MUSTAPHA y
TU, HAITAO

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 597 160 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Rejilla de inyector con mezclador de dos etapas y procedimiento

REFERENCIA CRUZADA A LA SOLICITUD RELACIONADA

5 Esta solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud de Patente Provisional Norteamericana con Número de Serie 61/645.296; presentada el 10 de Mayo de 2012.

CAMPO DEL INVENTO

La presente invención se refiere a una disposición para suministrar y mezclar un agente reductor en forma gaseosa a un gas de combustión que fluye a través de un conducto a un reactor de reducción catalítica selectiva (SCR) dispuesto aguas abajo de dicha disposición.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15 En la combustión de un combustible, tal como carbón, petróleo, gas natural, turba, residuos, etc., en una instalación de combustión, tal como una central energética o una planta de incineración de residuos, se genera un gas de proceso. Para separar óxidos de nitrógeno, usualmente indicados NOx, de tal gas de proceso, a menudo referido como un gas de combustión, se utiliza frecuentemente un método en el que un agente reductor, usualmente amoníaco o urea, es mezclado con el gas de combustión. El gas de combustión, mezclado con dicho amoníaco o urea, es entonces hecho pasar a través de un catalizador para promover una reacción selectiva del agente reductor con los NOx para formar gas nitrógeno y vapor de agua. Usualmente el catalizador es instalado en lo que comúnmente se llama un reactor de reducción catalítica selectiva (SCR). La mezcla del agente reductor y del gas de combustión se lleva a cabo en un conducto de gas en una posición aguas arriba del reactor SCR.

20 El agente reductor es suministrado al conducto de gas por una pluralidad de boquillas dispuestas dentro del conducto de gas. Para facilitar una distribución uniforme de la concentración de NOx y del agente reductor sobre una sección transversal dada del conducto de gas, y por lo tanto también sobre una sección transversal dada del reactor SCR, se conoce la utilización de placas mezcladoras en el conducto para provocar un flujo turbulento del gas de combustión.

25 Sin embargo, en muchos sistemas, la concentración de NOx y del agente reductor no se distribuye uniformemente en el gas de combustión sobre una sección transversal dada del reactor SCR. Esto plantea un problema ya que una relación estequiométrica entre los NOx y el agente reductor es esencial para lograr una buena reducción del contenido de NOx del gas de combustión y un slip bajo del agente reductor del reactor SCR.

30 El documento DE 3723618 C1 describe un dispositivo para mezclar juntos dos fluidos gaseosos en un conducto de gas. Uno de los fluidos es suministrado por un número de boquillas dispuestas en una fila a lo largo de una placa mezcladora. Las boquillas están dispuestas en un ángulo con respecto a la placa mezcladora y a la dirección principal de flujo de fluido a través del conducto, de este modo el gas suministrado es inyectado en el flujo turbulento aguas abajo de la placa mezcladora.

35 El documento EP 0 526 393 A1 describe un elemento de mezcla de gas estático que utiliza elementos de guía similares en dos etapas diferentes, y describe una disposición de mezclador inyector de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

El documento EP 2 420 309 A1 describe un rectificador de flujo de gas que comprende al menos un tamiz expandido.

El documento US 2012/0014209 A1 describe una disposición de mezcla de gas que utiliza elementos de galleta que tienen un eje longitudinal coincidente con el eje longitudinal de un conducto de fluido.

40 El documento DE 43 13 393 A1 describe un dispositivo de una etapa para mezclar juntos dos fluidos gaseosos en un conducto de gas.

El documento EP 2 620 208 A1 describe una disposición de mezcla de gas de dos etapas de dos grupos de paletas de guía en la primera etapa.

RESUMEN DE LA INVENCION

45 Un objeto de la presente invención es proporcionar una disposición de mezclador inyector robusta que proporcione un entremezclado de agente reductor y de gas de combustión incrementado para distribución de agente reductor uniforme sobre una sección transversal dada de un conducto de gas con un aumento mínimo en la caída de presión aguas arriba de un reactor SCR.

50 Este objeto es conseguido por medio de una disposición de mezclador inyector de acuerdo con la reivindicación 1. Se consigue así un mezclado y distribución robustos uniformes del agente reductor dentro del gas de combustión sobre una sección transversal dada del conducto de gas paralela a y aguas abajo de la disposición de mezclador inyector.

La disposición de mezclador inyector objeto proporciona un entremezclado relativamente eficiente y uniforme del agente reductor suministrado a lo largo del gas de combustión que contiene NOx, sobre una sección transversal dada del conducto de gas aguas abajo de la disposición de mezclador inyector. Además, la disposición de mezclador inyector objeto es robusta con respecto a variaciones en las condiciones de funcionamiento en la central energética ya que el agente reductor es suministrado en forma gaseosa aguas arriba de las placas mezcladoras integradas de primera etapa. Suministrar el agente reductor en forma gaseosa de esta manera también tiene la ventaja de que la estructura de las boquillas puede ser mantenida muy simple, permitiendo de este modo una disposición de mezclador inyector relativamente rentable. Además, suministrar agente reductor en forma gaseosa desde la disposición de mezclador inyector objeto permite liberar el agente reductor en la corriente de paso del gas de combustión de una manera muy uniforme, minimizando de este modo las caídas de presión dentro del conducto de gas.

Se ha probado que el flujo turbulento generado por cada placa mezcladora integrada de primera etapa y de segunda etapa dentro de la disposición de mezclador inyector objeto da como resultado un entremezclado y distribución muy eficientes del agente reductor y los NOx a lo largo del gas de combustión sobre una sección transversal horizontal dada del conducto de gas vertical paralelo a y aguas abajo de la disposición de mezclador inyector. Como la disposición de mezclador inyector objeto está destinada a ser posicionada aguas arriba de un reactor SCR, el entremezclado continua hasta que el gas de combustión alcanza el reactor SCR y los catalizadores dispuestos en él. La concentración de NOx en el gas de combustión ha probado, por la disposición de mezclador inyector objeto, tener una distribución sorprendentemente uniforme sobre el área en sección transversal del reactor SCR.

Se han llevado a cabo ensayos que indican el efecto sorprendentemente beneficioso de la disposición de mezclador inyector objeto. Más de un centenar de boquillas que suministran un agente reductor en un sistema sin ninguna placa mezcladora se sustituyen eficazmente con una disposición de mezclador inyector de acuerdo con la disposición objeto que comprende sólo unas pocas boquillas, teniendo cada una placas mezcladoras integradas de primera y de segunda etapa.

Utilizando la disposición de mezclador inyector objeto, el agente reductor es suministrado aguas arriba de al menos su placa mezcladora integrada de primera etapa. La posición de colocación de las placas mezcladoras de primera etapa dentro del conducto de gas y la distancia entre las boquillas y las placas mezcladoras de primera etapa dependen del ángulo de las placas mezcladoras de primera etapa con respecto a la colocación de la boquilla dentro del conducto de gas. Debido a que los bordes interiores de placas mezcladoras de primera etapa se posicionan a una distancia mayor de las paredes verticales que forman el conducto de gas de lo que lo están los bordes exteriores correspondientes, el plano de superficies exteriores de placas mezcladoras de primera etapa forma un ángulo de 25 a 55 grados con respecto a las paredes verticales correspondientes que forman el conducto de gas.

De acuerdo con una realización, la pluralidad de boquillas pueden estar dispuestas en un patrón simétrico sobre una o más rejillas de inyector posicionadas sobre una parte de una sección transversal horizontal de la expansión vertical longitudinal del conducto de gas. Preferiblemente, las boquillas son posicionadas simétricamente alrededor de la periferia y en el centro de cada rejilla de inyector. Cada parte lateral de cada rejilla de inyector comprende al menos una boquilla sobre una superficie superior de la misma y cada parte lateral de cada rejilla de inyector está dispuesta en alineación aguas arriba entre un borde interior y un borde exterior de una placa mezcladora de primera etapa, para la integración de la rejilla de inyector y de la placa mezcladora de primera etapa.

De acuerdo con una realización, cada una de las cuatro placas mezcladoras que comprenden placas mezcladoras de primera etapa están posicionadas en el mismo ángulo con respecto a las paredes laterales del conducto de gas y por tanto de sus boquillas asociadas de aguas arriba. Tal disposición permite una instalación de montaje relativamente fácil de las placas mezcladoras de primera etapa en el conducto de gas.

De acuerdo con una realización, los dos conjuntos de placas mezcladoras de primera etapa opuestas son de ángulos diferentes con respecto a las paredes laterales del conducto de gas. En esta realización, las dos placas mezcladoras de primera etapa opuestas que forman un primer conjunto forman el mismo ángulo con respecto a las paredes laterales del conducto de gas pero difieren de los ángulos de las dos placas mezcladoras de primera etapa opuestas que forman el segundo conjunto. Utilizando tal patrón simétrico sobre una sección transversal del conducto de gas, se ha observado una distribución uniforme de agente reductor y de NOx a través de la sección transversal completa del conducto de gas.

De acuerdo con una realización, la disposición de mezclador inyector incluye dos placas mezcladoras de segunda etapa de forma trapezoidal integradas con al menos una rejilla de inyector y al menos una placa mezcladora de primera etapa. Las placas mezcladoras de segunda etapa están dispuestas en el conducto de gas en un número par de filas en un patrón repetitivo. Las placas mezcladoras de segunda etapa en una primera fila están dispuestas en la proximidad más cercana a una primera pared del conducto de gas con bordes paralelos mayores más cerca de la primera pared que sus bordes paralelos menores. Los bordes paralelos mayores de las placas mezcladoras de segunda etapa en una segunda fila, adyacente a la primera fila, son posicionados más lejos de la primera pared que sus bordes paralelos menores. Las placas mezcladoras de segunda etapa en una tercera fila subsiguiente, adyacente a la segunda fila, son posicionadas con los bordes paralelos mayores más cerca de la primera pared que sus bordes paralelos menores. Las placas mezcladoras de segunda etapa en una cuarta fila subsiguiente, adyacente a la tercera fila, son posicionadas con los bordes paralelos mayores más lejos de la primera pared que sus bordes paralelos menores.

Tal disposición simétrica sobre una sección transversal del conducto de gas, crea una distribución relativamente uniforme de agente reductor y de NOx a través de toda la sección transversal del conducto de gas. Ha de comprenderse que el número de boquillas y el número de placas mezcladoras de primera etapa y de segunda etapa requerido para entremezclar a fondo depende del tamaño de la sección transversal del conducto de gas. Se han realizado ensayos que indican que disposiciones de acuerdo con la invención objeto, equipadas con cuatro rejillas de boquilla con aproximadamente nueve boquillas cada una, dieciséis placas mezcladoras de primera etapa y ocho placas mezcladoras de segunda etapa, son tan eficaces como más de 100 boquillas utilizadas sin placas mezcladoras.

De acuerdo con una realización, cada placa mezcladora de segunda etapa está dispuesta con su superficie de contacto mayor formando un ángulo de aproximadamente 25-55 grados desde un plano paralelo a las paredes planas que forman el conducto de gas. Como tal, las superficies de contacto mayores de las placas mezcladoras de segunda etapa así inclinadas tomadas juntas ocupan aproximadamente el 30-50%, más preferiblemente el 35-45% y lo más preferiblemente el 38-42% del área en sección transversal horizontal del conducto de gas vertical.

Los ensayos han indicado que disponiendo placas mezcladoras de primera etapa y de segunda etapa en un ángulo tal con respecto a sus boquillas integradas respectivas, la turbulencia dentro del conducto de gas es suficientemente grande para causar una distribución uniforme del agente reductor y de NOx sobre la sección transversal completa del conducto de gas aguas abajo de la disposición de mezclador inyector. Aun así, no se ha observado ninguna restricción indebida del flujo a través del conducto de gas indicando así que no hay una caída indeseable de presión asociada.

De acuerdo con una realización, cada placa mezcladora de segunda etapa está dispuesta con su superficie de contacto mayor formando un ángulo de aproximadamente 25-55 grados, más preferiblemente 27-50 grados y lo más preferiblemente 28-45 grados desde un plano paralelo a las paredes planas que forman el conducto de gas.

De acuerdo con una realización, el agente reductor es amoníaco o urea suministrado en forma gaseosa, seca. De este modo se elimina el riesgo de formación de depósitos sobre las boquillas, las placas mezcladoras de primera etapa, las placas mezcladoras de segunda etapa o las paredes del conducto de gas.

De acuerdo con una realización, las placas mezcladoras de segunda etapa tienen una forma parabólica matemática, o son de una geometría combinada tal como por ejemplo la de un triángulo isósceles agudo con geometría circular o curvada en sus vértices. Tal geometría combinada también sirve para aumentar y mejorar el entremezclado de agente reductor y de NOx dentro y a lo largo de todo el conducto de gas.

Otros objetos y características de la presente invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada y de las reivindicaciones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La invención se describirá ahora de forma más detallada con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La fig. 1 es una vista en perspectiva lateral esquemática de una disposición de mezclador inyector de acuerdo con la presente invención;

La fig. 2 es una vista en perspectiva lateral esquemática de un inyector de rejilla de gas de acuerdo con la fig. 1;

La fig. 3 es una vista en perspectiva lateral esquemática de un mezclador de primera etapa de acuerdo con la fig. 1;

La fig. 4 es una vista en perspectiva lateral esquemática de un mezclador de segunda etapa de acuerdo con la fig. 1; y

La fig. 5 es una vista en sección transversal lateral esquemática de la disposición de mezclador inyector de la fig. 1 en la red de conductos agua arriba de un reactor de reducción catalítica selectiva.

DESCRIPCIÓN DE REALIZACIONES PREFERIDAS

Las centrales energéticas son hechas funcionar típicamente utilizando calderas de combustión de carbón, o similares. En una caldera de combustión de carbón, el carbón es quemado en la presencia de aire, generando de este modo un flujo de gas de proceso en la forma de un gas de combustión, FG, que deja la caldera de combustión de carbón a través de un conducto de gas 14 conectado de manera fluida. A través del conducto de gas 14, el gas de combustión fluye a una entrada 16 de un reactor 12 de reducción catalítica selectiva (SCR). La fig. 5 ilustra una disposición de mezclador inyector 10 de acuerdo con la presente invención dispuesta horizontalmente a través de un conducto de gas 14 aguas arriba con respecto al flujo de gas de combustión al reactor SCR 12. Un sistema de suministro de amoníaco (no mostrado) es operativo para suministrar amoníaco a la disposición de mezclador inyector 10. La disposición de mezclador inyector 10 de amoníaco suministra amoníaco gaseoso, NH₃, al gas de combustión que fluye a través del conducto de gas 14 antes de fluir al reactor SCR 12. El reactor SCR 12 comprende una o más capas consecutivas 18 de catalizador de SCR 18a dispuestas dentro del reactor SCR 12. El catalizador SCR 18a puede a modo de ejemplo comprender un componente catalíticamente activo, tal como pentóxido de vanadio o trióxido del wolframio, aplicado a material portador cerámico (no mostrado) de modo que comprenda, por ejemplo, una estructura de nido de abeja o una

estructura de placa. En el reactor SCR 12, los óxidos de nitrógeno, NO_x, en el gas de combustión reaccionan con el amoníaco inyectado por medio de la disposición de mezclador inyector 10 para formar gas nitrógeno, N₂. El gas de combustión deja entonces el reactor SCR 12 a través de un conducto de salida 20 conectado de manera fluida y es emitido a la atmósfera a través de un apilamiento conectado de manera fluida (no mostrado). Se apreciará que la central energética puede comprender otros dispositivos de limpieza de gas, tales como depuradores húmedos o dispositivos para retirar partículas, tales como precipitadores electrostáticos, no ilustrados en las figuras proporcionadas aquí con propósitos de claridad.

Como se ha ilustrado mejor en la fig. 1, la disposición de mezclador inyector 10 de la presente invención comprende al menos una rejilla de inyector 22, al menos unas placas mezcladoras 24 integradas de primera etapa, y al menos unas placas mezcladoras 26 integradas de segunda etapa. Para mayor claridad y para facilitar la comprensión, sólo dos de las cuatro paredes de conducto longitudinales, 14a y 14b, están ilustradas muy esquemáticamente con líneas de trazos. La fig. 1 ilustra una sección transversal horizontal del conducto de gas 14 tomada en un punto entre la caldera (no mostrada) y el reactor SCR 12.

Como se ha ilustrado mejor en la fig. 1 y en la fig. 2, la disposición de mezclador inyector 10 objeto comprende una sistema de tuberías 28 que comprende al menos una rejilla de inyector 22 conectada de manera fluida equipada con una pluralidad de boquillas 30. La rejilla de inyector 22 de forma generalmente cuadrada o rectangular está dispuesta horizontalmente a través del conducto de gas vertical alargado 14 de modo que sea perpendicular a la dirección de flujo de gas de combustión a través del conducto de gas 14, como se ha indicado por la flecha "F" en la fig. 5. La rejilla de inyector 22 comprende boquillas 30 posicionadas simétricamente sobre la superficie superior 32 en el centro (no mostrado) y sobre partes laterales 22a que forman una periferia 22b de rejilla de inyector. Ha de comprenderse que se puede variar el número de boquillas 30 y su posicionamiento sobre la superficie superior 32 de la rejilla de inyector 22. El número de boquillas 30 debería estar adaptado a parámetros tales como la calidad del gas de combustión, las dimensiones del conducto de gas 14 y la calidad del reactor SCR 12.

El sistema de tuberías 28 de la rejilla de inyector 22 comunica de manera fluida con un suministro de agente reductor. El suministro de agente reductor puede tener la forma de un depósito u otro recipiente adecuado (no mostrado). El sistema de tuberías 28 y la rejilla de inyector 22 conectados de manera fluida son adecuados para utilizar un agente reductor en una forma gaseosa seca. Como ejemplos no limitativos, el agente reductor puede ser amoníaco o urea. En caso de amoníaco, puede o bien ser entregado al lugar de la central energética en forma gaseosa, o bien ser entregado en forma líquida para vaporización posterior antes de la inyección al conducto de gas 14. En forma gaseosa, no se han experimentado problemas asociados con la formación de depósitos debido a cualesquiera gotitas o condensación que interactúan con partículas en el gas de combustión.

El agente reductor es suministrado por las boquillas 30 conectadas de manera fluida y dispuestas sobre la superficie superior 32 del centro "C" y las partes laterales 22a de la rejilla de inyector 22. El agente reductor gaseoso es liberado desde las boquillas 30 a la corriente de paso de gas de combustión para entremezclarse con la misma antes de alcanzar las placas mezcladoras integradas 24 de primera etapa y las placas mezcladoras 26 de segunda etapa dispuestas en la trayectoria aguas abajo directa de las boquillas 30.

Mediante el uso de un agente reductor en forma gaseosa, la estructura de las boquillas 30 puede ser mantenida muy simple. En su forma más simple, cada boquilla 30 individual está formada por una abertura en la superficie superior 32 de la rejilla de inyector 22. El agente reductor gaseoso puede así ser liberado a la corriente de paso de gas de combustión de una manera muy suave.

Las boquillas 30 están orientadas preferiblemente para corresponder con y funcionar en la dirección de flujo "F" del gas de combustión que fluye a través del conducto de gas 14. Además, cada boquilla 30 está posicionada preferiblemente en alineación con al menos una placa mezcladora 24 de primera etapa aguas abajo y al menos una placa mezcladora 26 de segunda etapa como se ha descrito de forma más detallada a continuación. Cada boquilla 30 es hecha funcionar preferiblemente para proporcionar un flujo continuo de agente reductor al conducto de gas 14.

El sistema de tuberías 28 se ha descrito hasta ahora como un sistema unitario único. Sin embargo, ha de comprenderse que el sistema de tuberías 28 puede estar dividido en varios sistemas que permiten que diferentes rejillas de inyector 22 posicionadas en el conducto de gas 14 sean provistas con diferentes cantidades de agente reductor o con diferentes grados de presurización. El último puede ser útil si ha sido detectado por mediciones realizadas aguas abajo del reactor SCR que hay un perfil de NO_x no homogéneo.

Cada boquilla 30 está alineada o integrada con al menos una placa mezcladora 24 de primera etapa. Las placas mezcladoras 24 de primera etapa están dispuestas aguas abajo de las boquillas 30. El número de placas mezcladoras 24 de primera etapa puede corresponder al número de boquillas 30, con cada placa mezcladora 24 de primera etapa posicionada para cooperar con una boquilla integrada 30. Sin embargo, ha de comprenderse que cada placa mezcladora 24 de primera etapa puede estar integrada con más de una boquilla 30 como se ha ilustrado en la fig. 1.

Cada placa mezcladora 24 de primera etapa tiene una geometría trapezoidal. Cada borde no paralelo 24a de cada placa mezcladora 24 de primera etapa está unida a un borde no paralelo 24a de otra placa mezcladora 24 de primera etapa

para formar una configuración generalmente cuadrada o rectangular. Como tal, los bordes paralelos menores 24b de las placas mezcladoras 24 forman bordes interiores 34 y los bordes paralelos mayores 24c forman bordes exteriores 36 como se ha ilustrado en la fig. 1 y en la fig. 3. Debido a que los bordes interiores 34 de las placas mezcladoras de primera etapa están posicionados más hacia dentro hacia el centro "C" de la rejilla de inyector 22 de lo que lo están los bordes exteriores 36, las superficies exteriores 38 de las placas mezcladoras 24 de primera etapa forman un ángulo "A" de aproximadamente 25 a 55 grados con respecto a un plano "P" paralelo a las paredes planas verticales 14a, 14b, 14c y 14d (no mostradas) que forman el conducto de gas 14.

Como se ha ilustrado mejor en la fig. 1 y en la fig. 4, la disposición de mezclador inyector 10 objeto también comprende placas mezcladoras 26 de segunda etapa de forma trapezoidal. Las placas mezcladoras 26 de segunda etapa están dispuestas en el conducto de gas 14 en un número par de filas en un patrón repetitivo. Las placas mezcladoras 26 de segunda etapa en una primera fila están dispuestas en la proximidad más cercana a una primera pared 14a del conducto de gas 14 con bordes paralelos mayores 26a más cerca de la primera pared 14a que sus bordes paralelos menores 26b. Los bordes paralelos mayores 26a de las placas mezcladoras 26 de segunda etapa en una segunda fila, adyacente a la primera fila, están posicionados más lejos de la primera pared 14a que sus bordes paralelos menores 26b. Las placas mezcladoras 26 de segunda etapa en una tercera fila subsiguiente, adyacente a la segunda fila, están posicionadas con los bordes paralelos mayores 26a más cerca de la primera pared 14a que sus bordes paralelos menores 26b. Las placas mezcladoras 26 de segunda etapa en una cuarta fila subsiguiente, adyacente a la tercera fila, están posicionadas con los bordes paralelos mayores 26a más lejos de la primera pared 14a que sus bordes paralelos menores 26b.

Cada placa mezcladora 26 de segunda etapa está dispuesta con su superficie de contacto mayor inferior 40 formando un ángulo "A" de aproximadamente 25-55 grados desde un plano "P" paralelo a las paredes planas 14a, 14b, 14c y 14d (no mostradas) que forman el conducto de gas 14. Como tal, las superficies de contacto mayores inferiores 40 de las placas mezcladoras 26 de segunda etapa así inclinadas cuando son tomadas juntas ocupan aproximadamente el 30-50% más preferiblemente el 35-45% y lo más preferiblemente el 38-42% del área en sección transversal horizontal del conducto de gas 14.

Los ensayos han indicado que disponiendo las placas mezcladoras de primera etapa y de segunda etapa en tales ángulos, A, A', con respecto a sus boquillas 30 aguas abajo, la turbulencia dentro del conducto de gas 14 es suficientemente grande para causar una distribución uniforme del agente reductor y de NOx sobre una sección transversal horizontal completa del conducto de gas 14 aguas abajo de la disposición de mezclador inyector 10. Aun así, no se ha observado ninguna restricción indebida del flujo a través del conducto de gas 14 indicando así que no hay caída indeseable de la presión asociada.

De acuerdo con una realización, cada placa mezcladora 26 de segunda etapa está dispuesta con su superficie de contacto mayor inferior 40 formando un ángulo A' de aproximadamente 25-55 grados, más preferiblemente de 27-50 grados y lo más preferiblemente de 28-45 grados desde un plano P' paralelo a las paredes planas 14a, 14b, 14c y 14d (no mostradas) que forman el conducto de gas 14.

De acuerdo con una realización, el agente reductor es amoníaco o urea suministrado en forma gaseosa, seca. De este modo se elimina el riesgo de formación de depósitos en las boquillas 30, en las placas mezcladoras 24 de primera etapa, en las placas mezcladoras 26 de segunda etapa o en las paredes 14a, 14b, 14c y 14d del conducto de gas 14.

De acuerdo con la fig. 4, las placas mezcladoras 26 de segunda etapa son de forma trapezoidal. Sin embargo, las placas mezcladoras 26 de segunda etapa podrían tener alternativamente una forma parabólica matemática, o una forma geométrica combinada tal como por ejemplo la de un triángulo isósceles agudo con geometría circular o curvada en sus vértices (no mostrados). Tal forma geométrica combinada también sirve para aumentar y mejorar el entremezclado de agente reductor y de NOx dentro y a lo largo de todo el conducto de gas.

Con referencia ahora a la fig. 5, se ha ilustrado esquemáticamente un método de utilización de la disposición de mezclador inyector 10 objeto. Aguas arriba de la disposición de mezclador inyector 10 el gas de combustión fluye desde un conducto de gas 14 dentro de un proceso de combustión hacia el reactor SCR 12 pasando de este modo a través de la disposición de mezclador inyector 10 posicionada horizontalmente a través del conducto de gas 14 alargado de modo que sea perpendicular al flujo de gas de combustión a su través. La corriente de gas de combustión F, que fluye a través del conducto de gas 14, hace contacto en primer lugar con la superficie inferior 32a de la rejilla de inyector 22. El gas de combustión fluye alrededor de la rejilla de inyector 22 y hace contacto con el agente reductor que fluye desde la boquilla 30 antes de hacer contacto con la superficie exterior 38 de la placa mezcladora 24 de primera etapa. Los bordes interiores 34 de las placas mezcladoras 24 de primera etapa están posicionados en un plano horizontal a una distancia de aproximadamente 0,1 a 1 metro desde un plano horizontal de la superficie superior 32 de la rejilla de inyector 22, o desde la salida (no mostrada) de la boquilla 30 si no en el mismo plano que la superficie superior 32. El gas de combustión y el agente reductor fluyen alrededor de las placas mezcladoras 24 de primera etapa causando el entremezclado de los mismos antes de hacer contacto con las superficies de contacto mayores inferiores 40 de las placas mezcladoras 26 de segunda etapa. Los bordes paralelos menores 26b de las placas mezcladoras 26 de segunda etapa están posicionados en un plano horizontal a una distancia de aproximadamente 1 a 2 metros desde un plano horizontal de los bordes exteriores 36 de las placas mezcladoras 24 de primera etapa. Aunque la disposición de mezclador inyector 10 objeto comprende una pluralidad de boquillas 30 y de placas mezcladoras 24 y 26 aguas abajo de

las mismas, para propósitos de simplicidad de explicación, la siguiente descripción se centrará en una boquilla 30 y sus placas mezcladoras integradas 24 y 26.

5 Tras el contacto del gas de combustión con las superficies de contacto mayores inferiores 40 de las placas mezcladoras 26 de segunda etapa, los vórtices V1 se forman a lo largo de los dos bordes laterales opuestos 26c de la placa mezcladora 26 de segunda etapa. Los vórtices V1 están formados esencialmente a lo largo de la longitud completa de los dos bordes laterales 26c, pero son más robustos aproximadamente a medio camino entre el borde paralelo mayor 26a y el borde paralelo menor 26b. La geometría generalmente trapezoidal de la placa mezcladora 26 de segunda etapa genera así al menos dos vórtices V1 que emergen desde los bordes laterales opuestos 26c de la placa mezcladora 26 de segunda etapa. Los vórtices V1 tienden gradualmente a seguir la dirección de flujo general F del gas de combustión a través del conducto de gas 14 lejos de la placa mezcladora 26 de segunda etapa, mientras que aumentan gradualmente de diámetro cuando aumenta su distancia desde la placa mezcladora 26 de segunda etapa. Los dos vórtices generados V1 giran en sentidos opuestos. Las características reales de los vórtices V1 son una función de factores tales como el ángulo A' de la placa mezcladora 26 de segunda etapa con respecto a la dirección de flujo F del gas de combustión FG y la geometría de la placa mezcladora 26 de segunda etapa.

15 El conducto de gas 14 equipado con una disposición de mezclador inyector 10 comprende al menos dos conjuntos de rejillas de inyector 22 con boquillas 30 y placas mezcladoras integradas 24 y 26. La turbulencia generada por tal conjunto de una rejilla de inyector 22 con la boquilla 30 y sus placas mezcladoras integradas 24 y 26, se añade a la turbulencia generada por los conjuntos adyacentes 22, 30, 24 y 26, independientemente de si los conjuntos 22, 30, 24 y 26 están espaciados de manera adyacente o separados sobre la sección transversal del conducto de gas 14.

20 La utilización de la disposición de mezclador inyector 10 como se ha descrito anteriormente da como resultado un entremezclado y una distribución muy eficiente del agente reductor con los NOx en el gas de combustión, FG, sobre una sección transversal del conducto de gas 14. Ya que la disposición de mezclador inyector 10 está posicionada aguas arriba del reactor SCR 12, el entremezclado continúa hasta que el gas de combustión FG alcanza el reactor SCR 12 y hace contacto con el catalizador de SCR 18a dispuesto en él. La concentración de los NOx en el gas de combustión, que utiliza la disposición de mezclador inyector 10 como se ha descrito, ha probado conseguir sorprendentemente una distribución uniforme sobre un área en sección transversal horizontal del reactor SCR 12.

25 Los resultados de los ensayos indican el efecto sorprendentemente beneficioso de la utilización de la disposición de mezclador inyector 10 como se ha descrito. Con tal utilización, más de 100 boquillas 30 que suministran un agente reductor en un conducto de gas 14 sin ninguna placa mezcladora podrían ser sustituidas con la disposición de mezclador inyector 10 como se ha descrito que comprende sólo unas pocas boquillas 30, teniendo cada una placas mezcladoras integradas 24 y 26.

30 La disposición de mezclador inyector 10 puede estar conectada a un sistema de control (no mostrado) para regular el nivel de suministro de agente reductor al conducto de gas 14 basado en la cantidad de NOx en el gas de combustión aguas abajo del reactor SCR 12. Tal sistema de control puede controlar el flujo de agente reductor a través de las boquillas 30 individualmente o puede controlar el nivel de agente reductor suministrado por un sistema de tuberías 28 que soporta un número de boquillas 30.

35 En su forma más simple ilustrada en la fig. 5, un primer analizador 42 de NOx es operativo para medir la cantidad de NOx en el gas de combustión del conducto de gas 14 después de la caldera y aguas arriba del reactor SCR 12. Un segundo analizador 44 de NOx es operativo para medir la cantidad de NOx en el gas de combustión del conducto de salida 20 aguas abajo del reactor SCR 12. Un controlador 46 recibe entrada de datos desde el primer analizador 42 de NOx y el segundo analizador 44 de NOx. Basándose en esa entrada de datos, el controlador 46 calcula la eficacia de eliminación de NOx actual. La eficacia de eliminación de NOx actual calculada es comparada con un punto establecido de eliminación de NOx. Basándose en el resultado de la comparación, la cantidad de agente reductor suministrada al gas de combustión es ajustada para una eficacia óptima.

40 Ha de comprenderse que cuando se utiliza un sistema de control, la realización descrita aquí es sólo una solución posible. Dependiendo del número de sensores utilizados aguas abajo del reactor SCR 12, es posible controlar la eficacia de limpieza del reactor SCR 12 en diferentes puntos entre la caldera y el conducto de salida 20.

45 Ha de comprenderse también que se puede utilizar un sensor de carga (no mostrado) operativo para detectar la carga en la caldera. Tal carga podría ser expresada en términos de, por ejemplo, la cantidad de combustible, tal como tonelada/hora de carbón transportado a la caldera. La señal de datos procedente de tal sensor de carga es útil para controlar además la cantidad de agente reductor suministrada a la disposición de mezclador inyector 10. De acuerdo con una realización, los datos de perfil de NOx de gas de combustión son generados sobre una base regular, basándose en las mediciones de NOx realizadas aguas arriba y/o aguas abajo del catalizador SCR 18a. Una ventaja de esta realización es que los cambios en el perfil de NOx, siendo causados tales cambios, por ejemplo, por un cambio en la carga en la caldera, un cambio en la calidad del combustible, un cambio en el estado de los quemadores de la caldera, etc., pueden tenerse en cuenta en el control de la cantidad del agente reductor suministrado a la disposición de mezclador inyector 10, de tal manera que la eliminación de NOx eficaz puede ser asegurada en todo momento.

Ha de comprenderse también que los datos de perfil de NOx podrían ser obtenidos realizando mediciones manuales, para determinar una cantidad adecuada de agente reductor que es suministrada por la disposición de mezclador inyector 10 al gas de combustión en el conducto de gas 14.

5 Se ha descrito anteriormente, que la presente invención puede ser utilizada para limpiar un gas de combustión de proceso generado en una caldera de combustión de carbón. Se apreciará que la invención es útil también para otros tipos de gases de proceso, incluyendo gases de proceso generados en calderas de combustión de petróleo, plantas de incineración, incluyendo plantas de incineración de residuos, hornos de cemento, altos hornos y otras instalaciones metalúrgicas incluyendo cintas transportadoras de sinterización, etc.

10 Además, ha de comprenderse que el conducto de gas 14 puede estar provisto con boquillas 30 adicionales que no están integradas en las placas mezcladoras específicas 24 y 26. Sin embargo, tales boquillas 30 adicionales deberían ser consideradas como una característica opcional si la limpieza de gas tuviera que requerir un suministro adicional de agente reductor. Tales boquillas 30 adicionales pueden estar dispuestas en cualquier posición adecuada en el conducto de gas 14, no importa si es agua abajo o aguas arriba de la disposición de mezclador inyector 10.

15 De modo similar, ha de comprenderse que el conducto de gas 14 puede estar provisto con placas mezcladoras adicionales 26 de cualquier geometría, aguas abajo o aguas arriba de la disposición de mezclador inyector 10 para aumentar adicionalmente la turbulencia y el entremezclado de agente reductor con el gas de combustión.

Se apreciará que numerosas variantes de las realizaciones descritas anteriormente de la presente invención son posibles dentro del marco de las reivindicaciones adjuntas.

20 Para resumir, la presente descripción se refiere a una disposición de mezclador inyector 10 para suministrar un agente reductor en forma gaseosa a un gas de combustión FG que fluye en un conducto de gas 14 que comunica con un catalizador 18a en un reactor 12 de reducción catalítica selectiva (SCR) dispuesto aguas abajo de dicha disposición de mezclador inyector 10. La disposición de mezclador inyector 10 comprende una pluralidad de boquillas 30 dispuestas en una rejilla de inyector 22 horizontal en el conducto de gas 14. Las boquillas 30 están destinadas a suministrar dicho agente reductor. La disposición de mezclador inyector 10 comprende además una pluralidad de placas mezcladoras 24 y 25 26 dispuestas en el conducto de gas 14 aguas abajo de dichas boquillas 30. Cada placa mezcladora 24 y 26 está destinada a cooperar con al menos una boquilla 30 integrada.

REIVINDICACIONES

1. Una disposición de mezclador inyector (10) para suministrar y mezclar un agente reductor en forma gaseosa a un gas de combustión que fluye en un conducto de gas (14) que comunica con un catalizador (18a) en un reactor (12) de reducción catalítica selectiva aguas abajo de dicha disposición (10), en la que
- 5 una pluralidad de boquillas (30) dispuestas sobre una rejilla de inyector (22) en el conducto de gas (14) para suministrar un agente reductor al conjunto de gas (14),
- una pluralidad de placas mezcladoras (24) de primera etapa dispuestas en el conducto de gas (14) aguas abajo de dichas boquillas (30),
- 10 una pluralidad de placas mezcladoras (26) de segunda etapa dispuestas en el conducto de gas (14) aguas abajo de dichas placas mezcladoras (24) de primera etapa, en las que cada placa mezcladora (26) de segunda etapa es adecuada para generar dos vórtices en el gas de combustión y en el agente reductor que fluye en el conducto de gas (14) entremezclando los mismos antes de que el gas de combustión y el agente reductor entremezclados entren en contacto con dicho catalizador (18a),
- 15 caracterizado por que cada placa mezcladora (24) de primera etapa tiene una geometría trapezoidal, cada borde no paralelo (24a) de cada placa mezcladora (24) de primera etapa está unido a un borde no paralelo (24a) de otra placa mezcladora (24) de primera etapa para formar una configuración generalmente cuadrada o rectangular, de tal manera que los bordes paralelos menores (24b) de las placas mezcladoras (24) forman bordes interiores (34) y los bordes paralelos mayores (24c) forman bordes exteriores (36), en la que los bordes interiores (34) de las placas mezcladoras (24) de primera etapa están posicionados más hacia dentro hacia el centro (C) de la rejilla de inyector (22)
- 20 de lo que lo están los bordes exteriores (36), en que las superficies exteriores (38) de las placas mezcladoras (24) de primera etapa forman un ángulo (A) de 25 a 55 grados con respecto a un plano (P) paralelo a las paredes planas verticales (14a, 14b, 14c, 14d) que forman el conducto de gas (14).
2. La disposición de mezclador inyector (10) de la reivindicación 1, en la que una superficie superior (32) de dicha rejilla de inyector (22) está a una distancia de aproximadamente 0,1 a 1 metro desde un borde interior (34) de las placas mezcladoras (24) de primera etapa.
- 25 3. La disposición de mezclador inyector (10) de la reivindicación 1 ó 2, en la que cada placa mezcladora (26) de segunda etapa tiene una geometría trapezoidal.
4. La disposición de mezclador inyector (10) de las reivindicaciones 1 a 3, en la que los bordes exteriores de las placas mezcladoras (24) de primera etapa están a una distancia de aproximadamente 1 a 2 metros de los bordes paralelos menores (26b) de las placas mezcladoras (26) de segunda etapa.
- 30 5. La disposición de mezclador inyector (10) de las reivindicaciones 1 a 4, en la que la pluralidad de boquillas (30) están dispuestas sobre una rejilla de inyector (22) sobre una sección transversal del conducto de gas (14) teniendo al menos una boquilla (30) una placa mezcladora (24) de primera etapa aguas abajo y al menos una placa mezcladora (26) de segunda etapa aguas abajo.
- 35 6. La disposición de mezclador inyector (10) de la reivindicación 5, en la que cada placa mezcladora (24) de primera etapa está posicionada dentro del conducto de gas (14) en un ángulo.
7. La disposición de mezclador inyector (10) de las reivindicaciones 1 a 6, en la que cada placa mezcladora (26) de segunda etapa está dispuesta en un ángulo dentro del conducto de gas (14) y ocupa el 30-50% de un área en sección transversal horizontal del conducto de gas (14).
- 40 8. La disposición de mezclador inyector (10) de las reivindicaciones 1 a 7, en la que cada placa mezcladora (24) de primera etapa está dispuesta dentro del conducto de gas (14) en un ángulo de 25-55 grados.
9. La disposición de mezclador inyector (10) de las reivindicaciones 1 a 8, en la que el agente reductor es amoníaco o urea suministrados en forma gaseosa.
- 45 10. La disposición de mezclador inyector (10) de las reivindicaciones 1 a 9, en la que las placas mezcladoras (26) de segunda etapa son de forma trapezoidal y generan vórtices que giran en sentido contrario en el gas de combustión y en el agente reductor que fluye en el conducto de gas (14).
11. Un método de utilización de una disposición de mezclador inyector (10) según una de las reivindicaciones anteriores para suministrar y mezclar un agente reductor en forma gaseosa a un gas de combustión que fluye en un conducto de gas (14) que comunica con un catalizador (18a) en un reactor (12) de reducción catalítica selectiva aguas abajo de dicha disposición (10), comprendiendo el método:
- 50 prever la pluralidad de boquillas (30) dispuestas sobre una rejilla de inyector (22) en el conducto de gas (14)

para suministrar agente reductor al conducto de gas (14),

prever la pluralidad de placas mezcladoras (24) de primera etapa dispuestas en el conducto de gas (14) aguas abajo de dichas boquillas (30), y

5 prever la pluralidad de placas mezcladoras (26) de segunda etapa dispuestas en el conducto de gas (14) aguas abajo de dichas placas mezcladoras (24) de primera etapa, en que cada placa mezcladora (26) de segunda etapa genera dos vórtices en el gas de combustión y en el agente reductor que fluye en el conducto de gas (14) entremezclando los mismos antes de hacer contacto con dicho catalizador (18a).

10 12. El método de la reivindicación 11, en el que una superficie superior (32) de dicha rejilla de inyector (22) está a una distancia de aproximadamente 0,1 a 1 metro de un borde interior (34) de las placas mezcladoras (24) de primera etapa para el entremezclado del gas de combustión y del agente reductor.

13. El método de la reivindicación 11 ó 12, en el que cada placa mezcladora (24) (26) tiene una geometría trapezoidal para el entremezclado del gas de combustión y del agente reductor.

15 14. El método de las reivindicaciones 11 a 13, en el que los bordes exteriores (36) de las placas mezcladoras (24) de primera etapa están a una distancia de aproximadamente 1 a 2 metros de los bordes paralelos menores (26b) de las placas mezcladoras (26) de segunda etapa.

15. El método de las reivindicaciones 11 a 14, en el que la pluralidad de boquillas (30) están dispuestas sobre una rejilla de inyector (22) sobre una sección transversal del conducto de gas (14) con al menos una boquilla (30) que tiene al menos una placa mezcladora (24) de primera etapa aguas abajo y al menos una placa mezcladora (26) de segunda etapa aguas abajo.

20 16. El método de la reivindicación 15, en el que cada placa mezcladora (24) de primera etapa está posicionada en el conducto de gas (14) en un ángulo para el entremezclado del gas de combustión y del agente reductor.

17. El método de las reivindicaciones 11 a 16, en el que cada placa mezcladora (26) de segunda etapa está dispuesta en un ángulo dentro del conducto de gas (14) y ocupa el 30-50% de un área en sección transversal horizontal del conducto de gas (14).

25 18. El método de las reivindicaciones 11 a 17, en el que cada placa mezcladora (24) de primera etapa está dispuesta dentro del conducto de gas (14) en un ángulo de 25-55 grados.

19. El método de las reivindicaciones 11 a 18, en el que el agente reductor es amoníaco o urea suministrados en forma gaseosa.

30 20. El método de las reivindicaciones 11 a 19, en el que las placas mezcladoras (26) de segunda etapa son de forma trapezoidal generando vórtices que giran en sentido contrario en el gas de combustión y en el agente reductor que fluyen en el conducto de gas (14).

FIG. 1

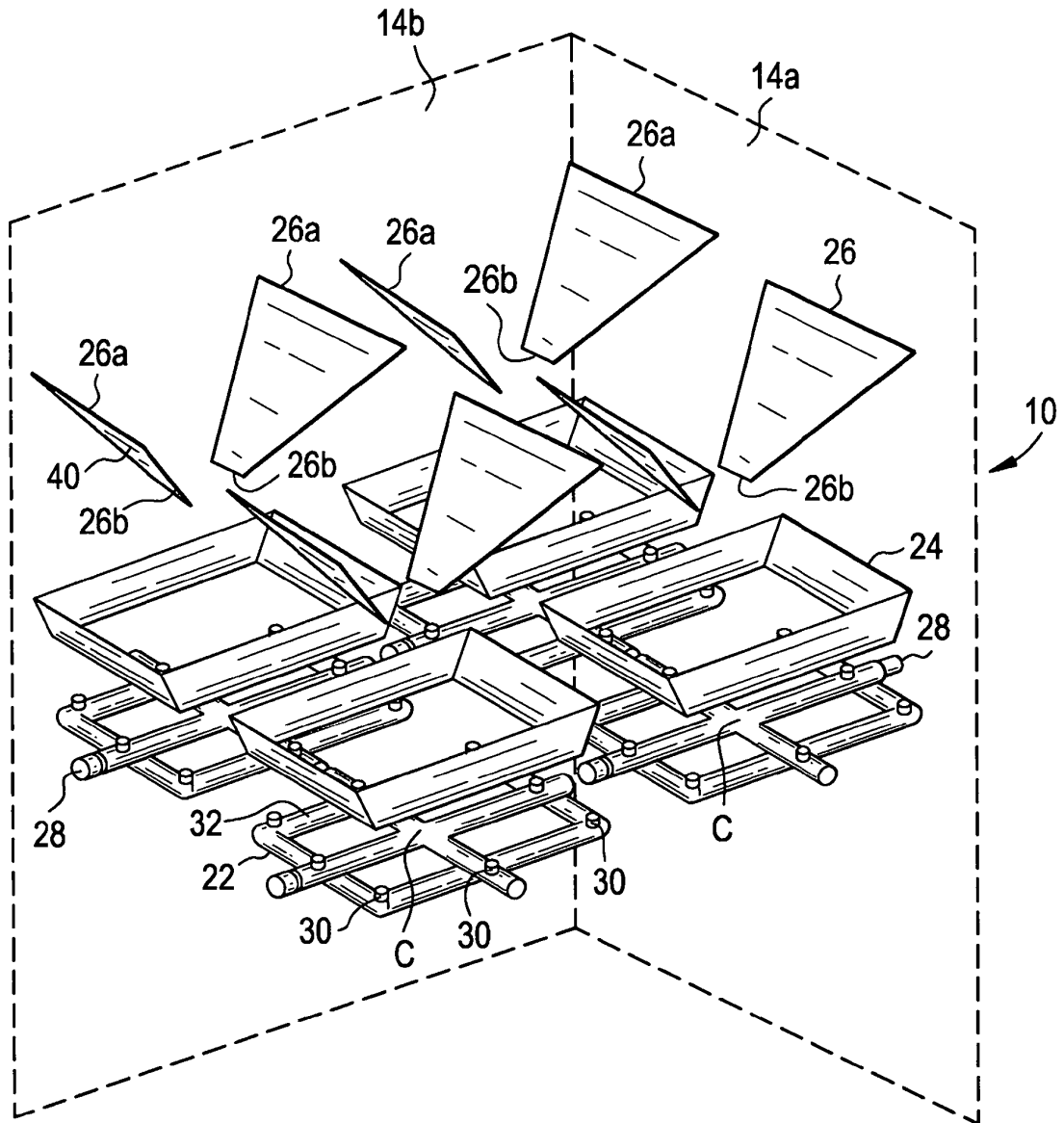


FIG. 2

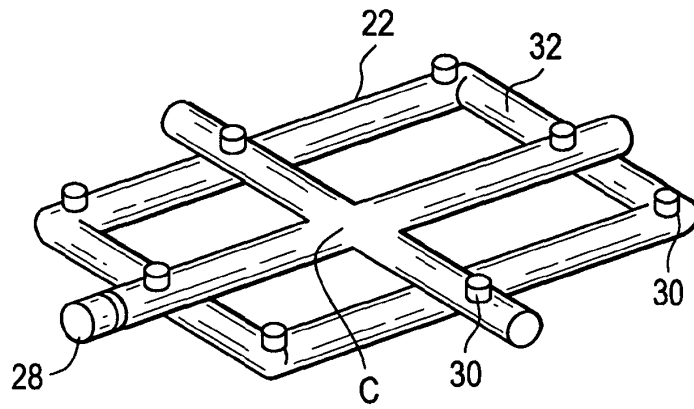


FIG. 3

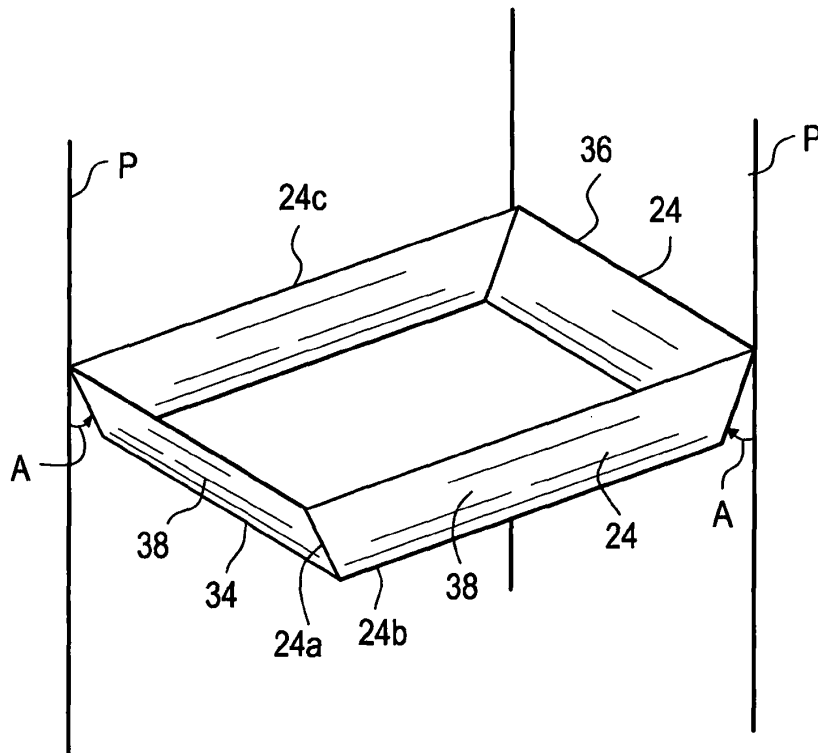


FIG. 4

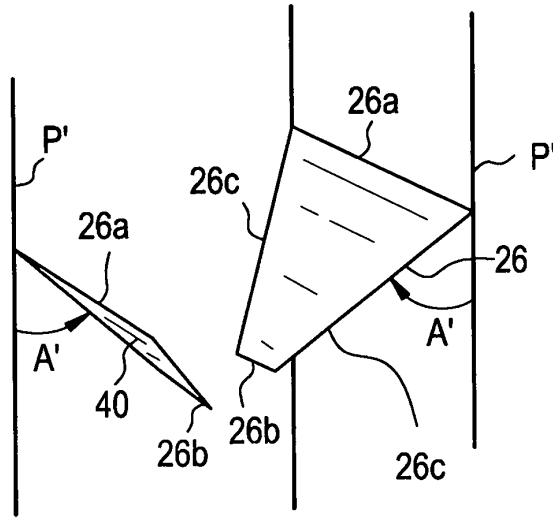


FIG. 5

