



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 295 622**

51 Int. Cl.:
B01D 53/00 (2006.01)
B01D 47/00 (2006.01)
F23J 15/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **03749406 .9**
86 Fecha de presentación : **04.09.2003**
87 Número de publicación de la solicitud: **1545746**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **29.06.2005**

54 Título: **Método y aparato para tratar corrientes de escape que proceden de dispositivos de combustión.**

30 Prioridad: **05.09.2002 CL 20482002**
16.10.2002 CL 23772002
16.10.2002 CL 23782002
24.12.2002 CL 29742002
10.03.2003 CL 4622003

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2008

73 Titular/es:
Environmental Control Technologies, Inc.
Corporation Trust Center, 1209 Orange Street
Wilmington, Delaware 19801-1120, US

72 Inventor/es: **Riquelme Medina, Pedro Alejandro y**
Donoso Aguirre, Cristian

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

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

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para tratar corrientes de escape que proceden de dispositivos de combustión.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un método y a un aparato para tratar las corrientes de escape procedentes de dispositivos de combustión tales como motores de combustión interna, hornos, etc., para reducir las emisiones, por ejemplo, componentes gaseosos y de material particulado, de las mismas.

10 **Antecedentes**

En la actualidad, el problema creado por las emisiones contaminantes procedentes de dispositivos de combustión es una contribución significativa a la contaminación y los problemas medioambientales relacionados. Se han propuesto varias medidas para reducir las emisiones contaminantes (es decir, tanto en forma gaseosa como de material particulado) en las corrientes de escape de combustión.

Por ejemplo, se han hecho varias propuestas para usar filtros para capturar y eliminar los materiales particulados y los gases medioambientalmente nocivos, tales como ozono, ácidos, sulfurosos y monóxido de carbono, entre otros. Se han propuesto una variedad de filtros, incluyendo por ejemplo, filtros electrostáticos, filtros de tipo manguito, filtros de placa y otros. El coste y la eficacia de los diferentes sistemas de filtro varían y se desean soluciones más económicas y más rentables.

También se ha propuesto enjuagar las corrientes de escape con duchas de agua u otro(s) líquido(s) para lavar de las corrientes de escape los materiales particulados y los gases nocivos. Desgraciadamente, estos métodos no proporcionan la reducción deseada de la contaminación o son demasiado costosos.

En el caso de los dispositivos de lavado de gases convencionales aplicados a fuentes móviles, específicamente a los tubos de escape de los vehículos, la principal desventaja es la necesidad de utilizar grandes cantidades de agua. Se necesitan elevados volúmenes de fluido debido a que el líquido de lavado se aplica a una corriente a alta velocidad, alta temperatura (por ejemplo, normalmente a temperaturas muy por encima de 100°C o más) lo que conduce a la evaporación significativa en la corriente de escape, y la emisión resultante en el medioambiente de una corriente de escape enriquecida en humedad. El documento CL-A-615-99 describe un dispositivo de pulverización típico ubicado en el tubo de escape, que produce una cortina de agua para transportar las partículas hasta un recipiente o bandeja adyacente al tubo, produciendo los problemas descritos anteriormente.

El documento CL-B-40.474 da a conocer un filtro húmedo para limpiar los gases de combustión que comprende un carenado cilíndrico externo y un serpentín en el extremo superior del carenado. El humo que pasa a través del serpentín se lava con agua, pero el sistema no retiene eficazmente los materiales particulados pequeños ni los gases nocivos procedentes de la corriente de combustión.

Existe la necesidad de medios para reducir la emisión de agentes contaminantes procedentes de las corrientes de escape de motores de combustión interna que sean más eficaces y más económicos de poner en práctica y funcionar que los medios disponibles en la actualidad.

El documento EP 0 691 153 A1 da a conocer un tratamiento del gas de combustión de flujo descendente de dos fases que condensa el sistema intercambiador de calor lo que permite que el gas de combustión pase hacia un alojamiento de dos fases en un extremo superior del alojamiento. El gas de combustión se canaliza a través de una primera fase del alojamiento que tiene un primer intercambiador de calor de condensación que enfría el gas de combustión. El gas de combustión se canaliza entonces a través de una segunda fase que tiene un segundo intercambiador de calor de condensación que se ubica directamente por debajo de la primera fase y el primer intercambiador de calor de condensación para enfriar adicionalmente el gas de combustión. El gas de combustión se desplaza en una dirección descendente sólo a través del alojamiento y sale del alojamiento por el extremo inferior del alojamiento por debajo de la segunda fase. Un tanque de recogida está ubicado por debajo de la segunda fase del alojamiento para recoger líquidos, material condensado, materiales particulados y productos de reacción.

El documento US 5.080.696 da a conocer un procedimiento para reducir el contenido de agentes contaminantes ácidos gaseosos solubles en agua y que están contenidos en las emanaciones descargadas de una planta de incineración, en el transcurso de lo cual, las emanaciones se enfrían mediante medios de intercambio de calor indirecto con un fluido frío, produciéndose así un material condensado que contiene agentes contaminantes ácidos, y en el que, tras esta fase de enfriamiento, las emanaciones que todavía contienen agentes contaminantes ácidos se lavan utilizando el material condensado como líquido de lavado.

El documento FR 2 586 204 A1 da a conocer un dispositivo para la descontaminación de las emanaciones que resultan de la combustión o incineración de productos. El dispositivo incluye un espacio de tratamiento en el que circulan las emanaciones, un intercambiador de calor situado en el espacio de tratamiento y a través del cual fluye un fluido de enfriamiento para disminuir la temperatura hasta por debajo de los 40°C, de manera que los ácidos y el vapor se condensan, una rampa de aspersión situada en el espacio de tratamiento y que suministra un líquido de lavado

para realizar una acción fisicoquímica de los diferentes ácidos, estando constituido el líquido de lavado por la solución ácida acuosa que resulta de la condensación de los ácidos y del vapor, medios para contemplar el líquido de lavado y los materiales condensados situado aguas abajo del espacio de tratamiento en relación al sentido de circulación de las emanaciones, y medios de calentamiento para las emanaciones que se originan desde la parte aguas abajo del espacio de tratamiento.

Sumario de la invención

El método de la invención se define mediante la reivindicación 1. El dispositivo de la invención se define mediante la reivindicación 13.

La presente invención se refiere a un método y a un aparato para tratar la corriente de escape procedente de un dispositivo de combustión para reducir la emisión de agentes contaminantes, por ejemplo, materiales particulados y gases nocivos, al medioambiente. Por dispositivo de combustión se quiere decir un dispositivo que quema combustible para generar calor o energía. Los ejemplos ilustrativos incluyen motores de combustión interna tales como motores de gasolina o motores diesel que se utilizan para propulsar vehículos (por ejemplo, automóviles, camiones, autobuses, embarcaciones, trenes, etc.), y en ubicaciones fijas (por ejemplo, para generar electricidad, calor o energía mecánica para edificios, fábricas o equipos, así como otros dispositivos que queman combustibles para generar calor o vapor o desechar desperdicios. Los ejemplos ilustrativos de los tipos de combustible que pueden quemarse incluyen gasolina, queroseno, combustible diesel, petróleo, carbón, gas natural, madera y otros biocombustibles, residuos municipales y domésticos, etc. Para facilitar la explicación, la invención se describirá con referencia a motores de combustión interna; sin embargo, se entenderá que la invención puede aplicarse a otros dispositivos de combustión, por ejemplo, incineradores de impurezas u hornos de calentamiento.

Como resumen breve, el método comprende:

- a) recoger una corriente de escape caliente emitida por un dispositivo de combustión a través de un canal de escape;
- b) aumentar la temperatura de punto de rocío de la corriente de escape caliente;
- c) reducir la velocidad de la corriente de escape;
- d) reducir la temperatura de la corriente de escape de manera que una parte de los gases en la corriente de escape se condensa en forma líquida mediante lo cual el líquido condensado atrapa las partículas y los gases nocivos procedentes de la corriente de escape produciendo una corriente de extracción líquida y una corriente de escape, sustancialmente gaseosa, residual; y
- e) recoger la corriente de extracción.

En algunas realizaciones preferidas, la corriente de escape puede lavarse además con un agente líquido, por ejemplo, agua, para arrastrar los materiales particulados y los gases de la corriente de escape. En algunas realizaciones, el punto de rocío de la corriente de escape puede elevarse, por ejemplo, mediante la incorporación de vapor de agua en la misma, de manera que se facilita la condensación del líquido de la corriente de escape para mejorar el atrapamiento de los materiales particulados y los gases procedentes de la corriente de escape.

Como breve resumen, el aparato comprende:

- a) medios para reducir la velocidad de la corriente de escape procedente de un dispositivo de combustión;
- b) medios para reducir la temperatura de la corriente de escape de manera que una parte de los gases en la corriente de escape se condensa en forma líquida, de manera que el líquido atrapa las partículas y los gases nocivos procedentes de la corriente de escape produciendo una corriente de extracción líquida y una corriente de escape, sustancialmente gaseosa, residual; y
- c) medios para recoger la corriente de extracción. Tal como se trata más adelante, en las realizaciones preferidas, el aparato comprende además medios para lavar la corriente de escape con un agente de lavado líquido y medios para aumentar el punto de rocío de la corriente de escape.

Una ventaja principal de la presente invención es que proporciona la extracción de agentes contaminantes gaseosos y de material particulado de las corrientes de escape de los motores de combustión interna, reduciendo así los efectos de la contaminación. Mediante la invención puede eliminarse una gran fracción de materiales particulados menores de 10 micras.

Breve descripción de los dibujos

La invención se explica con referencia a los dibujos, en los que:

la figura 1 es una ilustración esquemática de un método de la invención;

las figuras 2 y 3 son vistas en perspectiva, en corte transversal que deja ver el interior de una realización ilustrativa de un aparato de la invención;

la figura 4 es una ilustración esquemática de una realización de un método de la invención, en el que el punto de rocío de la corriente de escape es elevado; y

la figura 5 es una ilustración esquemática de otro aparato para elevar el punto de rocío de la corriente de escape.

Estas figuras pretenden ser meramente ilustrativas y no limitativas.

Descripción detallada de las realizaciones ilustrativas

La presente invención proporciona un método y un aparato para reducir las emisiones contaminantes en la corriente de escape procedente de los dispositivos de combustión.

Como breve resumen, el método comprende:

- a) recoger una corriente de escape emitida por un dispositivo de combustión a través de un canal de escape;
- b) reducir la velocidad de la corriente de escape;
- c) reducir la temperatura de la corriente de escape de manera que una parte de los gases en la corriente de escape se condensa en forma líquida, de manera que el líquido condensado atrapa las partículas y los gases nocivos procedentes de la corriente de escape produciendo una corriente de extracción líquida y una corriente de escape gaseosa residual; y
- d) recoger la corriente de extracción.

La figura 1 ilustra una realización del método y el aparato de la invención. Una corriente 1 de escape se recoge del tubo 2 de escape de un motor de combustión interna (no mostrado). La corriente de escape se separa en múltiples subflujos a través de los tubos 3. El área de sección transversal colectiva de los tubos 3 es mayor que la del tubo 2 de escape. Como resultado, se reduce la velocidad de la corriente de escape. Mientras pasa alrededor de los tubos 3, la corriente de escape normalmente también se enfría, por ejemplo, haciendo pasar el medio 4 de enfriamiento contra la parte exterior de los tubos 3. La corriente de escape ralentizada, preferiblemente enfriada, pasa entonces hacia una fase 5 de lavado en la que se aplica el agente 6 de lavado. Parte de los gases en la corriente de escape se habrán condensado en forma líquida (o bien aquí o antes en los tubos 3) y las gotas de estos gases condensados y del agente de lavado aplicado atraparán los materiales particulados de la corriente de escape, así como algunos gases adicionales procedentes de la corriente de escape. Estos líquidos con los materiales particulados y los gases atrapados, es decir, la corriente de extracción y el agente de lavado residual, respectivamente, se recogen, por ejemplo, en el colector 7. Entonces se hace pasar la corriente 8 de escape tratada o residual y normalmente se libera al medioambiente. Según la invención, la corriente 8 de escape residual contendrá menores cantidades de materiales particulados y gases nocivos de lo que lo hacía la corriente 1 de escape original.

Una forma eficaz para reducir la velocidad de la corriente de escape es dirigir la corriente de escape a través de uno o más canales que tienen un área de sección transversal progresivamente mayor. Al igual que un río de agua se ralentiza cuando el canal se ensancha, la velocidad a la que pasa la corriente de escape a través del canal se ralentizará cuando se aumente el área de sección transversal. El aumento en el área de sección transversal puede proporcionarse en uno o más puntos diferenciados (por ejemplo, mediante un distribuidor) o puede proporcionarse de manera sustancialmente continua sobre una parte del curso que sigue la corriente de escape. En algunas realizaciones, la corriente de escape se separará o dividirá en dos o más subflujos con el fin de llevar a cabo la invención. Normalmente, la corriente de escape se separará en subflujos a través de varios canales o tubos que pueden tener cada uno un área de sección transversal individualmente más pequeña, pero que colectivamente tienen un área de sección transversal más grande que el área de sección transversal del tubo de escape de la fuente del motor de combustión interna. El uso de varios canales o tubos pequeños se prefiere normalmente porque facilita la extracción de calor, facilitando así la condensación de parte de los gases en la corriente de escape.

Ralentizar el flujo de la corriente de escape facilita el lavado, tal como se estipula más adelante, y también facilita el enfriamiento de la corriente de escape. Normalmente, la corriente de escape se enfriará mediante la transferencia de calor desde la corriente de escape hasta un medio de enfriamiento. Por ejemplo, los canales a través de los cuales se dirige la corriente de escape pueden ser los tubos de un intercambiador de calor que extrae calor desde la corriente de escape hasta un medio de enfriamiento tal como el aire ambiental, lo que se permite para poner en contacto la parte exterior de los tubos. En algunas realizaciones, se dirigirá una corriente de aire ambiental contra los tubos, por ejemplo, mediante ventiladores. Si se desea, pueden usarse otros medios de enfriamiento tales como agua refrigerada u otros refrigerantes.

Volviendo a las figuras 2 y 3, una realización ilustrativa del aparato de la invención comprende dos secciones principales. La primera sección comprende una serie de tubos 10 de disipación dispuestos en paralelo con un extremo de cada tubo conectado al extremo de salida del tubo 12 de escape que emite la corriente de escape procedente del

ES 2 295 622 T3

motor (no mostrado). El área de sección transversal colectiva de todos los tubos 10 de disipación, es decir, la suma de los tubos individuales, es mayor que el área de sección transversal del tubo 12 de escape. Los otros extremos de los tubos 10 de disipación se conectan con un tubo 13 intermedio que canaliza la corriente de escape ralentizada hasta la cámara 14 de condensación, que es la segunda parte principal de esta realización del aparato de la invención. En esta
5 realización, la cámara 14 es un bloque 15 hueco atravesado por una serie de tubos 16 de paso. En la cámara hueca, la corriente de escape procedente de la primera sección del dispositivo, es decir, de los tubos 10 de disipación, se somete a un segundo enfriamiento a baja velocidad cuando atraviesa el interior del bloque 15 hueco pasando entre las superficies exteriores de los tubos 16 de paso dentro de los cuales se hace circular un medio de enfriamiento. Por debajo del bloque 15 hueco está ubicado un colector (no mostrado) para confinar el líquido obtenido mediante
10 condensación. Más tarde, este líquido puede extraerse del colector y tratarse para desecharse, según las normativas medioambientales aplicables. Tras la condensación, la corriente de escape tratada se hace pasar a través de la salida 17 y se expulsa al medioambiente.

Dependiendo del tipo de la fuente de emisión para la que se usa el aparato, el aire o agua u otros medios de
15 enfriamiento pueden proporcionar el enfriamiento de los tubos de disipación. Como ejemplo, en el caso de una fuente móvil, tal como un autobús o un camión, el aparato puede montarse en una parte externa del techo del vehículo, de manera que el aire ambiental pase sobre el aparato cuando el vehículo se mueve. Pueden usarse ventiladores para propulsar aire para aumentar la eficacia de la extracción de calor. En el caso de fuentes fijas, el dispositivo puede sumergirse en un medio de enfriamiento, por ejemplo, agua refrigerada en circulación u otro líquido de refrigeración,
20 para enfriar los tubos 10 de disipación y los tubos 13 de paso. Aunque esta solución garantiza el funcionamiento en cualquier condición, hay un gasto de energía y un mayor peso y volumen del aparato que deben considerarse.

Los tubos 10 de disipación, así como el bloque 15 hueco, que constituyen la cámara 14 de condensación, se pre-
paran preferiblemente con metales de alta conductividad térmica, con el fin de facilitar el enfriamiento de la corriente
25 de escape. También es posible fabricar el dispositivo utilizando únicamente materiales poliméricos térmicamente conductores, es decir, "Kevlar", dependiendo del uso deseado para el dispositivo.

Es importante mencionar que el efecto de reducir la temperatura de la corriente de escape, cuando pasa a través de los tubos 10 de disipación, permite una reducción de su volumen al entrar en la cámara 14 de condensación. Este
30 hecho reduce la presión de los gases en los tubos de disipación, reduciendo la contrapresión de la corriente de escape, lo que es particularmente importante para el funcionamiento eficaz del motor de combustión interna.

En algunas realizaciones, se aplica un agente de lavado líquido, tal como agua, a la corriente de escape. El agente de lavado puede aplicarse mediante pulverización, enjuague u otros medios convencionales. El agente de lavado absorbe
35 parte del calor de la corriente de escape, enfriándolo así de manera que se facilita la condensación según la invención. El agente de lavado también puede atrapar parte de los materiales particulados y los gases en la corriente de escape. El agente de lavado residual, es decir, el agente de lavado que contiene los materiales particulados y los gases atrapados procedentes de la corriente de escape, se recoge normalmente para su tratamiento posterior. En algunos casos, se recirculará a través del aparato. Si se desea, el agente de lavado residual recogido puede tratarse, por ejemplo, filtrarse
40 o sedimentarse para eliminar cantidades de la materia particulada atrapada y luego desecharse a través del tratamiento de aguas residuales municipales.

Preferiblemente, el agente de lavado tiene una temperatura inferior a la temperatura de la corriente de escape en el punto en el que se aplica el agente de lavado líquido a la corriente de escape. De esta manera, el agente de lavado
45 facilitará más eficazmente el enfriamiento de la corriente de escape para proporcionar la condensación de gases dentro de la corriente de escape.

Dado que la etapa de lavado se lleva a cabo una vez que la corriente de escape se ha ralentizado y enfriado prefe-
riblemente hasta cierto punto, resulta más eficaz atrapar los materiales particulados y los gases de lo que sería en otro
50 caso, es decir, tal como se ha usado convencionalmente el lavado en el pasado. Al trabajar con la corriente de escape a una velocidad y temperatura relativamente inferiores y al lograr además la condensación de una fracción del compo-
nente gaseoso en la corriente de escape, el método de la invención logra el atrapamiento (y por tanto, la eliminación) de partículas de tamaño de submicra, un rendimiento que se desconoce que se haya logrado anteriormente. Se cree que
55 escape mediante cuatro mecanismos, es decir, (1) aglomeración de los materiales particulados, particularmente cuando están humedecidos, haciendo que tiendan a precipitar por gravedad, (2) absorción de los materiales particulados en gotas del líquido, (3) condensación de gases sobre la superficie de las gotitas de líquido y (4) disolución de los gases en el líquido. Mediante cualquiera de los mecanismos, se ha demostrado que el método y el aparato dados a conocer en el presente documento eliminan eficazmente las emisiones gaseosas y de material particulado procedentes de la
60 corriente de escape.

En muchas realizaciones, la corriente de extracción y el agente de lavado residual se recogerán juntos en un tanque de retención y se combinarán antes del procesamiento y el desecho posterior.

65 Para aumentar la cantidad de condensación de los gases procedentes de la corriente de escape que puede lograrse, tendiendo así a atrapar más cantidad de la fracción de material particulado de las emisiones y una mayor proporción de los gases nocivos en la corriente de escape, el método de la presente invención puede proporcionar el aumento del punto de rocío de la corriente de escape. Esto se logra normalmente mediante la introducción de agua en la corriente

ES 2 295 622 T3

de escape. El agua puede introducirse en la corriente de escape mediante varias formas, incluyendo pero sin limitarse a, pulverizar o nebulizar agua (preferiblemente caliente) en la corriente de escape, hacer pasar la corriente de escape mediante un cuerpo o depósito de agua dentro de una cámara, o inyectar vapor de agua en la corriente de escape. Una parte del agua aplicada de esta forma se evaporará y se absorberá en la corriente de escape. La acción de la evaporación del agua sirve para reducir la temperatura de la corriente de escape. Además, al lograr un contenido en agua mayor, la corriente de escape logra un punto de rocío más alto.

La figura 4 es una ilustración esquemática de una realización de este tipo. La corriente 20 de escape procedente de un motor de combustión interna (no mostrado) entra en la cámara o espacio 22 en el que un pulverizador 27 de líquido inyecta agua en la corriente de escape, elevando así el punto de rocío de la corriente de escape. Por tanto, cuando la corriente de escape alcanza el espacio 23 de disipación en el que se enfría, la condensación de los gases procedentes de la corriente de escape se producirá más fácilmente. Los gases condensados se eliminan del espacio de disipación para el almacenamiento y el tratamiento adicional opcional antes de desecharse. En la realización ilustrativa mostrada, el pulverizador 27 de líquido comprende uno o un conjunto de tubos en la forma de uno o más serpentines 28. Los extremos 29 libres de los tubos están abiertos, lo que permite la inyección de líquido en el espacio 22. El otro extremo de los tubos 27 está conectado a un depósito de fluido 24 con un tubo 30 que transporta el líquido hacia los serpentines. Este tubo 30 conecta cada uno de los serpentines con un depósito de líquido 24 que suministra líquido a los tubos 27. De esta forma, cada serpentín 28 se mantiene siempre parcialmente lleno con líquido. El calor de la corriente de escape eleva la temperatura del líquido contenido dentro de los tubos 27, preferiblemente haciendo que hierva, de manera que se inyecta vapor de humedad en la corriente de escape (y también para reducir la temperatura de la corriente de escape).

Cuando se expulsa el líquido a través de los extremos libres de los serpentines, la misma cantidad del mismo entra a través del tubo 30. La fuerza motriz producida por el diferencial de presión que existe entre la salida 29 a los tubos 27 y el depósito 24 de líquido produce el arrastre del líquido del depósito 24. Si la corriente de escape no fluye, el agua dentro de cada tubo 27 no se calienta y la presión alcanza el equilibrio, evitando la entrada y salida de líquido desde o hacia cada tubo y serpentín.

En algunas realizaciones, los gases condensados extraídos de la corriente de escape en la cámara 23 se recogen y se devuelven al depósito 24. Cuando el líquido alcanza un cierto nivel, en las proximidades de su extremo superior, una parte del mismo se vierte por gravedad a un depósito 25 de almacenamiento, en el que se recoge para el tratamiento o desechado posterior. La corriente 26 de escape tratada se expulsa al medioambiente.

La figura 5 ilustra otra manera de inyectar agua para elevar el punto de rocío de la corriente de escape. El dispositivo 31 de dosificación de líquido proporciona un medio para poner en contacto el líquido, en la forma de gotitas, con la corriente de escape en un espacio con lo que la alta temperatura de la corriente de escape hace que el líquido se evapore. El dispositivo 31 de dosificación de líquido comprende un cilindro 32 hueco que, en su extremo superior, tiene una entrada para el líquido 33, preferiblemente una válvula accionada mecánica o eléctricamente, a través de la cual el líquido entra a través del orificio 34 ubicado inmediatamente por debajo de la entrada 33. El diámetro del orificio 34 está modulado, permitiendo así controlar el tamaño de las gotitas 35 según la naturaleza del líquido que se está inyectando. Mediante el control del tamaño de las gotitas, es posible controlar el volumen del líquido dentro del cilindro 32 hueco. En el extremo inferior del cilindro 32 hueco, está ubicado un elemento 36 de constricción, que ajusta la cantidad de gotitas que entran en el espacio en el que se humidifican los gases. Como ejemplo, si el líquido es agua, el ajuste del elemento de constricción a una tasa de aproximadamente 16 gotitas por segundo equivale a 1 ml. Se observa que la cantidad de líquido depende de la cantidad del gas que fluye y de la naturaleza del líquido. Opcionalmente, el cilindro 32 hueco tiene una ventana 37 que permite la monitorización visual del líquido y el movimiento de entrada del líquido 38 al interior del cilindro. Cuando hay una cantidad suficiente de líquido dentro del cilindro, las gotitas salen del mismo a través del tubo 39 de evacuación y, dirigidas por la gravedad, entran en el espacio o cámara encontrándose con la corriente de escape y se evaporan, elevando así el punto de rocío de la corriente de escape.

El punto de rocío de la corriente de escape se determinará sustancialmente mediante su composición, es decir, principalmente la cantidad de humedad que contiene que, a su vez, dependerá del contenido en humedad del combustible quemado y de la mezcla de aire que soportan la combustión. La facilidad con la que la corriente de escape puede inducir la condensación en líquido de los componentes gaseosos de la misma dependerá de la temperatura de la corriente de escape y las condiciones ambientales. Por ejemplo, en las condiciones frías en tiempo de invierno normalmente será fácil enfriar la corriente de escape suficientemente, de manera que se induzca la condensación deseada. Sin embargo, en condiciones de calor, y particularmente en condiciones secas tales como las que predominan en tiempo de verano en muchas ubicaciones, no se produce la condensación espontánea debido a la baja humedad y la alta temperatura reinantes. En tales condiciones es preferible, o incluso necesario, elevar el punto de rocío de la corriente de escape tal como se describe en el presente documento.

Para una mejor comprensión del efecto de la humedad del gas y su posible condensación, resulta útil entender los conceptos de humedad relativa y absoluta de los gases. La cantidad máxima de vapor de agua que puede contener un gas, es decir, su punto de saturación, dependerá en parte de su temperatura (cuanto mayor es la temperatura, mayor será el punto de saturación). La humedad absoluta es la cantidad de vapor de agua contenido en un volumen de gas (aire), medida en gramos de vapor por centímetro cúbico de gas (aire). Por el contrario, la humedad relativa es la cantidad de vapor de agua contenido en los gases de combustión (aire) en relación con la cantidad máxima posible contenida a dicha temperatura. La humedad relativa se expresa como porcentaje. A modo de ejemplo, un 80% de humedad relativa

ES 2 295 622 T3

significa que los gases de combustión contienen 80 partes de vapor de agua en relación con las 100 partes que es posible que se contengan en el punto de saturación. Para la misma cantidad de vapor de agua contenida en los gases de combustión, la humedad relativa varía inversamente con la temperatura: cuanto mayor es la temperatura, menor es la humedad relativa, y viceversa. Como ejemplo, un metro cúbico de gases de combustión contiene 4,85 gramos de vapor de agua. Si la temperatura de dichos gases es de 0°C, se saturan a una humedad relativa del 100%. Sin embargo, si la temperatura es de 10°C, su humedad relativa es sólo del 52%. A una temperatura de 30°C, su humedad relativa será sólo del 16%. En todos estos casos, la humedad absoluta es de 4,85 gramos de agua por metro cúbico de gas.

La corriente de escape tal como se emite por la fuente de combustión comprende una fracción de material particulado y una fracción gaseosa. Según la invención, cuando se enfría, se condensará una parte de la fracción gaseosa, mediante lo cual al menos una parte de la fracción de material particulado llegará a resultar atrapada en el condensado. Además, una parte de los gases nocivos dentro de la corriente de escape resultará atrapada dentro del condensado líquido. Puede recogerse el condensado líquido resultante o la corriente de extracción con la fracción de material particulado atrapada y los gases atrapados, evitándose así la emisión de esos componentes en el medioambiente.

Como breve resumen, el aparato de la invención comprende:

- a) medios para reducir la velocidad de la corriente de escape procedente de un dispositivo de combustión;
- b) medios para reducir la temperatura de la corriente de escape de manera que una parte de los gases en la corriente de escape se condensa en forma líquida, de manera que el líquido atrapa las partículas y los gases nocivos procedentes de la corriente de escape produciendo una corriente de extracción líquida y una corriente de escape gaseosa residual; y
- c) medios para recoger la corriente de extracción. Tal como se trata más adelante, en las realizaciones preferidas el aparato comprende además medios para lavar la corriente de escape con un agente de lavado líquido y medios para aumentar el punto de rocío de la corriente de escape.

Normalmente, los medios para reducir la velocidad de la corriente de escape comprenden uno o más canales de área de sección transversal creciente. La corriente de escape puede hacerse pasar a través del uno o más canales que aumentan progresivamente en el área de sección transversal, o el área de sección transversal puede aumentarse en uno o más cambios discontinuos. Por ejemplo, tal como se muestra en la figura 1, el canal de escape puede pasar a través de un distribuidor en un conjunto de tubos más pequeños.

En una realización, el aparato comprende dos secciones; comprendiendo la primera una serie de tubos de disipación dispuestos en paralelo, en la que un extremo de cada tubo está conectado con la salida de la canalización de escape del motor fuente, y el otro extremo está conectado con un tubo intermedio que, a su vez, está conectado con la segunda sección del dispositivo; estando configurada dicha segunda sección como un bloque hueco atravesado por una serie de tubos de paso y que comprende una salida para los gases residuales no condensados. Según la invención, la suma de las áreas de sección transversal de los tubos de disipación es mayor que el área de sección transversal de la canalización de escape del motor. Como resultado, la corriente de escape tendrá una velocidad menor a través de los tubos de disipación de la que tiene en la canalización de escape.

Para facilitar el enfriamiento de la corriente de escape, los canales y las cámaras del aparato deben prepararse a partir de materiales que sean altamente conductores de la energía térmica. Una elección típica será un metal que puede conformarse y configurarse fácilmente según se desee, que sea duradero, dimensionalmente estable a las temperaturas necesarias, etc. Tal como se entenderá, partes del aparato también pueden prepararse de otros materiales, por ejemplo, materiales poliméricos adecuados.

Ejemplo 1

El siguiente ejemplo se basa en el análisis del contenido en agua generado por la combustión en un motor diesel. Los gases de escape o de combustión generados por las diferentes fuentes dependen de varios factores, es decir del tipo de combustible, de la mezcla aire/combustible, de las condiciones mecánicas, de los inyectores, etc.

Se conoce ya que varios componentes producidos por la combustión generan partículas húmedas, pero debido a su volatilidad, en este ejemplo se hará referencia únicamente al agua generada como producto de la combustión.

ES 2 295 622 T3

A partir del análisis total de un combustible típico, se encontró que para cada 100 gramos de combustible, su composición es:

Elemento	Porcentaje en peso	Número de moles
Carbono	86,4	7,2000
Hidrógeno	13,6	13,6000
Oxígeno	0,001	0,0003
Nitrógeno	0,003	0,0001
Azufre	0,09	0,0028
Ceniza	0,01	-----

Una serie de cálculos puede determinar la cantidad de agua producida por la combustión.

En este caso, se consideró una combustión completa ($E = 0$). Una vez que se obtuvo la cantidad de agua, el uso de la tabla de Mollier permite la determinación del punto de rocío.

Compuesto	Número de moles
CO ₂	7,2000
H ₂ O	6,8000
SO ₂	0,0028

Fracción de aire en exceso (E)	0
Humedad (moles de agua/moles de aire seco) X	0,01116
(E = 0 = combustión completa)	

Número de moles	Moles/100 g de combustible
Estequiométricos	10,6
Número de moles en seco	50,5
Número total de moles de agua	7,4
Número total de moles de escape	53,9
Gramos de agua obtenidos por cada 100 g de combustible	2,5 g

Considerando que el aire comprende oxígeno y nitrógeno:

Gramos de oxígeno	0,010
Gramos de nitrógeno	0,003
Total	0,013

Gramos de agua/1 kg de aire en la combustión	18,9
--	------

ES 2 295 622 T3

Para una concentración de 18,9 g de vapor de agua/1 kg de aire, la temperatura de punto de rocío es de aproximadamente 23,8°C.

Por motivos de simplicidad, se supuso que la densidad de los gases de combustión era igual a la del aire a ~35°C.

En estas condiciones, para la aparición de condensación espontánea, la temperatura del gas será inferior a la temperatura de punto de rocío, concretamente 23,8°C. Por tanto, será suficiente con enfriar los gases hasta una temperatura inferior a 23,8°C para producir la condensación de los gases. Esta condición se produce principalmente durante el tiempo de invierno en algunos climas, pero no durante el tiempo de verano en algunos climas, y no se produce en otras estaciones en algunas ubicaciones en las que las temperaturas promedio pueden ser superiores a los 30°C. En consecuencia, para la presente invención, en estas condiciones, es necesario enfriar los gases a temperaturas inferiores a ésta, mediante el uso de un sistema de refrigeración sencillo.

Una alternativa para producir la condensación de los gases de combustión durante el tiempo de verano es aumentar la humedad de los gases mediante la inyección de vapor de agua.

Supongamos que la invención se instala en una fuente móvil, concretamente un autobús. En este caso, la cantidad de gases emitidos es variable, dependiendo de que el autobús esté detenido o en marcha. Para simplificar el modelo, supongamos que esta fuente emite un promedio de 50 litros de gases de combustión por segundo, lo que significa que en 20 segundos emitirá 1 m³ de gases de combustión. Según el análisis a modo de ejemplo, la cantidad de agua generada por la combustión del motor diesel es de 18,9 g/m³, y a ella se añade el agua proporcionada por el dispositivo de la invención. Considerando que el dispositivo has 4 serpentines, cada uno genera un flujo de 0,5 g/segundo de líquido que se evapora. Esto equivale a 2 g/segundo de vapor de agua, en otras palabras, llevará 20 segundos (4 serpentines x 0,5 g/segundo) producir 1 m³. En consecuencia, el dispositivo proporciona 40 g de vapor de agua, que se añaden a los 18,9 g generados por la combustión. La tabla de Mollier establece que, en estas condiciones, la temperatura del punto de rocío se eleva hasta 43°C. Entonces, si los gases de combustión se enfrían a esta temperatura, se producirá la condensación. Enfriar los gases a esta temperatura no presenta dificultades, permitiendo por tanto producir la condensación en una fuente móvil durante el tiempo de verano.

Ejemplo 2

En las pruebas realizadas en un autobús propulsado con diesel en un día de invierno que tiene temperaturas ambientales de desde aproximadamente 4°C hasta 12°C, se recogieron hasta 80 litros de líquido condensado.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para reducir las emisiones contaminantes que incluyen gases nocivos y material particulado en una corriente (1, 20) de escape procedentes de un dispositivo de combustión que comprende:
- a) recoger la corriente (1, 20) de escape caliente emitido por dicho dispositivo de combustión a través de un canal de escape;
- 10 b) aumentar el punto de rocío de dicha corriente (1, 20) de escape caliente;
- c) reducir la velocidad de dicha corriente (1, 20) de escape caliente que tiene un punto de rocío aumentado;
- 15 d) reducir el volumen y la presión de dicha corriente (1, 20) de escape caliente que tiene un punto de rocío aumentado mediante el enfriamiento de dicha corriente (1, 20), produciendo así la condensación parcial de los gases usando el material particulado como núcleos de condensación de manera que una parte de los gases en dicha corriente (1, 20) de escape se condensa en forma líquida de manera que dicho líquido atrapa las partículas y los gases nocivos procedentes de dicha corriente (1, 20) de escape produciendo una corriente de extracción líquida y una corriente no condensada, gaseosa residual; y
- 20 e) recoger dicha corriente de extracción condensada.
2. Método según la reivindicación 1, en el que dicha reducción de la velocidad de dicha corriente (1, 20) de escape comprende separar dicha corriente (1, 20) de escape en múltiples subflujos.
- 25 3. Método según la reivindicación 1 o 2, en el que dicha reducción de la velocidad de dicha corriente (1, 20) de escape comprende dirigir dicha corriente (1, 20) de escape hacia uno o más canales (3, 10) que tienen un área de sección transversal colectiva mayor que el área de sección transversal de dicho canal (2, 12) de escape.
- 30 4. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicha reducción de la temperatura de dicha corriente (1, 20) de escape comprende transferir calor desde dicha corriente (1, 20) de escape hasta un medio (4) de enfriamiento.
5. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que dicha corriente de extracción condensada se trata de manera que es adecuada para desecharse dentro de una red de aguas residuales municipal.
- 35 6. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el punto de rocío de dicha corriente (1, 20) de escape se aumenta mediante la adición de agua a dicha corriente (1, 20) de escape antes de reducir sustancialmente la temperatura de dicha corriente (1, 20) de escape.
- 40 7. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que dicho punto de rocío de dicha corriente (1, 20) de escape se aumenta mediante la introducción de agua en dicha corriente (1, 20) de escape.
8. Método según la reivindicación 7, en el que dicha introducción de agua en dicha corriente (1, 20) de escape comprende pulverizar agua en dicha corriente (1, 20) de escape.
- 45 9. Método según la reivindicación 7 u 8, en el que dicha introducción de agua en dicha corriente (20) de escape comprende mantener una fuente (27) de agua líquida dentro de una cámara (22) a través de la cual pasa dicha corriente (20) de escape de manera que el agua procedente de dicha fuente (27) se evapora en dicha corriente (20) de escape.
- 50 10. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que dicha introducción de agua en dicha corriente (1, 20) de escape comprende inyectar vapor de agua en dicha corriente (1, 20) de escape.
11. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, en el que dicha corriente (1, 20) de escape con punto de rocío elevado se enfría de manera que se produzca la condensación de al menos parte de los gases contenidos en ella, atrapando así los materiales particulados y los gases procedentes de dicha corriente de escape en una corriente de extracción.
- 55 12. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que dicho dispositivo de combustión es un motor de combustión interna usado para propulsar un vehículo y/o un dispositivo de combustión fijo como, por ejemplo, un quemador.
- 60 13. Dispositivo para reducir las emisiones contaminantes en una corriente (1, 20) de escape procedente de una fuente de combustión que comprende:
- 65 a) un medio (12) para recibir una corriente (1, 20) de escape caliente emitida por una fuente de combustión de un canal de escape;

ES 2 295 622 T3

b) un medio (27) para aumentar el punto de rocío de dicha corriente (1, 20) de escape caliente;

c) medios (3, 10) para reducir la velocidad y la presión de dicha corriente (1, 20) de escape caliente con punto de rocío aumentado;

d) medios (3, 10) para reducir la temperatura de dicha corriente (1, 20) de escape con punto de rocío aumentado, de manera que una parte de los gases en dicha corriente (1, 20) de escape se condensa en forma líquida, de manera que dicho líquido atrapa las partículas y los gases nocivos procedentes de dicha corriente (1, 20) de escape produciendo una corriente de extracción líquida y una corriente de escape gaseosa residual; y

e) un medio (17) para recoger dicha corriente de extracción.

14. Dispositivo según la reivindicación 13, en el que dichos medios (3, 10) para reducir la velocidad de dicha corriente de escape comprende uno o más canales (3, 10) que tienen una área de sección transversal colectiva mayor que el área de sección transversal de dicho canal (2, 12) de escape.

15. Dispositivo según la reivindicación 13 o 14, que comprende además:

a) un medio (27) para inyectar agua en dicha corriente (1, 20) de escape caliente, aumentando de este modo la humedad de dicha corriente, aumentando así su temperatura de punto de rocío; y

b) una cámara (23) de condensación para la corriente de escape enfriada con punto de rocío aumentado que comprende un colector (7, 25) para confinar el líquido obtenido a partir de los gases condensados.

16. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15, que comprende un medio (27) para aumentar dicho punto de rocío de dicha corriente (1, 20) de escape mediante la adición de agua a dicha corriente (1, 20) de escape antes de reducir sustancialmente la temperatura de dicha corriente (1, 20) de escape.

17. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16, que comprende un medio (27) para introducir agua líquida o vapor de agua desde dicha solución acuosa humidificante / neutralizante en dicha corriente (1, 20) de escape.

18. Dispositivo según la reivindicación 16, en el que dicho medio (27) para aumentar el punto de rocío comprende una fuente (24) de líquido a través de parte del cual se hace pasar la corriente (1, 20) de escape caliente, de manera que el calor de dicha corriente (1, 20) de escape caliente eleva la temperatura de dicho líquido para evaporarlo.

19. Dispositivo según la reivindicación 18, en el que dicha fuente (24) de líquido tiene una salida cerca de su extremo superior que permite que salga el líquido por gravedad hacia otro depósito (25) ubicado al lado de dicha fuente (24) de líquido.

20. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 19, en el que dicho dispositivo comprende además un aparato (31) de dosificación de líquido que comprende un cilindro (32) hueco que tiene en su extremo superior una entrada (33) de líquido; inmediatamente por debajo de dicha entrada hay un orificio (34) redondo que permite la entrada de líquido a este cilindro (32) hueco; en el extremo inferior de dicho cilindro (32) hueco hay un elemento (36) de constricción que permite ajustar el número de gotitas (35) que entra en dicho espacio (22) para humidificar los gases.

21. Dispositivo según la reivindicación 20, en el que dicho cilindro (32) hueco tiene una ventana (37) que permite la monitorización visual del nivel de líquido y el movimiento de las gotitas.

22. Dispositivo según la reivindicación 20 o 21,

en el que por debajo de dicho elemento (36) de constricción hay un tubo (39) de salida para transportar las gotitas (35) hasta el espacio (22) en el que se humidifican los gases, y para evaporar las gotitas (35) debido a su alta temperatura, reduciendo así la temperatura del punto de rocío de los gases dentro del espacio (22).

23. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 20 a 22, en el que en dicha entrada (33) de líquido se encuentra una válvula eléctrica o mecánica.

24. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 23, en el que dichos medios (3, 10, 23) para reducir la temperatura de dicha corriente de escape son para reducir simultáneamente la presión y el volumen de dicha corriente (1, 20) de escape.

25. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 24, en el que dicha fuente de combustión es un motor de combustión interna para propulsar un vehículo y/o un dispositivo de combustión fijo como, por ejemplo, un quemador.

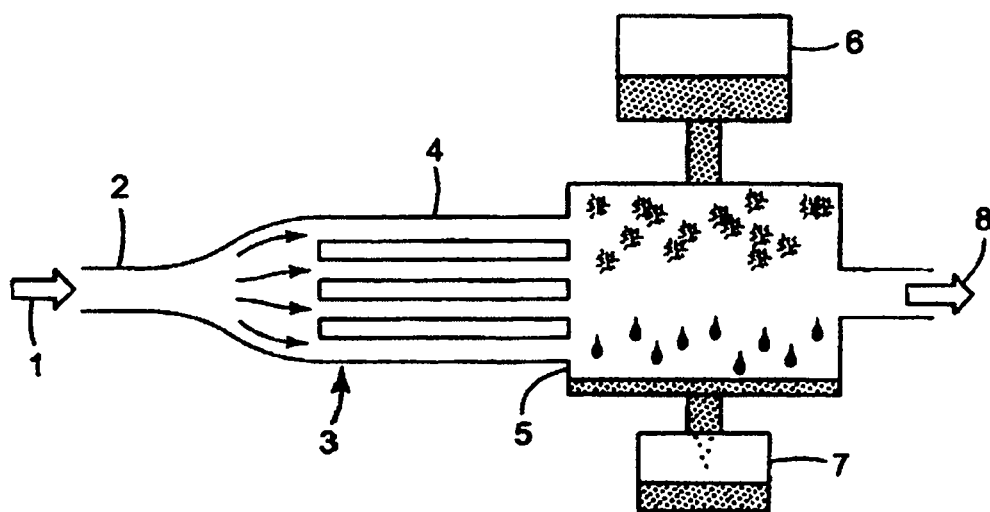
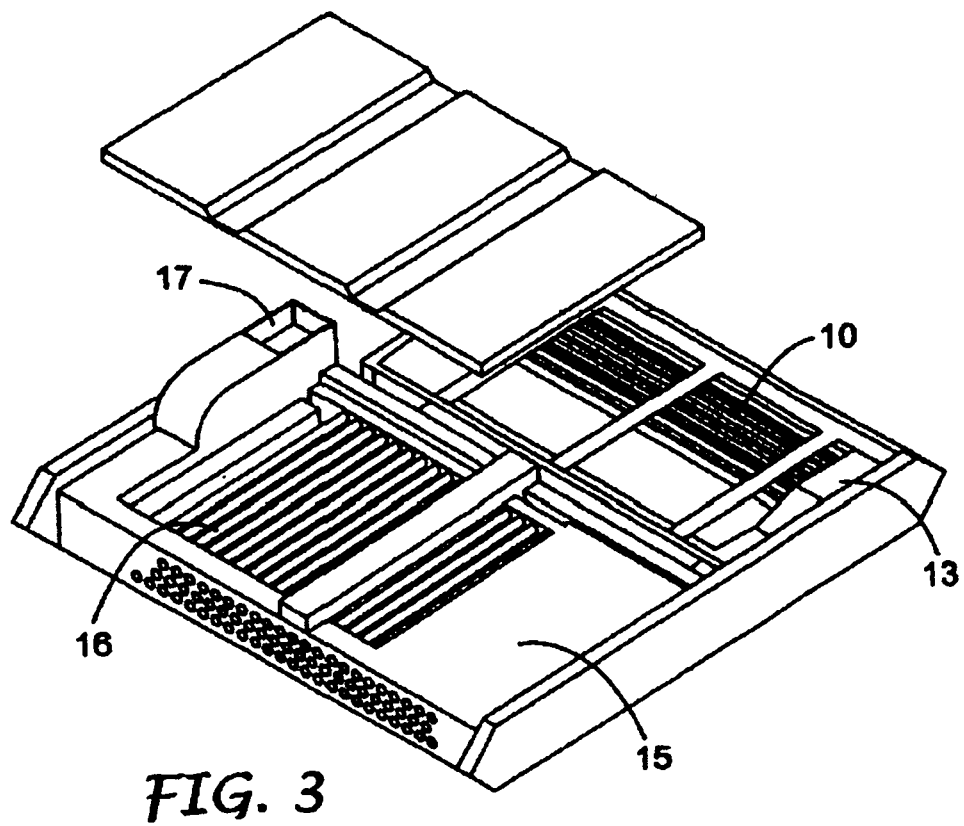
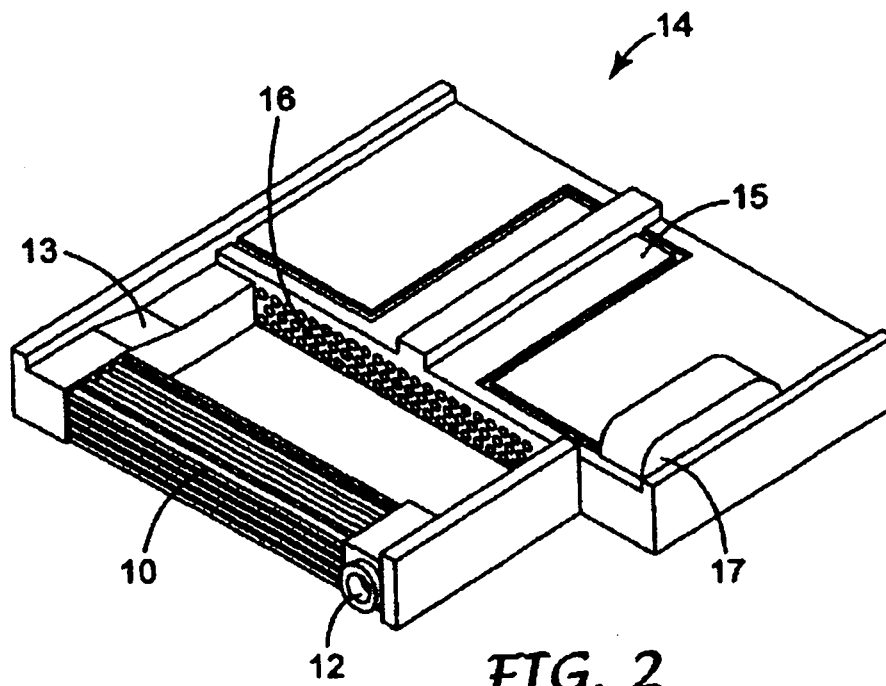


FIG. 1



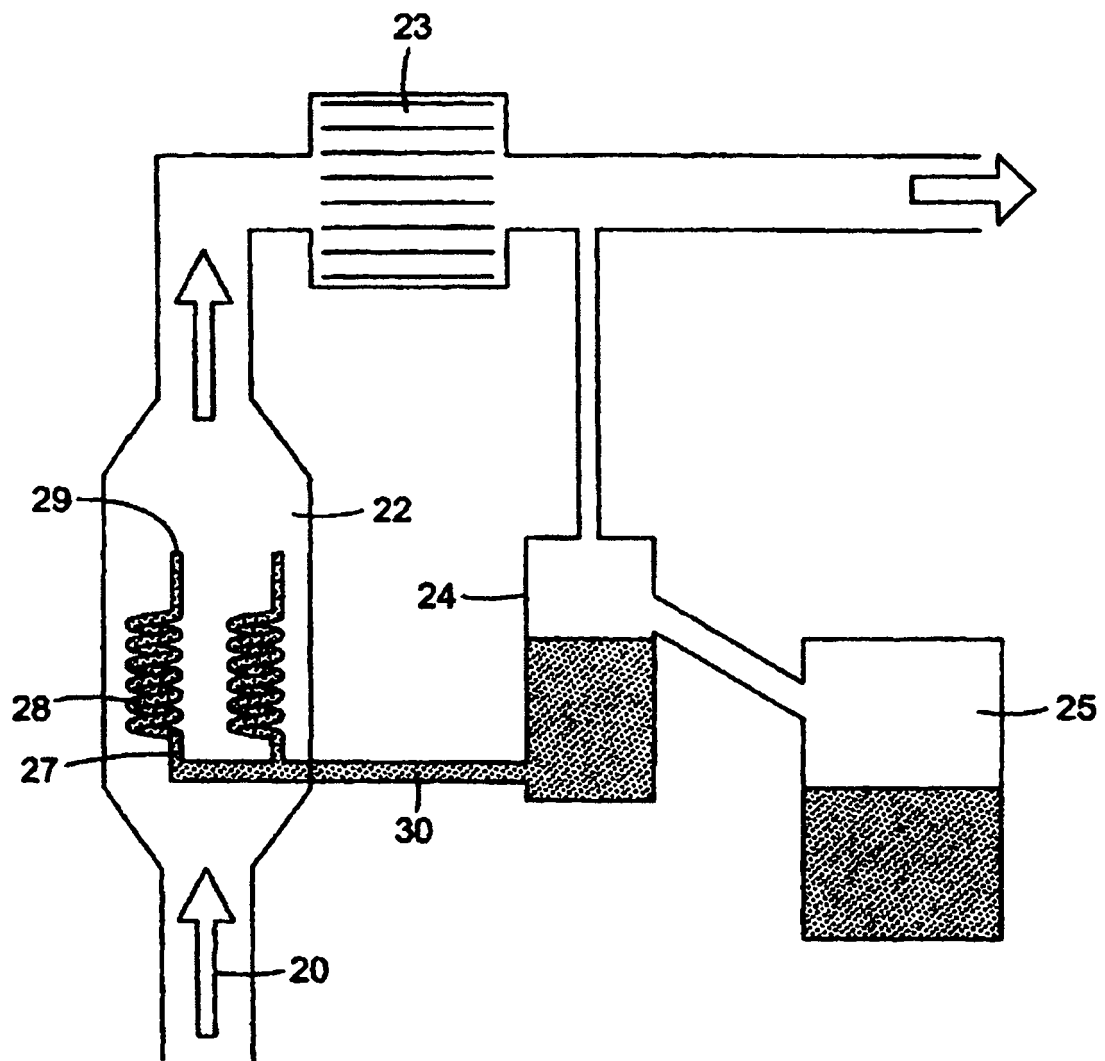


FIG. 4

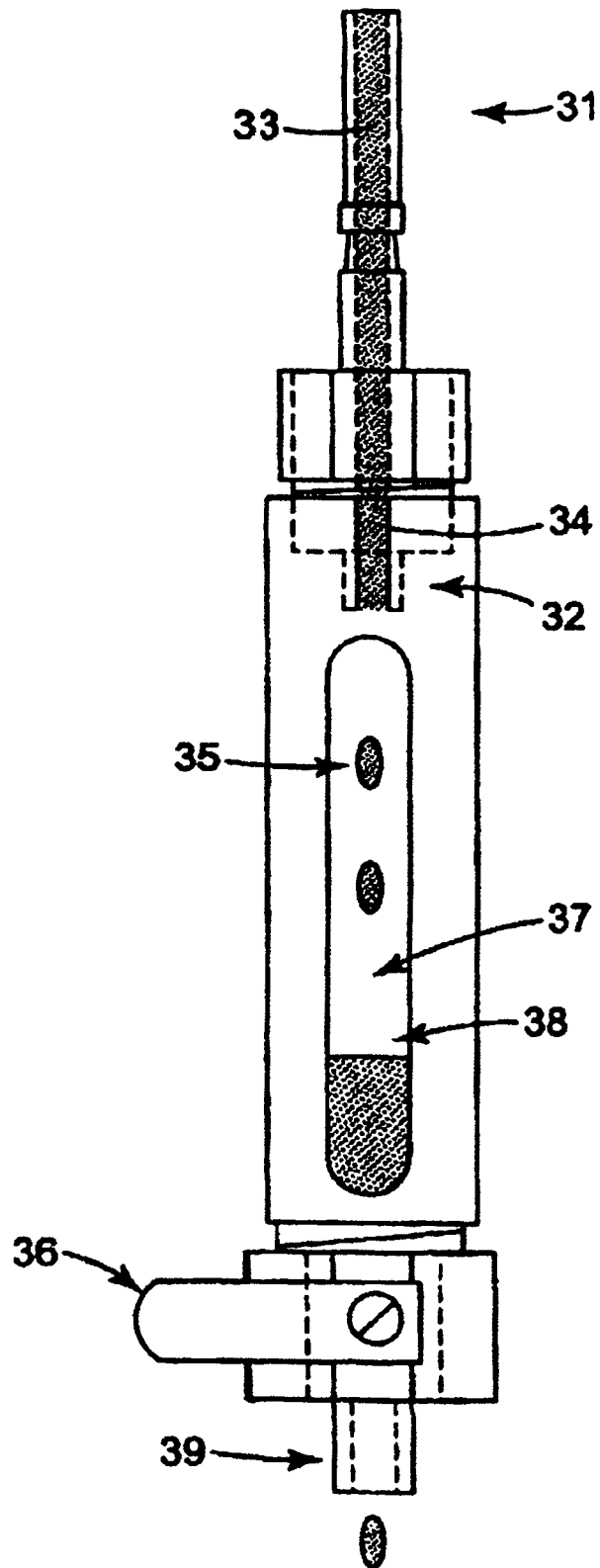


FIG. 5