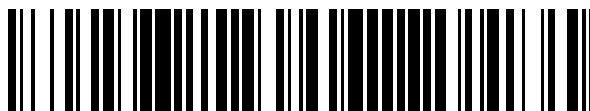


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 373 467**

51 Int. Cl.:  
**B01D 53/90** (2006.01)  
**B01D 53/94** (2006.01)  
**F01N 3/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07725275 .7**  
96 Fecha de presentación: **16.05.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2021101**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.02.2009**

54 Título: **PROCEDIMIENTO Y DISPOSITIVO DE TRATAMIENTO DEL GAS DE ESCAPE DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.**

30 Prioridad:  
**16.05.2006 DE 102006023145**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**03.02.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**03.02.2012**

73 Titular/es:  
**EMITEC GESELLSCHAFT FÜR  
EMISSIONSTECHNOLOGIE MBH  
HAUPTSTRASSE 128  
53797 LOHMAR, DE**

72 Inventor/es:  
**BRÜCK, Rolf;  
BRUGGER, Marc;  
HÄRIG, Thomas;  
HIRTH, Peter y  
KLEIN, Ulf**

74 Agente: **Lehmann Novo, Isabel**

ES 2 373 467 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

Procedimiento y dispositivo de tratamiento del gas de escape de un motor de combustión interna.

Son objeto de la presente invención un procedimiento y un dispositivo de tratamiento del gas de escape de un motor de combustión interna, en los que se reduce el contenido de óxidos de nitrógeno en el gas de escape del motor de combustión interna por medio de una reducción catalítica selectiva.

El gas de escape de motores de combustión interna presenta sustancias cuya emisión al medio ambiente es poco deseable. Por ejemplo, en muchos países los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) solamente podrán estar contenidos hasta un cierto valor límite en el gas de escape de motores de combustión interna. Aparte de medidas internas al motor, con las cuales se puede reducir la emisión de óxidos de nitrógeno mediante una elección de un punto de funcionamiento adecuado del motor de combustión interna, se han establecido métodos de tratamiento posterior con los cuales es posible una disminución adicional de las emisiones de óxidos de nitrógeno.

Una posibilidad para reducir aún más la emisión de óxidos de nitrógeno es la llamada reducción catalítica selectiva (SCR, selective catalytic reduction). En este caso, se efectúa una reducción selectiva de los óxidos de nitrógeno a nitrógeno molecular ( $\text{N}_2$ ) utilizando un agente reductor de acción selectiva. Un posible agente reductor es el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). El amoníaco no se almacena aquí frecuentemente en forma de amoníaco, sino que más bien se guarda en stock un precursor de amoníaco que, en caso necesario, se convierte en amoníaco. Posibles precursores de amoníaco son, por ejemplo, urea ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ), carbamato de amonio, ácido isocianico ( $\text{HCNO}$ ), ácido cianúrico y similares.

En particular, la urea ha demostrado ser sencilla de almacenar. Preferiblemente, se almacena la urea en forma de una solución acuosa de urea. La urea y especialmente la solución acuosa de urea son sanitariamente inocuas y se pueden distribuir y guardar de manera sencilla. Bajo el nombre "AdBlue" se comercializa ya una solución acuosa de urea de esta clase.

Se conoce por el documento DE 199 13 462 A1 un procedimiento en el que se introduce dosificadamente una solución acuosa de urea, aguas arriba de un catalizador de hidrólisis, en una corriente parcial de un gas de escape de un motor de combustión interna. La introducción dosificada se efectúa aquí en forma de gotas. Debido al choque de las gotas con el catalizador de hidrólisis se producen una hidrólisis y una termólisis de la urea a amoníaco que se utiliza como agente reductor en un catalizador SCR colocado aguas abajo. El procedimiento aquí descrito presenta la desventaja de que el catalizador de hidrólisis es enfriado por la evaporación de la solución acuosa de urea. Particularmente cuando se necesitan grandes cantidades de amoníaco, se puede producir así al menos en zonas del catalizador de hidrólisis un enfriamiento tan fuerte que la reacción de hidrólisis ya no se desarrolla aquí o ya no se desarrolla completamente. Asimismo, debido al fuerte enfriamiento localmente discontinuo del catalizador de hidrólisis que se origina a consecuencia de la evaporación de las gotas individuales se pueden producir un daño de esta componente y especialmente un desprendimiento de un revestimiento catalíticamente activo.

Partiendo de esto, la presente invención se basa en el problema de proponer un procedimiento y un dispositivo con los cuales se puedan al menos mitigar las desventajas conocidas por el estado de la técnica.

Este problema se resuelve por medio de un dispositivo y un procedimiento con las características de las reivindicaciones independientes. Perfeccionamientos ventajosos son objeto de las respectivas reivindicaciones subordinadas.

El dispositivo según la invención para el tratamiento del gas de escape de un motor de combustión comprende al menos:

- una unidad de evaporador,

El documento DE 102 06 028 A1 se dirige a un procedimiento de producción de amoníaco y su subsiguiente alimentación como agente reductor a una tubería de gas de escape, en donde se aprovecha regularmente el contenido de calor del gas de escape para la descomposición térmica de la urea. Asimismo, se explica que la corriente de gas de escape parcial es derivada de la corriente principal de gas de escape y aportada al reactor para la hidrólisis que allí se realiza. El contenido de calor del gas de escape se aprovecha para controlar la reacción de transformación del agente reductor.

- un catalizador de hidrólisis para la hidrólisis de especialmente urea a amoníaco y

- un catalizador SCR para la reducción catalítica selectiva de óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ).

El evaporador de la solución de agente reductor comprende una unidad de evaporador para proporcionar una mezcla de sustancias gaseosas que comprende al menos una de las sustancias siguientes:

- a) al menos un precursor de agente reductor y
- b) un agente reductor.

5 Por medio de la unidad de evaporador se puede evaporar una solución acuosa que comprende al menos un precursor de agente reductor. El catalizador SCR está formado en la tubería de gas de escape, mientras que el evaporador de la solución de agente reductor y el catalizador de hidrólisis están formados fuera de la tubería del gas de escape y se pueden unir con ésta. Delante del catalizador SCR puede estar formado un filtro de partículas que, en funcionamiento, pueda ser atravesado también por la corriente de gas del catalizador de hidrólisis que contiene agente reductor.

10 Esto significa que, en funcionamiento, el catalizador SCR es atravesado regularmente por gas de escape, mientras que esto no ocurre normalmente en el catalizador de hidrólisis ni en el evaporador de la solución de agente reductor. Estos últimos están configurados de modo que pueden unirse con la tubería de gas de escape para que una mezcla de sustancias gaseosas que comprende un agente reductor pueda ser introducida en la tubería del gas de escape, pero a lo sumo pequeñas cantidades de gas de escape puedan penetrar en el catalizador de hidrólisis y/o en el evaporador de la solución de agente reductor. Se prefiere un precursor de agente reductor consistente en urea como precursor del agente reductor consistente en amoniaco.

15 En sistemas usuales conocidos por el estado de la técnica el catalizador de hidrólisis es atravesado también al menos por una parte del gas de escape. Esto implica que, debido al gran caudal másico del gas de escape, un catalizador de hidrólisis de esta clase tiene que presentar un cierto volumen, a menudo medio litro y más, y una cierta superficie que se pueda aprovechar para la reacción catalítica. Este volumen y esta superficie pueden resultar netamente más pequeños en un catalizador de hidrólisis según la presente invención, ya que éste tiene que concebirse únicamente tan grande que pueda convertir la cantidad máxima necesaria de precursor de agente reductor en la solución acuosa evaporada. En este caso, los caudales másicos a través del catalizador de hidrólisis son netamente más pequeños.

20 En la unidad de evaporador se efectúa, en funcionamiento, una evaporación de la solución acuosa de urea. Esta solución acuosa de urea puede contener también otras sustancias que provoquen, por ejemplo, una reducción del punto de congelación de esta solución. En este caso, pueden estar contenidos en la solución especialmente ácido fórmico y/o formiato de amonio. La unidad de evaporador está configurada aquí de modo que, en funcionamiento, se efectúe al menos una evaporación de la solución acuosa de urea. Según el ajuste de la temperatura correspondiente y de la cantidad correspondiente de solución acuosa de urea con la que se carga la unidad de evaporador, se tiene que, aparte de la evaporación pura de la solución acuosa de urea, se puede producir ya también una termólisis al menos parcial de la urea a amoniaco. El evaporador de la solución de agente reductor está formado aguas arriba del catalizador de hidrólisis y éste está formado aguas arriba del catalizador SCR, de modo que, en funcionamiento, la solución acuosa evaporada, que comprende un precursor de agente reductor y/o un agente reductor, circula desde el evaporador de la solución de agente reductor hasta el catalizador de hidrólisis, en donde se efectúa una hidrólisis al menos parcial para obtener el agente reductor. Sale del catalizador de hidrólisis una mezcla gaseosa que comprende al menos agente reductor. Esta mezcla gaseosa se conduce al catalizador SCR y sirve allí como agente reductor selectivo para la reducción de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

35 El motor de combustión interna puede ser móvil o estacionario. En particular, el motor de combustión interna es parte de un vehículo terrestre, acuático o aéreo, preferiblemente un automóvil, tal como especialmente un automóvil de turismo o un camión. El catalizador de hidrólisis y el catalizador SCR designan cuerpos de soporte de catalizador que se han activado catalíticamente de manera correspondiente. En particular, estos cuerpos de soporte de catalizador presentan revestimientos que son catalíticamente activos o que contienen sustancias catalíticamente activas. De manera especialmente preferida, los cuerpos de soporte de catalizador presentan revestimientos cerámicos, por ejemplo en forma de un revestimiento aplicado por lavado, en el que están distribuidas las partículas catalíticamente activas correspondientes. En particular, el catalizador de hidrólisis presenta un revestimiento que comprende dióxido de titanio (anatasa) y/o zeolitas permutadas con hierro. De manera especialmente preferida, el catalizador SCR presenta un revestimiento que comprende al menos uno de los componentes siguientes: dióxido de titanio, trióxido de wolframio, trióxido de molibdeno, pentóxido de vanadio, dióxido de silicio, trióxido de azufre, zeolita. Como cuerpos de soporte de catalizador se utilizan especialmente los llamados cuerpos de nido de abeja que presentan canales o cavidades a través de los cuales puede circular un fluido. Se prefiere especialmente como cuerpo de soporte de catalizador un cuerpo de nido de abeja que está constituido por material cerámico y/o material metálico. Una posibilidad para un cuerpo de nido de abeja reside en un cuerpo de nido de abeja que consta de capas de chapa delgadas, siendo arrolladas o apiladas una con otra al menos una capa de chapa estructurada y una capa de chapa sustancialmente lisa y siendo retorcida al menos una de estas pilas. Son posibles y acordes con la invención otros cuerpos de soporte de catalizador, por ejemplo, catalizadores de material a granel, cuerpos de soporte a base de malla de alambre o similares. Se prefiere también la construcción de especialmente un catalizador de hidrólisis en forma de un tubo provisto, en el lado interior, de un revestimiento que cataliza la hidrólisis del precursor de agente reductor para obtener el agente reductor. Gracias a la formación de una unidad de evaporador separada es posible de manera ventajosa garantizar continuamente una entrega definida de agente reductor, sin

que, en el caso de demandas incrementadas de agente reductor, se efectúa una hidrólisis irregular y/o incompleta del precursor de amoniaco para producir amoniaco.

5 Según una ejecución ventajosa del dispositivo conforme a la invención, la unidad de evaporador está unida con un depósito para la solución acuosa a través de una tubería de transporte, estando unidas la tubería de transporte y la unidad de evaporador una con otra por medio de una unidad de unión.

10 La unidad de unión forma la interfaz entre la tubería de transporte y la unidad de evaporador. Esta unidad de unión está construida de modo que garantice una unión hermética entre la tubería de transporte y la unidad de evaporador para evitar una salida de la solución acuosa y de la mezcla de sustancias gaseosas. Asimismo, la unidad de unión está construida de modo que, al mismo tiempo, se suprima una deposición de sustancias en el interior de la unidad de unión, por ejemplo por precipitación de componentes de la solución acuosa correspondiente, o bien esta deposición se efectúe en una medida tan pequeña que siga siendo posible una circulación a través de la unidad de unión. La unidad de unión está construida preferiblemente de modo que pueda ser enfriada. Por ejemplo, está unida por un elemento de refrigeración correspondiente. En general, es posible un atemperado, es decir, una refrigeración o un calentamiento de la unidad de unión.

15 Según otra ejecución ventajosa del dispositivo conforme a la invención, la unidad de unión está construida al menos parcialmente a base de un material con una conductividad calorífica de menos de 10 W/m K (vatios por metro y Kelvin).

20 Un material con una pequeña conductividad calorífica que esté situada especialmente por debajo de la de metales hace posible de manera ventajosa la formación de una unidad de unión que posibilita, por un lado, una alta temperatura en la unidad de evaporador y, por otro lado, una temperatura más baja en la tubería de transporte que va a la unidad de evaporador. Así, es especialmente posible que la tubería de transporte presente una tubería de hasta 70°C, hasta 80°C o incluso hasta 90°C, mientras que la unidad de evaporador presenta una temperatura de más de 300°C, preferiblemente más de 350°C y preferiblemente incluso más de 400°C. Particularmente preferida es una temperatura de alrededor de 380°C. En este caso, debido a la pequeña conductividad calorífica del material de la unidad de unión se garantiza especialmente que no se produzca un calentamiento excesivo de la tubería de transporte. Un calentamiento de esta clase conduciría, por un lado, a pérdidas de calor en la unidad de evaporador y, por otro, podría provocar en la tubería de transporte una evaporación al menos parcial de la solución acuosa, la cual es a menudo poco deseable. Como quiera que la solución acuosa se presenta en la tubería de transporte, se puede efectuar una regulación especialmente fiable y exacta de la cantidad aportada de la solución acuosa a la unidad de evaporador y, por tanto, de la cantidad proporcionada de amoniaco. Se prefieren aquí materiales cuya conductividad calorífica es de solo 2 W/m K o menos, de manera especialmente preferida tan solo 1 W/m K o menos, especialmente de 0,1 W/m K a 0,4 W/m K y especialmente de alrededor de 0,25 W/m K o menos. La unidad de unión está construida preferiblemente de modo que su diámetro varía en menos de 0,25% incluso bajo flujos pulsátiles. La unidad de unión está construida preferiblemente de modo que presenta un diámetro atravesable de 0,5 a 6 mm en el caso de una configuración sustancialmente circular de la zona atravesable, encontrándose de manera especialmente preferida el diámetro atravesable en un valor de 3 a 5 mm, especialmente en alrededor de 4 mm. Independientemente de la forma de la zona atravesable de la unidad de unión, ésta presenta preferiblemente una sección transversal de 0,2 a 28 milímetros cuadrados. Preferiblemente, la unidad de unión comprende al menos un elemento Peltier para la refrigeración y/o el calentamiento de la unidad de unión. La unidad de unión está en particular galvánicamente separada de la unidad de evaporador.

Según otra ejecución ventajosa del dispositivo conforme a la invención, la unidad de unión está construida de modo que se puede conservar un gradiente de temperatura de 40 K/mm (Kelvin por milímetro) y más a todo lo largo de la unidad de unión.

45 Esto se consigue especialmente mediante la construcción a base de un material correspondiente, un revestimiento a base de un material correspondiente y/o una configuración topológica correspondiente de la unidad de unión. Como alternativa o adicionalmente, la unidad de unión puede estar equipada o unida con medios de atemperado activos o pasivos correspondientes que hagan posible una conservación de este gradiente de temperatura.

50 Un gradiente de temperatura de 40 K/mm y más hace posible de manera ventajosa la conservación de una alta temperatura de 350°C o más en la unidad de evaporador, con una temperatura más bien moderada de, por ejemplo, 70°C, 80°C ó 90°C en la tubería de transporte. Así, por un lado, se puede garantizar una evaporación buena y preferiblemente completa de la solución acuosa junto con una simultánea dilatación espacial pequeña de la unidad de evaporador y una buena dosificabilidad de la solución acuosa.

55 La construcción de la unidad de unión con una conductividad calorífica muy pequeña y/o un gradiente de temperatura posible muy grande hace posible de manera ventajosa el establecimiento de un nivel de temperatura muy constante dentro de la unidad de evaporador sin una temperatura sensiblemente reducida en la zona contigua a la unidad de unión. Este nivel de temperatura constante de la unidad de evaporador es ventajoso, ya que así se puede evitar o reducir eficazmente la formación de deposiciones dentro de la unidad de evaporador.

Según otra ejecución ventajosa del dispositivo conforme a la invención, la unidad de unión está constituida por al menos un material que comprende al menos uno de los materiales siguientes:

- a) un material cerámico y
- b) politetrafluoretileno (PTFE).

5 Estos materiales tienen de manera especialmente ventajosa, por un lado, una pequeña conductividad calorífica, por ejemplo de menos de 10 W/m K, y, por otro lado, permiten de manera ventajosa la formación de una unidad de unión con gradientes de temperatura de 40 K/mm y más. Particularmente cuando se utiliza un material cerámico, es ventajoso utilizar un agente sellante y/o adhesivo adicional para incrementar la hermeticidad de la unidad de unión. Según otra ejecución ventajosa del dispositivo conforme a la invención, el catalizador de hidrólisis presenta una capacidad calorífica de a lo sumo 60 J/K.

10 Por capacidad calorífica del catalizador de hidrólisis se entiende aquí preferiblemente la capacidad calorífica sin un tubo envolvente eventualmente formado. Esta capacidad calorífica da lugar a que se pueda calentar y enfriar rápidamente el catalizador de hidrólisis. Esto hace posible de manera ventajosa que se emplee el catalizador de hidrólisis como el o uno de varios elementos de regulación en un circuito de regulación de atemperado. Además, se ha comprobado que, especialmente cuando no se utiliza el catalizador de hidrólisis en la corriente de gas de escape, es decir, en una situación en la que el catalizador de hidrólisis no es atravesado por gas de escape del motor de combustión interna, es posible otra configuración del catalizador de hidrólisis que en el sistema de gas de escape, pudiendo ser atravesado también el catalizador de hidrólisis por gas de escape. Es preferible incluso que un catalizador de hidrólisis esté formado con una capacidad calorífica de a lo sumo 45 J/K, a lo sumo 30 J/K o incluso de 25 J/K y menos.

15 El catalizador de hidrólisis comprende preferiblemente un cuerpo de nido de abeja metálico que está constituido con un acero con el número de material 1.4725 según la clave de aceros alemana y/o aluminio. Por acero con número de material 1.4725 según la clave de aceros alemana se entiende especialmente un acero con 14 a 16%p (% en peso) de cromo, un máximo de 0,08%p de hierro, un máximo de 0,6%p de manganeso, un máximo de 0,5p de silicio, 3,5 a 5%p de aluminio, un máximo de 0,3%p de zirconio y el resto de hierro, pudiendo comprender el acero impurezas usuales que se añaden especialmente hasta un total de a lo sumo 0,1%p. En particular, el material 1.4725 puede estar revestido y/o chapeado con aluminio.

20 Según otra ejecución ventajosa del dispositivo conforme a la invención, el catalizador de hidrólisis presenta un volumen de menos de 100 ml (mililitros).

30 Han demostrado ser especialmente ventajosos volúmenes del catalizador de hidrólisis de 5 a 40 ml, preferiblemente de 10 a 30 ml. Estos volúmenes son netamente más pequeños que los volúmenes de catalizadores de hidrólisis que son atravesados por gas de escape. El volumen de estos está regularmente en 500 ml y más. Por tanto, el dispositivo según la invención es más pequeño y más barato en comparación con sistemas conocidos por el estado de la técnica.

35 Según otra ejecución ventajosa del dispositivo conforme a la invención, el catalizador de hidrólisis comprende un tubo envolvente.

40 El tubo envolvente sirve para sellar el catalizador de hidrólisis. Se prefiere una construcción del catalizador de hidrólisis en la que éste consiste en un revestimiento catalíticamente activo aplicado sobre el lado interior del tubo envolvente. Asimismo, es ventajoso y preferible que el tubo envolvente sirva de sujetador de una estructura usual, por ejemplo una estructura de nido de abeja, que rellena al menos una parte del espacio interior del tubo principal, o bien de una estructura de malla de alambre o espuma metálica y/o cerámica.

Según otra ejecución ventajosa del dispositivo conforme a la invención, en el tubo envolvente está formada al menos una capa metálica al menos parcialmente estructurada.

45 En este caso, el catalizador de hidrólisis puede comprender una estructura de nido de abeja usual constituida por al menos una capa metálica estructurada, especialmente ondulada, y eventualmente por al menos otra capa metálica sustancialmente lisa. Como alternativa, es posible que el catalizador de hidrólisis presente un tubo envolvente y, en la superficie interior de éste, una capa metálica estructurada, especialmente ondulada, que se extienda al menos una vez alrededor de todo el perímetro del tubo envolvente, pero no rellene amplias partes de la sección transversal del tubo envolvente, de modo que en el interior de la capa quede libre una sección transversal libremente atravesable. Se trata aquí de un llamado "tubo caliente".

50 Preferiblemente, el catalizador de hidrólisis presenta canales limitados por paredes, teniendo las paredes de los canales un espesor de a lo sumo 80 µm (micrómetros). Se prefieren aquí espesores de pared de 60 µm y menos o de 30 µm y menos, especialmente cuando se forma el catalizador de hidrólisis al menos parcialmente a base de capas metálicas que definen las paredes de los canales. Estos espesores de pared se han acreditado como

especialmente ventajosos, ya que hacen posible que se construya un catalizador con pequeña capacidad calorífica.

Según otra ejecución ventajosa del dispositivo conforme a la invención, el catalizador de hidrólisis presenta una densidad de celdas de menos de 600 cpsí (cells per square inch, celdas por pulgada cuadrada).

5 En comparación con catalizadores de hidrólisis usuales que pueden ser atravesados por el gas de escape del motor de combustión interna, el catalizador de hidrólisis no atravesable por gas de escape puede construirse con volúmenes más pequeños y superficies más pequeñas. En particular, se puede utilizar aquí una menor densidad de celdas del catalizador de hidrólisis, ya que el caudal volumétrico que circula por el catalizador de hidrólisis es incluso a plena carga más pequeño que el del gas de escape. Así, se pueden construir catalizadores de hidrólisis con densidades de celdas relativamente pequeñas de menos de 600 cpsí, de menos de 400 cpsí o incluso de 300 ó 200  
10 cpsí y menos.

Según otra ejecución del dispositivo conforme a la invención, el catalizador de hidrólisis está unido mecánicamente con la tubería de gas de escape, especialmente embridado a ésta. Esto hace posible de manera ventajosa un montaje mecánico estable del dispositivo conforme a la invención. Según otra ejecución ventajosa del dispositivo conforme a la invención, el catalizador de hidrólisis está térmicamente desacoplado de la tubería de gas de escape.

15 Es ventajoso un desacoplamiento térmico, ya que en una fase de arranque en frío del motor de combustión interna, en la que la tubería de gas de escape está aún relativamente fría, se tiene que, al calentar el catalizador de hidrólisis, no tiene que calentarse también la masa térmica relativamente grande de la tubería de gas de escape. Después de que la tubería de gas de escape haya alcanzado su temperatura de funcionamiento usual, que puede ascender hasta 800°C y más y que es mayor que la temperatura de funcionamiento usual de aproximadamente 350  
20 a 450°C del catalizador de hidrólisis, se evita así que se efectúe un calentamiento del catalizador de hidrólisis a través de la tubería de gas que eventualmente no se desea y que dificulta la regulación de la temperatura del catalizador de hidrólisis.

La temperatura de funcionamiento del catalizador de hidrólisis está especialmente en el intervalo de 350 a 450°C, efectuándose preferiblemente el calentamiento del catalizador de hidrólisis por medio del vapor caliente que contiene agente reductor y/o precursor de agente reductor y/o a través del calor residual de la unidad de evaporación, que  
25 puede presentar una temperatura de funcionamiento de hasta 450°C o más.

Según otra ejecución ventajosa del dispositivo conforme a la invención, está construido un elemento de calentamiento de forma de barra con el cual se puede calentar al menos uno de los componentes siguientes:

- a) el catalizador de hidrólisis y
- 30 b) al menos partes de la unidad de evaporador.

Según otra ejecución ventajosa del dispositivo conforme a la invención, está construido al menos un elemento de calentamiento de forma de barra, coaxialmente al cual está formado al menos uno de los elementos siguientes:

- a) el catalizador de hidrólisis y
- b) al menos partes de la unidad de evaporador.

35 Preferiblemente, el catalizador de hidrólisis puede configurarse en esta ejecución como un cuerpo de nido de abeja de forma de anillo que contiene varios canales entre un tubo envolvente interior, unido con el elemento de calentamiento de forma de barra, y un tubo envolvente exterior. En particular, la unidad de evaporador puede contener una tubería de aportación que está arrollada especialmente en forma de espiral alrededor del elemento de calentamiento de forma de barra. Eventualmente, fuera de la disposición puede estar formado otro elemento de  
40 calentamiento, de modo que algunas partes de la unidad de evaporador y/o el catalizador de hidrólisis están situadas entre dos elementos de calentamiento. Se puede efectuar así un calentamiento especialmente uniforme.

Preferiblemente el elemento de calentamiento de forma de barra presenta una pluralidad de zonas de calentamiento cuya temperatura puede ser regulada con independencia una de otra. En particular, el elemento de calentamiento de forma de barra presenta al menos dos zonas alrededor de las cuales están formados en una respectiva zona el catalizador de hidrólisis y la unidad de evaporador o la tubería de aportación. Es preferible que, en particular, la zona de la unidad de evaporador o de la tubería de aportación esté subdividida adicionalmente, ya que aquí se desarrollan procesos diferentes, a saber, por ejemplo, un calentamiento del líquido, una evaporación del líquido y un sobrecalentamiento del líquido. En consecuencia, es preferible la ejecución del elemento de calentamiento de forma de barra con 5 ó 6 zonas. Preferiblemente, el límite entre estas zonas puede adaptarse en función de la cantidad de  
45 solución acuosa que se deba evaporar.  
50

Según otra ejecución ventajosa del dispositivo conforme a la invención, se puede atemperar al menos uno de los componentes siguientes:

- a) al menos partes de la tubería de transporte;
  - b) el catalizador de hidrólisis;
  - c) al menos partes de la unidad de evaporador;
  - d) una tubería de dosificación para la aportación del reductor producido al sistema de gas de escape; y
- 5 e) una unidad de aportación mediante la cual el catalizador de hidrólisis puede unirse con la tubería de gas de escape.

Por atemperable se entiende en este contexto especialmente que el o los componentes correspondientes se pueden calentar y/o también enfriar. Al menos uno de los componentes citados puede ser aquí parte de un bucle de regulación, y preferiblemente lo son varios de los componentes citados. En particular, al regular la temperatura de estos componentes se puede proceder de modo que uno de los componentes o varios de los componentes sean empleados como una especie de miembros de reglaje. Esto quiere decir especialmente que solo se atempera activamente uno de los componentes y se ajusta correspondientemente la temperatura de los respectivos otros componentes por medio de la cinética de reacción correspondiente y las condiciones dinámicas de fluido correspondientes precisamente presentes.

15 Según otra ejecución ventajosa del dispositivo conforme a la invención, están formados unos medios de atemperado que comprenden al menos uno de los componentes siguientes:

- a) un alambre de calentamiento;
  - b) un elemento Peltier;
  - c) un cuerpo de refrigeración;
- 20 d) un elemento de calentamiento de forma de barra;
- e) un medio para quemar un carburante; y
  - f) un componente a base de un material con un coeficiente de temperatura positivo (PTC, positive temperature coefficient).

25 En particular, el elemento Peltier puede utilizarse de manera ventajosa tanto para calentar como para refrigerar el componente correspondiente. El cuerpo de refrigeración presenta de manera ventajosa una forma que favorece la irradiación de calor. El cuerpo de refrigeración está constituido preferiblemente por un material con una alta conductividad calorífica, tal como especialmente aluminio u otro metal o una aleación metálica.

30 Por elemento Peltier se entiende especialmente un componente eléctrico que, al circular corriente a su través, genera una diferencia de temperatura que se basa en el llamado efecto Peltier. Preferiblemente, un elemento Peltier comprende uno o varios elementos a base de material semiconductor p- y n-dopado que están unidos alternativamente uno con otro a través de material eléctricamente conductor. El signo de la diferencia de temperatura depende de la dirección del flujo de corriente, de modo que se pueden materializar tanto una refrigeración como un calentamiento con un elemento Peltier.

35 Por quemador se entiende aquí especialmente un dispositivo para quemar un carburante, especialmente comprendiendo hidrocarburos y/o hidrógeno. Es posible también de manera ventajosa una combustión sin llama. Por material con un coeficiente de temperatura positivo, una llamada resistencia PTC, se entienden especialmente materiales conductores de corriente cuya resistencia eléctrica aumenta con la temperatura. Estos se utilizan especialmente en forma de los llamados elementos de calentamiento autorregulables y están contruidos especialmente a base de un material cerámico, especialmente una cerámica de titanato de bario. Como alternativa, pueden utilizarse también resistencias PTC a base de un material polímero, especialmente un material polímero dopado con partículas de negro de carbono.

40 Según otra ejecución ventajosa del dispositivo según la invención, al menos uno de los componentes siguientes presenta un revestimiento que cataliza la hidrólisis de urea:

- a) al menos partes de la unidad de unión;
- 45 b) al menos partes de una tubería de aportación para aportar la mezcla de sustancias gaseosas al catalizador de hidrólisis;
- c) al menos partes de la unidad de evaporador;
  - d) al menos partes de una tubería de dosificación para aportar el agente reductor producido al sistema de gas de

escape; y

e) al menos partes de una tubería de aportación mediante la cual el catalizador de hidrólisis puede unirse con la tubería de gas de escape.

5 Debido a la formación de un revestimiento que cataliza la hidrólisis de urea y que puede estar formado especialmente como ya se ha indicado más arriba, se tiene de manera ventajosa que, aparte del catalizador de hidrólisis como tal, se cataliza ya una hidrólisis en uno de los componentes indicados. Esto aumenta la efectividad de reacción y permite formar el catalizador de hidrólisis con un volumen correspondientemente más pequeño y con una superficie catalíticamente activa más pequeña. La formación de un revestimiento que cataliza la hidrólisis de amoníaco en la tubería de rectificación sirve especialmente para garantizar la hidrólisis más completa posible del precursor de amoníaco. Por revestimiento que cataliza la hidrólisis de urea se entiende especialmente que una tubería de aportación para aportar la solución acuosa al catalizador de hidrólisis y/o una cámara de evaporador para evaporar la solución acuosa pueden presentar al menos en algunas partes un revestimiento que cataliza la hidrólisis de urea. Así, estos componentes pueden provocar ya una hidrólisis parcial del precursor de agente reductor para obtener el agente reductor y con ello mejorar la efectividad de la hidrólisis. Además, el catalizador de hidrólisis se puede construir así, en principio, con un volumen más pequeño o con una superficie catalíticamente activa más pequeña que sin la formación de un revestimiento correspondiente sobre al menos uno de los componentes citados.

20 Es conforme a la invención una ejecución del dispositivo en la que la unidad de evaporador y el catalizador de hidrólisis no pueden ser atravesados por gas de escape sino que únicamente el catalizador SCR puede ser atravesado por gas de escape. Esto da como resultado caudales netamente más pequeños a través de la unidad de evaporador y el catalizador de hidrólisis, lo que puede tenerse en cuenta de manera ventajosa al diseñar especialmente el catalizador de hidrólisis, de modo que éste puede construirse con menor tamaño y con una menor densidad de celdas que en el caso de catalizadores de hidrólisis que son atravesados por gas de escape. Esto reduce los costes para la fabricación del dispositivo según la invención en comparación con dispositivos conocidos por el estado de la técnica.

25 Según otra ejecución ventajosa del dispositivo conforme a la invención, se ha construido una unidad de aportación por medio de la cual el catalizador de hidrólisis puede ser puesto en unión reotécnica con una tubería de gas de escape del motor de combustión interna.

30 A través de la unidad de aportación se efectúa entonces la dosificación de la mezcla de sustancias de agente reductor – que comprende al menos un agente reductor – a la tubería de gas de escape. En particular, la unidad de aportación puede comprender la tubería de dosificación, pero puede presentar otros componentes. En particular, puede tratarse aquí de un medio de mezclado pasivo mediante el cual se pueden mezclar las sustancias introducibles con el gas de escape.

35 Por medio de mezclado pasivo se entiende especialmente que no está formado un medio de mezclado activamente movido, sino que únicamente mediante la formación de un medio de mezclado estático juntamente con las características del flujo del gas de escape y del flujo de las sustancias introducibles se puede efectuar un mezclado de las sustancias con el gas de escape.

En particular, se prefiere que el medio de mezclado comprenda al menos uno de los componentes siguientes:

a) una chapa de guía y

40 b) un cuerpo de nido de abeja que esté configurado de modo que el gas de escape pueda atravesar dicho cuerpo al menos en partes formando un ángulo con la dirección de flujo principal del gas de escape.

45 La chapa de guía puede penetrar aquí especialmente en la tubería de gas de escape. La chapa de guía puede estar perforada especialmente al menos en zonas parciales y/o puede presentar una curvatura al menos en zonas parciales. La chapa de guía puede penetrar en la tubería de gas de escape formando un ángulo con la dirección longitudinal de la tubería de gas de escape en este sitio.

50 El cuerpo de nido de abeja presenta especialmente canales cuyas paredes tienen perforaciones. A través de estas perforaciones, que eventualmente pueden complementarse con estructuras de guía correspondientemente configuradas, se puede producir un flujo en ángulo con el eje longitudinal de los canales. Este cuerpo de nido de abeja puede estar configurado preferiblemente también en forma cónica. En particular, la tubería de dosificación desemboca en el interior de una escotadura correspondiente del cuerpo de nido de abeja, de modo que se puede efectuar directamente en el cuerpo de nido de abeja la dosificación de las sustancias correspondientes.

Según otra ejecución ventajosa del dispositivo conforme a la invención, el cuerpo de nido de abeja presenta canales atravesables por un fluido y boquetes que unen los canales contiguos uno con otro. Los boquetes pueden ser aquí más pequeños o más grandes que las dimensiones usuales de un canal.



Según otra ejecución ventajosa del dispositivo conforme a la invención, al menos uno de los componentes siguientes:

- 5 a) la unidad de aportación y b) la tubería de gas de escape, está construido de modo que, en funcionamiento, la zona de desembocadura de la unidad de aportación en la tubería de gas de escape forma una zona de estabilización reotécnica o zona muerta.

10 Esto conduce de manera especialmente ventajosa a que, en funcionamiento, la presión en la tubería de gas de escape sea más baja que en la unidad de aportación o en la tubería de dosificación, de modo que aquí no circula sustancialmente gas de escape en dirección al catalizador de hidrólisis. Por zona de estabilización o zona muerta se entiende una región con depresión, referido a la presión en la unidad de aportación y/o en la tubería de dosificación. En particular, esto puede conseguirse en combinación con un medio de mezclado que cree directamente en la región de la desembocadura una zona de estabilización o zona muerta y favorezca un mezclado aguas abajo de esta región de la desembocadura.

15 Según otra ejecución ventajosa del dispositivo conforme a la invención, se ha construido un aislamiento térmico aguas abajo del catalizador de hidrólisis. Preferiblemente, el aislamiento térmico se ha construido en posición directamente adyacente al catalizador de hidrólisis.

20 El aislamiento térmico impide un contacto térmico con la tubería de gas de escape, de modo que, por un lado, se puede impedir que el catalizador de hidrólisis ceda calor a la tubería de gas de escape y así la enfríe y que, por otro lado, la tubería de gas de escape ceda calor al catalizador de hidrólisis. En un caso extremo, esto podría conducir a que ya no pueda efectuarse una regulación térmica, puesto que al calentar el catalizador de hidrólisis se calienta siempre también la tubería de gas de escape.

Según otra ejecución ventajosa del dispositivo conforme a la invención, al menos uno de los componentes siguientes comprende al menos un sensor de temperatura:

- 25 a) la unidad de aportación;  
 b) el catalizador de hidrólisis;  
 c) el catalizador SCR;  
 d) la unidad de evaporador;  
 e) la tubería de aportación;  
 f) la cámara de evaporador; y  
 g) la tubería de dosificación para aportar el agente reductor producido a la tubería de gas de escape.

30 Con este al menos un sensor de temperatura se puede captar la temperatura del componente correspondiente. El sensor de temperatura comprende preferiblemente una termorresistencia. Preferiblemente, el sensor de temperatura se puede unir con una alimentación de corriente. Se puede calentar así el componente. Esto puede ser necesario, por ejemplo, en una situación de funcionamiento de emergencia en caso de que se hayan depositado sustancias en el componente y lo obstruyan o amenacen con obstruirlo. Aparte de urea y similares, se puede tratar aquí también de negro de humo que haya llegado con gas de escape a la unidad de aportación, por ejemplo por difusión.

35 Según otra ejecución ventajosa del dispositivo conforme a la invención, se ha construido un medio de transporte ayuda del cual se puede transportar la solución acuosa desde un depósito hasta la unidad de evaporador. Preferiblemente, el medio de transporte comprende al menos una bomba.

40 Con ayuda del medio de transporte se puede establecer delante de la unidad de evaporador una presión constante de la solución acuosa, efectuándose una dosificación en la unidad de evaporador por medio de una válvula. En otra ejecución preferida, la bomba es una bomba dosificadora, efectuándose la dosificación por medio de una activación correspondiente de la bomba. Por bomba dosificadora se entiende especialmente una bomba que permite el transporte de volúmenes definidos por unidad de tiempo o por carrera de la bomba.

45 Según otra ejecución ventajosa del dispositivo conforme a la invención, la bomba puede establecer una presión de transporte que sea mayor que la presión más alta posible del gas de escape durante el funcionamiento del motor de combustión interna en la unidad de aportación y/o en la tubería de dosificación.

50 Se puede impedir así en funcionamiento que penetre gas de escape en la unidad de evaporador y/o en el catalizador de hidrólisis. Preferiblemente, se utiliza una bomba que presenta una capacidad de transporte de hasta 150 ml/min, preferiblemente de hasta 30 ml/min o de hasta 10 ml/min. Preferiblemente, se utiliza una bomba cuya capacidad de transporte por segundo pueda ser variada en 0,75 a 2,5 ml/s, pudiendo incrementarse especialmente dicha

capacidad en la medida de estos valores.

5 Preferiblemente, se utiliza como medio de transporte una bomba que puede establecer una presión de transporte de hasta 6 bares absolutos, preferiblemente hasta 2 bares absolutos. Preferiblemente, el caudal volumétrico conservado por la bomba fluctúa en a lo sumo un 5% en torno a una corriente nominal prefijable. Preferiblemente, la bamba está configurada de modo que puede efectuarse también un transporte de retorno hacia el depósito, especialmente con un caudal volumétrico que corresponda a la capacidad de transporte.

Según otro aspecto de la presente invención, se propone también un procedimiento de tratamiento del gas de escape de un motor de combustión interna que comprende los pasos siguientes:

a) habilitación de una mezcla de sustancias gaseosas que comprende al menos una de las sustancias siguientes:

10 a1) un agente reductor y

a2) al menos un precursor de agente reductor;

b) hidrólisis del precursor de agente reductor, obteniéndose una mezcla de sustancias de agente reductor;

c) solicitud de un catalizador SCR con la mezcla de sustancias de agente reductor y con el gas de escape para la reducción catalítica al menos parcialmente selectiva de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) contenidos en el gas de escape,

15 en donde, después del paso b), se efectúa un mezclado de la mezcla de sustancias de agente reductor con al menos algunas partes del gas de escape.

20 El procedimiento según la invención puede realizarse especialmente por medio del dispositivo conforme a la invención. El procedimiento según la invención permite de manera especialmente ventajosa la habilitación de amoníaco como agente reductor para uso en la reducción catalítica selectiva de óxidos de nitrógeno, proponiéndose un procedimiento muy dinámico para habilitar el amoníaco, de modo que se pueda reaccionar rápidamente incluso a demandas de amoníaco muy fuertemente crecientes y, por tanto, muy dinámicas por efecto de altas concentraciones de óxidos de nitrógeno en el gas de escape. El mezclado de la mezcla de sustancias de agente reductor con el gas de escape según el paso b) significa especialmente que se efectúa fuera de la corriente de gas de escape una evaporación de una solución acuosa que comprende al menos un precursor de agente reductor y, únicamente después de la hidrólisis del precursor de agente reductor para obtener el agente reductor, se efectúa una aportación al gas de escape del motor de combustión interna. Se prefiere una variante del procedimiento en la que se efectúa un mezclado de la mezcla de sustancias de agente reductor con todo el gas de escape del motor de combustión interna. Se prefieren aquí el agente reductor amoníaco y un precursor de agente reductor urea.

30 Según un perfeccionamiento ventajoso del procedimiento conforme a la invención, el paso a) comprende una evaporación, en una unidad de evaporador, de una solución acuosa que contiene al menos un precursor de agente reductor.

35 Preferiblemente, el precursor de agente reductor es urea. Aparte de urea, la solución puede contener otras sustancias, por ejemplo sustancias que rebajen el punto de congelación de la solución. Entre éstas se cuentan, por ejemplo, el formiato de amonio y/o el ácido fórmico. Una solución correspondiente es comercializada bajo el nombre de marca "Denosium". Otra posibilidad es la utilización de una solución que se comercializa bajo el nombre de marca "AdBlue".

Según otra ejecución ventajosa del procedimiento conforme a la invención, el paso b) efectúa al menos parcialmente en un catalizador de hidrólisis. En este caso, el catalizador de hidrólisis comprende especialmente un cuerpo de soporte de catalizador que está provisto de un revestimiento correspondiente que cataliza la hidrólisis de amoníaco.

40 Según otra ejecución ventajosa del procedimiento conforme a la invención, se regula la temperatura de al menos uno de los componentes siguientes:

a) al menos partes de la unidad de evaporador;

b) del catalizador de hidrólisis;

c) de una tubería de transporte para transportar la solución acuosa;

45 d) una tubería de aportación para aportar la mezcla de sustancias gaseosas al catalizador de hidrólisis;

e) una tubería de dosificación para aportar el agente reductor producido al sistema de gas de escape y

f) una unidad de aportación por medio de la cual el catalizador de hidrólisis puede ser puesto en unión reotécnica con una tubería de gas de escape del motor de combustión interna.

5 La regulación de la temperatura de al menos uno de los componentes citados permite de manera ventajosa un control exacto de la cinética de reacción con respecto a los productos obtenidos y a la cantidad de los productos obtenidos. Así, es posible aportar al gas de escape cantidades de amoniaco ajustadas exactamente al contenido momentáneo de óxidos de nitrógeno en el gas de escape o a un contenido de estos óxidos pronosticado para un instante futuro, a fin de conseguir así una conversión lo más completa posible de los óxidos de nitrógeno en el gas de escape del motor de combustión interna.

Según otra ejecución ventajosa del procedimiento conforme a la invención, se atempera al menos uno de los componentes siguientes:

- a) al menos partes de la unidad de evaporador;
- 10 b) del catalizador de hidrólisis;
- c) de una tubería de transporte para transportar la solución acuosa a la unidad de evaporador;
- d) una tubería de aportación para aportar la mezcla de sustancias gaseosas al catalizador de hidrólisis;
- e) una tubería de dosificación para aportar el agente reductor producido al sistema de gas de escape; y
- 15 f) una unidad de aportación por medio de la cual el catalizador de hidrólisis puede ser puesto en unión reotécnica con una tubería de gas de escape del motor de combustión interna.

Debido a los múltiples procesos cinéticos de reacción que tienen lugar en las reacciones según la invención, puede ser suficiente que solamente se atemperen en total algunas partes de uno o varios de los componentes más arriba señalados o bien uno o varios de los componentes más arriba señalados. Por atemperados se entiende aquí especialmente un calentamiento o enfriamiento del componente. En este caso, puede ser suficiente emplear uno o 20 varios de los componentes más arriba señalados como una especie de miembro de reglaje que se atempere de modo que se varíe la temperatura de los demás componentes por efecto de la cinética de reacción.

Según otra ejecución ventajosa del procedimiento conforme a la invención, la solución acuosa es transportada por una tubería de transporte al evaporador de la solución de agente reductor.

En particular, este transporte se efectúa por medio de una bomba y especialmente desde un depósito.

25 En este contexto, es especialmente ventajoso que la solución acuosa pueda ser transportada en retorno por la tubería de transporte.

Esto puede ser ventajoso especialmente cuando se tiene que desconectar o se desconecta el sistema correspondiente. En un automóvil esto puede ocurrir, por ejemplo, cuando el conductor desconecte el encendido del vehículo. En este caso, el amoniaco restante presente en la tubería de dosificación pasaría sin impedimentos al sistema de gas de escape y luego sucesivamente llegaría también al medio ambiente. Frecuentemente, esto es poco deseable, por lo que mediante un transporte de retorno desde la tubería de transporte y eventualmente también desde la tubería de aportación se puede reducir sensiblemente y, en particular, suprimir la emisión de amoniaco o bien de precursores de amoniaco hacia el medio ambiente.

35 Según otra ejecución ventajosa del procedimiento conforme a la invención, se evaporan hasta 2,5 ml de solución acuosa dentro de un segundo.

Preferiblemente, la unidad de evaporador está construida de modo que se puedan evaporar continuamente hasta 30 ml/min (mililitros por minuto) de la solución acuosa. Gracias a esta ejecución del procedimiento es posible una habilitación dinámica de agente reductor con la cual se pueden convertir también puntas de concentración de óxidos de nitrógeno.

40 Según otra ejecución ventajosa del procedimiento conforme a la invención, se determina antes del comienzo de una medida de atemperado la temperatura en al menos uno de los componentes siguientes:

- a) el catalizador de hidrólisis;
  - b) la unidad de evaporador;
  - c) una tubería de dosificación para aportar el agente reductor producido a la tubería de gas de escape; y
  - 45 d) una unidad de aportación por medio de la cual se puede unir el catalizador de hidrólisis con la tubería de gas de escape,
- y se la coteja con al menos otra temperatura de otro componente.

- Preferiblemente, el otro componente consiste en un componente que presente sustancialmente la temperatura ambiente, por ejemplo una sonda de temperatura exterior de un vehículo automóvil, un termómetro de agua de refrigeración, etc. Preferiblemente, el cotejo se efectúa aquí antes de que se inicie la evaporación de la solución acuosa. Por igualación se entiende aquí especialmente que se efectúa una comparación de las dos temperaturas, pudiendo tenerse en cuenta otros factores.
- 5 Se prefiere especialmente aquí que se realice una evaporación de la solución acuosa solamente cuando el cotejo de la temperatura dé como resultado que la temperatura determinada y la temperatura del otro componente se diferencian a lo sumo en un valor diferencia prefijable.
- 10 Al prefijar el valor diferencia se tiene en cuenta especialmente si el sistema estaba en funcionamiento en un espacio de tiempo prefijable y cuándo se ha desactivado el sistema. Asimismo, se puede prefijar un espacio de tiempo en el que no tengan lugar estas funciones de diagnóstico si el sistema estaba en funcionamiento dentro del espacio de tiempo.
- 15 Los detalles y ventajas revelados para el dispositivo conforme a la invención conforme a la invención se pueden transferir y aplicar al procedimiento según la invención. Los detalles y ventajas revelados para el procedimiento según la invención se pueden transferir y aplicar al dispositivo según la invención.
- 20 Como alternativa, el dispositivo según la invención y el procedimiento según la invención pueden estar concebidos también de modo que el catalizador de hidrólisis y el evaporador de la solución de agente reductor sean atravesados durante el funcionamiento por una corriente parcial de gas de escape. Todos los perfeccionamientos ventajosos aquí revelados en los que el catalizador de hidrólisis y el evaporador de la solución de agente reductor no son atravesados en funcionamiento por el gas de escape, se pueden transferir también a una alternativa en la que el catalizador de hidrólisis y el evaporador de la solución de agente reductor sean atravesados durante el funcionamiento por una parte de la corriente de gas de escape.
- En lo que se sigue se explica la invención con más detalle ayudándose de las figuras adjuntas, sin que la invención quede limitada a los ejemplos de realización allí expuestos. Muestran esquemáticamente:
- 25 La figura 1, un dispositivo para habilitar una mezcla de sustancias gaseosas en una primera forma de realización, como vista en perspectiva;
- La figura 2, la primera forma de realización del dispositivo para habilitar una mezcla de sustancias gaseosas, en una vista en sección;
- La figura 3, una tubería de transporte para transportar la solución acuosa de un depósito a la tubería de aportación;
- 30 La figura 4, una vista de un dispositivo para la reducción catalítica selectiva de óxido de nitrógeno en el gas de escape de un motor de combustión interna;
- La figura 5, esquemáticamente, un segundo ejemplo de realización de una unidad de evaporador;
- La figura 6, un dispositivo para habilitar un agente reductor;
- 35 La figura 7, esquemáticamente, una forma de realización alternativa de la unidad de evaporador, en sección transversal;
- La figura 8, un detalle de una desembocadura de una tubería de dosificación en una tubería de gas de escape;
- La figura 9, un ejemplo de realización de un dispositivo para habilitar una mezcla de sustancias gaseosas, en sección;
- La figura 10, esquemáticamente, un dispositivo para habilitar una mezcla de sustancias gaseosas;
- 40 La figura 11, un ejemplo de una posible unidad de aportación de la mezcla de sustancias de agente reductor al gas de escape;
- La figura 12, otra posibilidad de una unidad de aportación para aportar la mezcla de sustancias de agente reductor al gas de escape;
- 45 La figura 13, un ejemplo de realización de un dispositivo de tratamiento del gas de escape de un motor de combustión interna;
- La figura 14, un medio para separar gotas;
- Las figuras 15 a 18, ejemplos de realización de unidades de evaporador;

Las figuras 19 y 20, otro ejemplo de realización de un dispositivo para habilitar una mezcla de sustancias gaseosas;

La figura 21, otro ejemplo de realización de un dispositivo de tratamiento de gas de escape;

La figura 22, un detalle de una región de desembocadura de una unidad de aportación en la tubería de gas de escape; y

- 5 Las figuras 23 y 24, ejemplos para cuerpos de nido de abeja como cuerpos de soporte de catalizador.

La figura 1 muestra esquemáticamente un dispositivo 1 para habilitar una mezcla de sustancias gaseosas que comprende al menos una de las sustancias siguiente:

a) al menos un agente reductor

b) al menos un precursor de agente reductor.

- 10 En este caso, el agente reductor consiste especialmente en amoníaco y el precursor de agente reductor consiste en urea. El dispositivo 1 comprende una tubería de aportación 2 con una abertura de entrega 3. Asimismo, están formados unos medios 4 para calentar la tubería de aportación 4, con los cuales se puede calentar la tubería de aportación 2 por encima de una primera temperatura crítica que es mayor que la temperatura de ebullición del agua.
- 15 El dispositivo 1 comprende también un depósito, no mostrado aún aquí, que puede ponerse en unión reotécnica con la tubería de aportación 2. Esto quiere decir especialmente que un fluido almacenado en el depósito, tal como, por ejemplo, una solución acuosa que comprenda al menos un precursor de agente reductor, puede circular, en funcionamiento, por la tubería de aportación 2 hacia la abertura de entrega 3. A través de este dispositivo 1 se puede habilitar una mezcla de sustancias gaseosas que contiene al menos un agente reductor y/o al menos un precursor de agente reductor.

- 20 En el presente ejemplo de realización los medios 4 para calentar la tubería de aportación 2 están arrollados juntamente con ésta en forma de espiral. Se calienta así un fluido que circula por la tubería de alimentación 2 y este fluido es finalmente evaporado. De este modo, se entrega por la abertura de entrega 3 una mezcla de sustancias gaseosas que contiene al menos un precursor de agente reductor. Según la elección de la temperatura de los medios 4 para calentar la tubería de aportación 2, se puede efectuar incluso ya una termólisis al menos parcial del precursor de agente reductor en la tubería de aportación 2, de modo que, aparte de contener un precursor de agente reductor, tal como, por ejemplo, urea, la mezcla de sustancias gaseosas entregada por la abertura de entrega contiene ya también un agente reductor, tal como, por ejemplo, amoníaco.

- Asimismo, el dispositivo 1 para habilitar una mezcla de sustancias gaseosas comprende también una sonda de medida 5 con la cual se puede medir la temperatura en al menos un sitio de la tubería de aportación 2. La sonda de medida 5 puede ser, por ejemplo, un termoelemento usual o una termorresistencia usual. El dispositivo 1 y/o los distintos componentes que necesitan una conexión eléctrica comprenden preferiblemente una cola de cables para materializar las conexiones eléctricas. Por cola de cables se entiende especialmente una unión de cables que tiene una longitud de al menos medio metro, preferiblemente al menos un metro. Esto hace posible la formación de contactos de enchufe en áreas que están expuestas especialmente en automóviles a tan solo pequeñas influencias del medio ambiente, tales como agua de salpicaduras, impactos de piedras o similares.
- 30
- 35

- La figura 2 muestra el dispositivo 1 de la figura 1 en sección. Se puede apreciar claramente la tubería de aportación 2, a través de la cual puede circular, en funcionamiento, la solución acuosa que comprende al menos un precursor de agente reductor, así como los medios 4 para calentar la tubería de aportación 2. La tubería de aportación 2 puede presentar una sección transversal constante, pero ésta puede ser variable también como en el presente ejemplo. No obstante, la sección transversal atravesable de la tubería de aportación 2 está comprendida aquí preferiblemente entre  $0,75 \text{ mm}^2$  y  $20 \text{ mm}^2$ , encontrándose preferiblemente la sección transversal atravesable en el rango de aproximadamente  $3 \text{ mm}^2$ . Estas secciones transversales atravesables han demostrado ser ventajosas, ya que, por un lado, es posible una evaporación rápida y sustancialmente completa de la solución acuosa en una sección transversal de esta clase y, por otro, la sección transversal es tan grande que se evita sustancialmente la formación de deposiciones en el interior de la tubería de aportación 2. La figura 2 muestra también la sonda de medida 5 para determina la temperatura de la tubería de aportación 2.
- 40
- 45

- En este caso, los medios 4 para calentar la tubería de aportación 2 son hechos funcionar de modo que, en funcionamiento, la temperatura a todo lo largo de la tubería de aportación 2 esté a lo sumo  $5^\circ\text{C}$  por encima y por debajo de una temperatura media. La temperatura media corresponde aquí sustancialmente a la primera temperatura crítica. La tubería de aportación 2 está construida especialmente a base de una aleación de cobre.
- 50

La figura 3 muestra esquemática la tubería de transporte 6 a través de la cual se puede unir la tubería de aportación 5, en funcionamiento, con un depósito que no se muestra aquí todavía. La tubería de transporte 6 presenta unos medios 7 de atemperado. Los medios 7 de atemperado comprenden en este ejemplo de realización varios respectivos elementos Peltier 8 y un cuerpo de refrigeración 9. Los elementos Peltier están provistos de respectivos

terminales eléctricos 10 a través de los cuales pueden ser alimentados con corriente. Según la polaridad de la corriente, los elementos Peltier 8 se utilizan aquí para calentamiento o para enfriamiento, de modo que se puede conseguir con ello un atemperado básico de la tubería de transporte 6. El cuerpo de refrigeración 9 sirve especialmente para irradiar energía calorífica cuando la tubería de transporte 6 es refrigerada por el elemento o los elementos Peltier 8.

A través de una unidad de unión 11 se puede unir la tubería de transporte 6 con otro componente. Según la realización del dispositivo, éste puede ser la tubería de aportación 2 ya señalada más arriba o en general una unidad de evaporador 12. La tubería de aportación 2 puede ser entonces parte de la unidad de evaporador 12. En general, la unidad de unión 11 está construida al menos parcialmente a base de un material con una conductividad calorífica de menos de 10 W/m K (vatios por metro y Kelvin). La unidad de unión 11 está constituida especialmente por un material cerámico y/o politetrafluoretileno (PTFE). La unidad de unión 11 está construida especialmente de modo que se pueda mantener a lo largo de una longitud 57 de la unidad de unión 11 un gradiente de temperatura de 40 K/mm (Kelvin por milímetro) y más. Esto permite una ejecución del procedimiento en la que la unidad de evaporador 12 y/o la tubería de aportación 2 presentan una temperatura netamente más alta que la de la tubería de transporte 6. Por ejemplo, la unidad de evaporador puede presentar una temperatura de 300°C o más, 400°C o más o 420°C o más, y así puede conducir a una evaporación sustancialmente completa de la solución acuosa dentro de la unidad de evaporador 12, mientras que la tubería de transporte 6 presenta únicamente un nivel de temperatura de 70°C o más, 80°C o más o 90°C o más para garantizar que no se evapore todavía la solución acuosa en la tubería de transporte 6.

La figura 4 muestra esquemáticamente un dispositivo 15 de tratamiento del gas de escape 13 de un motor de combustión interna, no mostrado. El gas de escape 13 del motor de combustión interna circula por una tubería del gas de escape 14. El dispositivo 15 de tratamiento de los gases 13 de un motor de combustión interna comprende un evaporador 16 de una solución de agente reductor, un catalizador de hidrólisis 17 y un catalizador SCR 18. En el evaporador 16 de solución de agente reductor se evapora una solución acuosa que comprende un precursor de agente reductor. En particular, se emplea urea en calidad de precursor de agente reductor. El evaporador 16 de la solución de agente reductor comprende en este ejemplo de realización una unidad de evaporador 12 que incluye una tubería de aportación 2 calentada por unos medios 4 de calentamiento de dicha tubería de aportación 2. Ésta se encuentra unida con una tubería de transporte 6 a través de una unidad de unión 11. La tubería de transporte 6 está rodeada por unos medios 7 de atemperado de dicha tubería de transporte 6 que pueden comprender, por ejemplo como se muestra más arriba, uno o varios elementos Peltier 8 y/o un cuerpo de refrigeración 9. La solución acuosa de al menos un precursor de agente reductor puede ser transportada por unos medios de transporte 19 desde un depósito correspondiente 20 hasta la tubería de transporte 6. En la unidad de evaporador 12 se habilita un gas que comprende al menos un precursor de agente reductor, tal como, por ejemplo, urea y eventualmente también amoníaco ya producido por la termólisis de urea. Esta mezcla de sustancias gaseosas es introducida en el catalizador de hidrólisis 17 formado aguas abajo del evaporador 16 de la solución de agente reductor. El catalizador de hidrólisis 17 está construido de modo que se hidrolice especialmente urea a amoníaco por efecto de un revestimiento catalíticamente activo correspondiente aplicado sobre el. En general, el catalizador de hidrólisis 17 sirve para hidrolizar un precursor de agente reductor a fin de obtener un agente reductor. El gas que sale del catalizador de hidrólisis 17, el cual contiene un agente reductor y se denomina mezcla de sustancias de agente reductor, es aportado a la tubería de gas de escape 14 a través de una tubería de dosificación 21. La tubería de dosificación 21 desemboca por una abertura de dosificación. En la tubería de gas de escape 14, que está situada aguas arriba del catalizador SCR 18. Aguas abajo de la abertura de dosificación 22 y aguas arriba del catalizador SCR 18 están formados unos medios de mezclado 23 en forma de una chapa de guía que provocan un mezclado de la mezcla de sustancias de agente reductor con el gas de escape 13.

Por tanto, llega al catalizador SCR una mezcla de agente reductor y gas de escape que conduce a una reducción, en el catalizador SCR 18, de los óxidos de nitrógeno contenidos en el gas de escape 13. Preferiblemente, se proporciona aquí una cantidad tal de mezcla de sustancias de agente reductor que puede efectuarse una conversión lo más completa posible de los óxidos de nitrógeno del gas de escape 13 en el catalizador SCR 18.

La figura 5 muestra esquemáticamente otro ejemplo de realización de una unidad de evaporador 12. Esta representación muestra la unidad de evaporador 12 en sección. La unidad de evaporador 12 comprende una cámara de evaporador 24 que confina un volumen sustancialmente cerrado. En este ejemplo realización la cámara 24 del evaporador presenta únicamente una primera abertura 25 para la conexión de una tubería de transporte 6, no mostrada aquí, destinada a transportar la solución acuosa y una segunda abertura 26 para la conexión de una tubería de aportación 2, no mostrada aquí, destinada a evacuar la mezcla de sustancias gaseosas. En la primera abertura 25 una tobera 62 está configurada como un medio de descarga dosificada de la solución acuosa 45 en la cámara 24 del evaporador. Con esta tobera 62 se añade dosificadamente la solución acuosa 45 a la cámara 24 del evaporador. La unidad de evaporador 12 presenta, además, unos medios de calentamiento de la cámara 24 del evaporador. Estos medios están formados en el presente ejemplo de realización por unos conductores de calentamiento correspondientes 27 que están en contacto con la cámara 24 del evaporador. Tal como aquí se muestra, este conductor de calentamiento 27 puede ser de configuración asimétrica, es decir que en las regiones que están sustancialmente enfrente de la primera abertura 25 está formada una densidad mayor de conductores de

calentamiento por unidad de superficie que en las regiones que no están sustancialmente enfrente de la primera abertura 25. Asimismo, estos medios comprenden aquí acumulativamente un medio 63 para quemar hidrocarburos, tal como, por ejemplo, un quemador. Este quemador puede ser adecuado también para realizar una combustión sin llama de hidrocarburos.

5 La cámara 24 del evaporador está formada preferiblemente a base de un material que comprende al menos uno de los materiales siguientes: a) cobre, b) aluminio, c) acero fino, d) un material de base de níquel y e) acero al cromo-níquel. El volumen de la cámara 24 del evaporador es preferiblemente de 1,5 a 10 cm<sup>3</sup>. En funcionamiento, se hace que el conductor de calentamiento 27 funcione preferiblemente con una potencia de calentamiento que sea de hasta aproximadamente 1 kilovatio por segundo, fijándose la potencia de calentamiento máxima en función de la aplicación. En automóviles de turismo la potencia de calentamiento máxima es con preferencia de aproximadamente 10 500 a 700 W/s y en camiones es de aproximadamente 1200 a 1500 W/s. La capacidad calorífica de la cámara 24 del evaporador es preferiblemente de menos de 120 J/K, estando de manera especialmente preferida entre 100 y 110 J/K. La primera abertura 25 y la segunda abertura 26 forman preferiblemente un ángulo de 30 a 70°. La solución acuosa 45 es transporta preferiblemente a la cámara 24 del evaporador a razón de hasta 150 ml/min, preferiblemente a razón de hasta 100 ml/min y de manera especialmente preferida a razón de hasta 30 ml/min. Preferiblemente, la cámara 24 del evaporador presenta en la región de la segunda abertura 26 unos medios con los cuales se puede evitar la penetración de gotas en la segunda abertura 26. En particular, se trata aquí de medios con los cuales se pueda romper una película de gas situada entre la gota y la pared de la cámara 24 del evaporador. En particular, se trata aquí de salientes de las paredes o similares. Las estructuras 28 pueden estar formadas también en esta zona.

Asimismo, la cámara 24 del evaporador presenta en el interior una o varias estructuras 28 con las cuales se crea una superficie mayor para evaporar la solución acuosa. Estas estructuras 28 se han dibujado con un tamaño relativamente grande en el presente ejemplo de realización, pero puede tratarse aquí también de una superficie estructurada que puede conseguirse mediante la aplicación de un revestimiento correspondiente sobre la superficie interior de la cámara 24 del evaporador. Como alternativa o adicionalmente, estas estructuras 28 puede comprender también estructuras macroscópicas que presenten una amplitud de estructura de algunos milímetros o incluso más. En general, estas estructuras 28 han de entenderse como un medio para aumentar la capacidad de humectación de la superficie de la cámara 24 del evaporador.

La figura 6 muestra esquemáticamente el primer ejemplo de realización de la cámara 24 del evaporador a continuación de una tubería de gas de escape 14. En este caso, la cámara 24 del evaporador está provista de un encamisado 29. Este encamisado 29 está formado preferiblemente por un aislante térmico correspondiente que reduce las pérdidas de calor hacia el ambiente. Los medios 27 de calentamiento de la cámara 24 del evaporador se pueden unir con una fuente de corriente, no mostrada, a través de terminales 30 para conductores de calentamiento.

La unidad de evaporador 12 está unida con un catalizador de hidrólisis 17 a través de la segunda abertura 26. El catalizador de hidrólisis 17 presenta medios 31 de atemperado de dicho catalizador de hidrólisis 17, los cuales están constituidos en el presente ejemplo de realización por un alambre de calentamiento correspondiente con el que está envuelto el catalizador de hidrólisis 17. Alrededor del catalizador de hidrólisis 17 está formado un encamisado correspondiente 32 que representa especialmente un aislamiento térmico del catalizador de hidrólisis 17 frente al ambiente para minimizar en lo posible las pérdidas de calor que aparezcan. En el presente ejemplo de realización el catalizador de hidrólisis está unido directamente con la tubería de gas de escape 14, a cuyo fin dicho catalizador penetra en ésta. En la tubería de gas de escape 14 está formado un taladro correspondiente en el que puede introducirse de la manera más hermética posible el catalizador de hidrólisis 17 o su encamisado 32. Con ayuda de medios de unión correspondientes 33 se puede establecer una unión lo más hermética posible entre el catalizador de hidrólisis 17 y la tubería de gas de escape 14. Asimismo, como medio de mezclado pasivo está formada una chapa de guía 34 con ayuda de la cual la mezcla de sustancias de agente reductor 35 que sale del catalizador de hidrólisis 17 se mezcla con el gas de escape que circula en la tubería de gas de escape 14.

Gracias a la unidad de evaporador 12 se produce, en funcionamiento, una mezcla de sustancias gaseosas a partir de una solución acuosa que contiene urea como precursor de agente reductor. La mezcla de sustancias gaseosas producida en la unidad de evaporador 12 contiene al menos urea y eventualmente también ya amoniaco que se ha obtenido por termólisis de la urea correspondiente. Esta mezcla de sustancias se conduce por la segunda abertura 26 al catalizador de hidrólisis 17, en el cual se efectúa una hidrólisis sustancialmente completa de la urea para obtener amoniaco. En este caso, se produce en el catalizador de hidrólisis una mezcla de sustancias de agente reductor 35 que comprende amoniaco. En particular, se prefiere una ejecución del procedimiento en la que el 98% y más de la urea se transforme finalmente en amoniaco.

La figura 7 muestra esquemáticamente una ejecución alternativa de la unidad de evaporador de las figuras 5 y 6. A diferencia del primer ejemplo de realización anteriormente mostrado, esta ejecución alternativa, presenta, además, una tercera abertura 36. Durante el funcionamiento, se puede introducir gas de escape de manera continua o pulsátil en la cámara 24 del evaporador a través de esta tercera abertura 36. Se puede conseguir así, en comparación con el primer ejemplo de realización, una mejor distribución de la urea en el gas producido. Además, esta unidad de

evaporador 12 puede utilizarse también para evaporar urea sólida, ya que con los gases de escape del motor de combustión interna introducidos por la tercera abertura 36 se introduce en la cámara 24 del evaporador agua que puede utilizarse más tarde en el catalizador de hidrólisis 17 para hidrolizar la urea a amoniaco.

5 La figura 8 muestra esquemáticamente la desembocadura de una tubería de dosificación 21 en la tubería de gas de escape 14 como parte de una unidad de aportación correspondiente 46. En este caso, la tubería de dosificación 21 está rodeada por un conductor de calentamiento 38 que está formado también alrededor de la desembocadura de la tubería de dosificación 21 en la tubería de gas de escape 14.

10 La figura 9 muestra esquemáticamente otra posibilidad de un dispositivo 1 para proporcionar una mezcla de sustancias gaseosas, que comprende un agente reductor, en un primer punto de intersección. El dispositivo 1 comprende una tubería de aportación 2 que está envuelta con medios correspondientes 4 para calentar la tubería de aportación 2 o que se ha bobinado juntamente con ésta. La tubería de aportación 2 y los medios 4 de calentamiento de dicha tubería de aportación 2 están formados conjuntamente en un encamisado 29. Dentro del bobinado de la tubería de aportación 2 está formada una primera sonda de medida de temperatura 39. Esta primera sonda de medida de temperatura 39 puede unirse con una estructura de control correspondiente, no mostrada aquí, a través de un primer elemento de unión 40. La unidad de evaporador 12 está unida con un catalizador de hidrólisis 17 a través de la abertura de entrega 3 de la tubería de aportación 2. El catalizador de hidrólisis 17 presenta un revestimiento que cataliza la hidrólisis de urea a amoniaco. El catalizador de hidrólisis 17 está rodeado con medios 15 20 25 31 de atemperado de dicho catalizador de hidrólisis, los cuales comprenden un alambre de calentamiento configurado de manera correspondiente. Estos medios 31 de atemperado del catalizador de hidrólisis 17 pueden unirse de manera eléctricamente conductora con una alimentación de corriente correspondiente a través de unos primeros terminales 41 para conductores de calentamiento. Se aplica una consideración correspondiente para los medios 4 de calentamiento de la tubería de aportación 2, los cuales pueden ser provistos de una alimentación de corriente correspondiente a través de unos segundos terminales correspondientes 42 para conductores de calentamiento. El catalizador de hidrólisis 17 presenta una segunda sonda de medida de temperatura 43 que puede unirse con una unidad de control, no mostrada, a través de un segundo elemento de unión correspondiente 44. Por medio de la segunda sonda de medida de temperatura 43 se puede determinar la temperatura dentro del catalizador de hidrólisis 17 o sobre el mismo.

30 En funcionamiento, se transporta una solución de urea acuosa 45 a la tubería de aportación 2. A través de los medios 4 de calentamiento de la tubería de aportación 2 se efectúa un calentamiento de esta tubería de aportación 2 y, por tanto, una evaporación de esta solución de urea acuosa y eventualmente, según el atemperado, se produce una termólisis al menos parcial de la urea contenida para dar amoniaco. A través de la abertura de entrega 3 se entrega la mezcla de sustancias gaseosas correspondiente al catalizador de hidrólisis 17, en el que tiene lugar una hidrólisis, preferiblemente una hidrólisis sustancialmente completa de la urea contenida para dar amoniaco. Sale del catalizador de hidrólisis 17 una mezcla de sustancias de agente reductor correspondiente 35 que se puede introducir en una tubería de gas de escape 14 del sistema de gas de escape de un motor de combustión interna. Se prefiere aquí una ejecución del procedimiento en la que las temperaturas de la unidad de evaporador 12 y/o del catalizador de hidrólisis 17 sean vigiladas por las sondas de medida de temperatura 39, 40 y ambos componentes 12, 17 puedan calentarse a través de los medios correspondientes 4, 31.

40 La figura 10 muestra esquemáticamente un dispositivo 1 para proporcionar una mezcla de sustancias gaseosas 35 que comprende al menos un agente reductor. Este dispositivo comprende secuencialmente una tubería de transporte 6, por medio de la cual se transporta una solución acuosa de un depósito, no mostrado, a una unidad de evaporador 12. La unidad de evaporador 12 lleva unido un catalizador de hidrólisis 17 y éste lleva unida una tubería de dosificación 21 para aportar la mezcla de sustancias correspondiente a una tubería de gas de escape 14, no mostrada, o una unidad de aportación 46 para aportar la mezcla de sustancias de agente reductor a la tubería de gas de escape 14. La unidad de evaporador 12 presenta una tercera sonda de medida de temperatura 47. Con esta tercera sonda de medida de temperatura 47 se puede medir la temperatura de la tubería de transporte 6 o dentro de ella. Opcionalmente, la tubería de dosificación 21 y/o la unidad de aportación 46 presentan una cuarta sonda de medida de temperatura 48 con la cual se puede determinar la temperatura de la tubería de dosificación 21 y/o de la unidad de aportación 46 o la temperatura dentro de la tubería de dosificación 21 y/o de la unidad de aportación 46. La unidad de evaporador 12 presenta unos medios 4 de calentamiento de la tubería de aportación 2 y/o unos medios 45 50 27 de calentamiento de la cámara 24 del evaporador. El catalizador de hidrólisis 17 puede presentar opcionalmente o como alternativa y/o como adición a los medios 4, 27 unos medios 31 de atemperado del catalizador de hidrólisis 17. Opcionalmente, como alternativa y/o adicionalmente, la tubería de transporte 6 presenta unos medios de atemperado 49 con los cuales se puede atemperar la tubería de transporte 6. En particular, son aquí posibles, ventajosos y acordes con la invención uno o varios elementos Peltier. La unidad de dosificación 21 y/o la unidad de aportación 46 presentan unos medios de atemperado de aportación 50 con los cuales se pueden atemperar la tubería de dosificación 21 y/o la unidad de aportación 46. También aquí es ventajosa la utilización de al menos un elemento Peltier.

60 Todos los medios de atemperado formados 4, 27, 31, 49, 50 y todas las sondas de medida de temperatura formadas 39, 43, 47, 48 están unidos con una unidad de control 51. Por medio de esta unidad de control 51 se efectúa una



regulación de la temperatura en un circuito de regulación que comprende al menos un medio 4, 27, 31, 49, 50 de atemperado y al menos un sensor de medida de temperatura 39, 43, 47, 48. Preferiblemente, el número de sondas de medida de temperatura 39, 43, 47, 48 es mayor que el número de medios 4, 27, 31, 49, 50 de atemperado de los componentes 6, 2, 24, 17, 21, 46. La unidad de control 51 está unida preferiblemente con un controlador del motor de combustión interna o bien está integrada en éste. Los datos del controlador del motor de combustión interna y los parámetros de funcionamiento de dicho motor de combustión interna pueden tenerse en cuenta de manera ventajosa al controlar la evaporación y/o el transporte hacia la unidad de evaporación 12.

La figura 11 muestra esquemáticamente un fragmento de un dispositivo para preparar una mezcla de sustancias gaseosas. En una tubería de gas de escape 14 está formado delante de un catalizador SCR 18 un cuerpo de nido de abeja 52 con canales atravesables por un fluido, cuyo cuerpo es parte de un medio de mezclado correspondiente 53. El cuerpo de nido de abeja 52 está construido de modo que el gas de escape pueda atravesar este cuerpo al menos en parte formando un ángulo con la dirección de flujo principal del gas de escape. La dirección de flujo principal 54 se insinúa aquí por medio de una flecha correspondiente en la figura 11. En el presente ejemplo de realización el cuerpo de nido de abeja 52 es de construcción cónica. El cuerpo de nido de abeja presenta especialmente una escotadura bastante grande 55 que está exenta de canales. En esta escotadura 55 desemboca la tubería de dosificación 21 como parte de la unidad de aportación 46 a través de la cual se carga, en funcionamiento, la mezcla de sustancias de agente reductor 35.

La figura 12 muestra esquemáticamente un ejemplo de una unidad de aportación 46 con una tubería de dosificación 21 para aportar la mezcla de sustancias de agente reductor a una tubería de gas de escape 14. En este caso, la tubería de dosificación 21 atraviesa la pared de la tubería de gas de escape 14 en un estado curvado. La tubería de dosificación 21 presenta unas perforaciones 56 en la región que penetra en la tubería de gas de escape 14. La curvatura o la entrada curvada de la tubería de dosificación 21 en la tubería de gas de escape 14 no es aquí forzosa; la tubería de dosificación 21 podría entrar igualmente bien en la tubería de gas de escape 14 en dirección vertical o en línea recta. Además, está formada aquí una chapa de guía 23 que conduce a un mezclado más mejorado de la mezcla de sustancias de agente reductor con el gas de escape 13 en la tubería de gas de escape 14.

La figura 13 muestra esquemáticamente una ejecución del dispositivo 1 de tratamiento de un gas de escape de un motor de combustión interna, no mostrado. En un primer ramal de gas de escape 58 están formados aquí la unidad de evaporador 12 y el catalizador de hidrólisis 17. Con ayuda de un medio 60 de dirección de flujo se produce una distribución del gas de escape hacia el primer ramal de gas de escape 58 y hacia un segundo ramal de escape 59. Aguas abajo de la desembocadura 61 del primer ramal de gas de escape 58 en el segundo ramal de gas de escape 59 está formado el catalizador SCR 18.

Preferiblemente, la unidad de evaporador 12 presenta unos medios 64 de separación de gotas que puedan estar formadas, por ejemplo, dentro de la tubería de aportación 2 o en o después de la segunda abertura 26 de la cámara 24 del evaporador. La figura 14 muestra un ejemplo de realización de un medio 64 de esta clase para separar gotas. Este medio 64 está unido con la tubería de aportación 2 o en general con una tubería 65 a través de la cual entra vapor. Si están presentes todavía gotas en el vapor, éstas son separadas en el presente caso por la acción de la inercia. En el medio 64 están formadas una o varias placas deflectoras 66 que fuerzan a la corriente hacia unas desviaciones 67. La placa deflector 66 y/o la carcasa 68 del medio 64 están calentadas, de modo que se evaporan también gotas separadas. En lugar del medio 64 aquí mostrado para la separación de gotas, se pueden adoptar otras medidas de manera alternativa o acumulativa; por ejemplo, la tubería de aportación 2 o la tubería 65 pueden presentar secciones transversales zonalmente estrechadas, salientes, desviaciones o similares.

La figura 15 muestra esquemáticamente otro ejemplo de realización de una unidad de evaporador 12 en la que se puede calentar una tubería de aportación 2 con medios 4 de calentamiento de dicha tubería de aportación 2. Los medios 4 de calentamiento de la tubería de aportación 2 comprenden aquí un elemento de calentamiento 69 de forma de barra que se puede unir con una fuente de corriente a través de terminales eléctricos 70. En la tubería de aportación 2 está formado un medio 64 de separación de gotas que se puede calentar por efecto del contacto con el elemento de calentamiento 69 de forma de barra.

La figura 16 muestra esquemáticamente otro ejemplo de realización de una unidad de evaporador 12 en la que la tubería de aportación 2 está enrollada dos veces en forma de un bucle alrededor del elemento de calentamiento 69 de forma de barra.

Las figuras 17 y 18 muestran ejemplos de realización de unidades de evaporador 12 en las que la tubería de aportación 2 no está enrollada alrededor del eje longitudinal del elemento de calentamiento 69 de forma de barra, sino que está fijada en bucles al elemento de calentamiento 69 de forma de barra. En principio, se prefiere una unión producida por material entre la tubería de aportación 2 y el elemento de calentamiento 69 de forma de barra, especialmente una unión de soldadura dura ("brazed connection").

Las figuras 19 y 20 muestran esquemáticamente otro ejemplo de realización de un dispositivo 1 para proporcionar una mezcla de sustancias gaseosas que comprende al menos una de las sustancias siguientes: a) un agente reductor, preferiblemente amoníaco, y b) al menos un precursor de agente reductor, especialmente urea, con un

catalizador de hidrólisis 17. El dispositivo 1 comprende al menos una tubería de aportación 2, en el presente ejemplo de realización cuatro tuberías de aportación 2 que están arrolladas en forma de espiral alrededor de un elemento de calentamiento 69 de forma de barra. Cada una de las tuberías de aportación 2 presenta una respectiva abertura de entrega 3 a través de la cual se entrega, en funcionamiento, una mezcla de sustancias gaseosas que comprende un agente reductor. Las aberturas de entrega 3 están todas ellas distribuidas de modo que estén repartidas sustancialmente por igual sobre un círculo. Las tuberías de aportación 2 están unidas con un depósito 20, no mostrado aquí, desde el cual se transporta una solución acuosa 45 de al menos un precursor de agente reductor hasta la tubería de aportación 2 con ayuda de un medio de transporte 19. Las tuberías de aportación 2 y el elemento de calentamiento 69 son parte de un evaporador correspondiente 16 de una solución de agente reductor.

Aguas abajo de las aberturas de entrega 3 está formado un catalizador de hidrólisis 17 que puede ser calentado también por un elemento de calentamiento 69 de forma de barra. En un perfeccionamiento ventajoso está realizado un solo elemento de calentamiento 69 de forma de barra que está en contacto reotécnico tanto con la tubería o las tuberías de aportación 2 como con el catalizador de hidrólisis 17. El catalizador de hidrólisis 17 está realizado como un cuerpo de nido de abeja anular en el presente ejemplo de realización. Aguas abajo del catalizador de hidrólisis 17 sigue una tubería de dosificación 21 a través de la cual, en funcionamiento, se puede conducir a la tubería de gas de escape 14 la corriente de gas que comprende al menos un agente reductor. A través de los medios de unión 71 se puede establecer una unión mecánica con la tubería de gas de escape 14. Asimismo, está formado un aislamiento térmico 72 por medio del cual el catalizador de hidrólisis 17 es desacoplado térmicamente de la tubería de gas de escape 14. Además, está formado un escudo térmico 73 por medio del cual se protege el catalizador de hidrólisis 17 contra una irradiación de calor. Igualmente, está formado un aislamiento de cámara de aire 74 entre una carcasa exterior 75 y una carcasa interior 76, que sirve también de aislamiento térmico.

La figura 20 muestra una sección transversal en la región de las tuberías de aportación 2 que pueden reconocerse alrededor del elemento de calentamiento 69 de forma de barra.

La figura 21 muestra esquemáticamente otro ejemplo de realización de un dispositivo 15 de tratamiento de gas de escape 13. A diferencia de la forma de realización de la figura 4, en la tubería de transporte 6 está formada una válvula 77 que sirve para dosificar la solución acuosa 45 en la unidad de evaporador 12. La válvula 77 puede ser activada a través de un terminal de control 78.

La figura 22 muestra esquemáticamente un área de desembocadura 79 de una unidad de aportación 46 en la tubería de gas de escape 14. La tubería de gas de escape 14 y/o la unidad de aportación presentan aquí un diafragma que crea en funcionamiento, en el área de desembocadura 79, una zona muerta o zona de estabilización del flujo de gas de escape y, por tanto, un área con presión reducida y cuida así de que no se sea impulsado gas de escape hacia la unidad de aportación 46. La unidad de aportación 46 presenta también un sensor de temperatura 81 que comprende una termorresistencia configurada en forma de anillo. Si se forman deposiciones en esta área, el sensor de temperatura 81 puede ser unido entonces con una fuente de corriente (no mostrada) para provocar así una disgregación o reducción de las deposiciones por aumento de la temperatura hasta una segunda temperatura nominal, por ejemplo de 550°C o más o incluso de 600°C y más.

La figura 23 muestra esquemáticamente una sección transversal de un cuerpo de nido de abeja 82 que puede utilizarse como catalizador de hidrólisis 17 y también como catalizador SCR 18, teniendo que aplicarse aquí otros revestimientos catalíticamente activos. El cuerpo de nido de abeja 82 está constituido por capas metálicas lisas 83 y capas metálicas onduladas 84 que en este ejemplo de realización se han estratificado formando tres pilas y luego se han retorcido una con otra. El cuerpo de nido de abeja 82 comprende también un tubo envolvente 85 que cierra hacia arriba el cuerpo de nido de abeja 82. Las capas lisas 83 y onduladas 84 forman canales 86 que pueden ser atravesadas por gas de escape 13.

La figura 24 muestra otro ejemplo de un cuerpo de nido de abeja 87 que está configurado en forma de anillo y puede utilizarse como catalizador de hidrólisis 17 y también como catalizador SCR 18, teniendo que aplicarse aquí otros revestimientos catalíticamente activos. El cuerpo de nido de abeja 87 está formado por capas 88 que presentan tramos lisos 89 y ondulados 90 que están plegados uno sobre otro y forman canales 86 que pueden ser atravesados por gas de escape 13. El cuerpo de nido de abeja 87 está cerrado por un tubo envolvente exterior 91 y un tubo envolvente interior 92.

Particularmente en una tubería de aportación 2 calentada por medios 4, 69 es ventajoso en principio que, aparte de un calentamiento en un lado, se prevea también un calentamiento desde el otro lado. Así, pueden estar formados otros elementos de calentamiento de forma de casquillo que abracen desde fuera a la tubería de aportación. En principio, es ventajoso que en una sección transversal determinada de la tubería de aportación 2 la temperatura a lo largo del perímetro se diferencie, en funcionamiento, a lo sumo en +25°C o -25°C respecto de una temperatura media.

Como catalizador de hidrólisis 17 se puede utilizar en principio también un tubo provisto de un revestimiento que cataliza especialmente la hidrólisis de urea a amoníaco o bien un tubo envolvente con al menos una capa metálica estructurada que está aplicada interiormente al perímetro exterior y que presenta de preferencia radialmente en su

interior una sección transversal libremente atravesable que supone al menos un 20% de la sección transversal total del tubo envolvente. Estas formas de realización se calientan preferiblemente desde fuera.

En principio, antes del comienzo de la habilitación del agente reductor delante del catalizador SCR 18 se procede preferiblemente como sigue:

5 - Se comprueba primero si está asegurado un suministro de corriente o un suministro de combustible para los medios de atemperado y/o calentamiento existentes 4, 27, 31, 49, 50, 63, 69;

- cuando se verifica que está asegurado el suministro de corriente y/o de combustible, se calientan entonces la unidad de evaporador 12 y eventualmente el catalizador de hidrólisis 17 hasta una respectiva temperatura nominal prefijada, especialmente se calienta una tubería de alimentación 2 hasta aproximadamente 350 a 450°C y/o se calienta una cámara de evaporador 24 hasta aproximadamente 350 a 450°C; preferiblemente, cuando se calienta cada vez en paralelo hasta aproximadamente 380°C, se transporta una solución acuosa 45 hasta la unidad de evaporador 24, especialmente hasta la unidad de unión 11, pudiendo transportarse, por un lado, un volumen de solución acuosa 45 que corresponda sustancialmente al volumen de la tubería de transporte 6, y pudiendo formarse, por otro lado, en un sitio correspondiente, por ejemplo, en, dentro o cerca de la unidad de unión 11, un sensor correspondiente, por ejemplo basado en una medición de conductividad;

15 - se determina entonces la temperatura del catalizador SCR 18 o de la tubería de gas de escape 14, especialmente midiéndola y/o calculándola a partir de los datos de un controlador del motor.

Si la temperatura del catalizador SCR 18 está por encima de un valor límite prefijable, que es especialmente la temperatura de arranque (temperatura "light off") del catalizador SCR 18, se carga la unidad de evaporador 12 con la solución acuosa 45. Si la unidad de evaporador 12, la tubería de aportación 2 y/o la cámara 24 del evaporador tienen todavía sustancialmente su temperatura de funcionamiento, se pueden suprimir entonces los pasos del diagnóstico anteriormente indicados.

En funcionamiento, la potencia de calentamiento introducida en la unidad de evaporador 12 es correlacionada con la cantidad de transporte de solución acuosa 45. En particular, esto significa que se comprueba lo que se necesita para una potencia de calentamiento nominal para la evaporación de la respectiva cantidad de transporte. Si la potencia de calentamiento real medida para un intervalo de tiempo está por debajo de la potencia de calentamiento nominal, se envía un aviso al usuario, ya que entonces puede presentarse una reducción de la sección transversal de la tubería de aportación 2 y/o de la tubería de dosificación 21.

Asimismo, es ventajoso que la unidad de evaporador 12, la tubería de aportación 2, la cámara 24 del evaporador, el catalizador de hidrólisis 17, la tubería de dosificación 21 y/o la unidad de aportación 46 sean calentados a intervalos de tiempo regulares prefijables a una temperatura que esté por encima de la temperatura de funcionamiento normal para disgregar así deposiciones eventualmente existentes.

Al concluir la evaporación, la cual se efectúa, por ejemplo, cuando se para el motor de combustión interna, se puede efectuar un transporte de retorno de la solución acuosa 45 desde la tubería de aportación 2. Preferiblemente, antes del transporte de retorno desde la tubería de aportación 2 se ajustará primero el transporte de solución acuosa 45, si bien la unidad de evaporador 12, la tubería de aportación 2 y/o la cámara 24 del evaporador siguen siendo calentadas a la temperatura usual para realizar así una evaporación completa e impedir con ello que, durante el transporte de retorno, eventuales impurezas de la unidad de evaporador 12, la tubería de aportación 2 y/o la cámara 24 del evaporador lleguen también a la tubería de transporte 6. Después de transcurrido un cierto tiempo, se puede iniciar entonces el transporte de retorno por los medios de transporte 19. De manera ventajosa, en la unidad de unión 11 o cerca de ésta está formada una válvula con la cual se puede aspirar aire durante el transporte de retorno. En principio, se efectúa el transporte de retorno hasta que la tubería de transporte 6 se haya vaciado sustancialmente en el depósito 20.

En caso de fuertes variaciones de la cantidad de transporte de la solución acuosa 45 a transportar, las cuales pueden atribuirse, por ejemplo, a una concentración fuertemente creciente de óxidos de nitrógeno en el gas de escape del motor de combustión interna, pueden presentarse situaciones en las que la unidad de evaporador 12 no esté en condiciones de evaporar súbitamente una cantidad netamente mayor de solución acuosa 45, ya que el calentamiento correspondientemente incrementado no puede efectuarse con tanta rapidez. En este caso, se prefiere aumentar la cantidad de transporte de solución acuosa 45 solamente de modo que sea justamente posible todavía una evaporación completa.

La cantidad de agente reductor que se debe añadir y, en consecuencia, también la cantidad de solución acuosa 45 que se debe evaporar pueden determinarse en función, por ejemplo, de al menos de una de las condiciones siguientes:

a) la concentración de óxidos de nitrógeno en el gas de escape;

b) una generación pronosticada de óxidos de nitrógeno que se presenta preferiblemente cuando el gas de escape pasa por el catalizador SCR 18;

c) la cantidad máxima de agente reductor que puede ser justamente convertida por el catalizador SCR 18.

5 El depósito 20, la tubería de transporte 6, la unidad de evaporador 12, la tubería de aportación 2, la cámara 24 del evaporador y/o el catalizador de hidrólisis 17 pueden estar dispuestos en contacto térmico, por ejemplo, con el tanque de carburante del motor de combustión interna. Éste presenta usualmente, por motivos de protección contra las heladas, una calefacción que puede ofrecer entonces también protección contra las heladas para los componentes anteriormente citados.

10 Según otro aspecto ventajoso, se propone un dispositivo 1 para proporcionar una mezcla de sustancias gaseosas que comprende al menos una de las sustancias siguientes:

a) al menos un agente reductor y

b) al menos un precursor de agente reductor.

15 En este caso, el dispositivo 1 comprende un depósito 20 para una solución acuosa 45 que comprende al menos un precursor de agente reductor. La solución acuosa 45 puede ser transportada desde el depósito 20, con ayuda de un medio de transporte 19, hasta al menos una tubería de aportación 2 con una abertura de entrega 3. Ventajosamente, están formados unos medios 4 para calentar la tubería de aportación 2, con los cuales se puede calentar la al menos una tubería de aportación 2 por encima de una temperatura crítica que es mayor que la temperatura de ebullición del agua. Preferiblemente, esta temperatura es de 350°C o más, preferiblemente de 400°C o más y especialmente de alrededor de 380°C. Un perfeccionamiento ventajoso de este dispositivo 1 prevé que el medio de transporte 19 comprenda al menos una bomba. Preferiblemente, se trata aquí de una bomba dosificadora. Según otro perfeccionamiento ventajoso de este dispositivo, entre el medio de transporte 19 y la tubería de aportación 2 está formada una válvula para dosificar la cantidad de la solución acuosa 45. Ventajosamente también, los medios 4 de calentamiento comprenden al menos uno de los elementos siguientes:

a) una calefacción de resistencia eléctrica;

25 b) medios de transmisión de calor para aprovechar el calor residual de al menos otro componente;

c) al menos un elemento Peltier; y

d) un medio para quemar un carburante.

30 Otro perfeccionamiento ventajoso de este dispositivo se caracteriza porque el dispositivo 1 está construido de modo que, en funcionamiento, la temperatura a todo lo largo de la tubería de aportación 2 está a lo sumo 25°C por encima y por debajo de una temperatura media.

Otra ejecución ventajosa de este dispositivo se caracteriza porque la tubería de aportación 2 presenta una sección transversal atravesable de a lo sumo 20 mm<sup>2</sup>. Asimismo, es ventajoso que la tubería de aportación 2 esté formada de un material que comprende al menos uno de los materiales siguientes:

a) cobre;

35 b) aluminio;

c) material de base de níquel;

d) acero al cromo-níquel; y

e) acero fino.

40 La tubería de aportación 2 presenta especialmente una longitud de 0,1 a 5 m, preferiblemente una longitud de 0,3 a 0,7 m y de manera especialmente preferida una longitud de sustancialmente 0,5 m. La tubería de aportación 2 presenta preferiblemente un espesor de pared de 0,1 a 0,5 mm. La tubería de aportación 2 presenta preferiblemente una capacidad calorífica de al menos 150 J/K (julios por Kelvin).

45 Según otra ejecución ventajosa de este dispositivo 1, la tubería de aportación 2 y los medios 4 de calentamiento de la tubería de aportación 2 tienen entre ellos, al menos en al menos una región parcial, al menos una de las disposiciones siguientes:

a) la tubería de aportación 2 y los medios 4 de calentamiento de la tubería de aportación 2 están contruidos coaxialmente entre ellos en al menos una región parcial;

- b) la tubería de aportación 2 y los medios 4 de calentamiento de la tubería de aportación 2 están contruidos concéntricamente entre ellos en al menos una región parcial;
- c) la tubería de aportación 2 y los medios 4 de calentamiento de la tubería de aportación 2 están yuxtapuestos en al menos una región parcial;
- 5 d) la tubería de aportación 2 está contruida al menos en una región parcial en forma enroscada alrededor del medio 4 de calentamiento de la tubería de aportación 2;
- e) el medio 4 de calentamiento de la tubería de aportación 2 representa al menos en regiones parciales un elemento de calentamiento 69 de forma de barra en torno al cual está enroscada la tubería de aportación 2; y
- f) la tubería de aportación 2 forma un canal en un elemento de calentamiento 69 de forma de barra.
- 10 Según otra ejecución ventajosa del dispositivo 1, la tubería de aportación 2 y el medio 4 de calentamiento de la tubería de aportación 2 están unidos entre ellos por un material en al menos algunas regiones parciales. Se entiende por unión producida por un material especialmente una unión de soldadura de aporte y/o de soldadura autógena.
- Según otra ejecución ventajosa del dispositivo 1, la tubería de aportación 2 está provista al menos parcialmente de un revestimiento que cataliza la hidrólisis de un precursor de agente reductor para proporcionar un agente reductor.
- 15 Preferiblemente, el dispositivo 1 comprende al menos una sonda de medida 5 para determinar la temperatura de la tubería de aportación 2. Preferiblemente, esta sonda de medida se puede unir con una fuente de corriente 5 para hacer posible así, por ejemplo en el marco de un programa de casos de emergencia, un calentamiento de la tubería de aportación 2 hasta más allá de la temperatura crítica.
- Asimismo, se describe un procedimiento ventajoso para proporcionar una mezcla de sustancias gaseosas que
- 20 comprende al menos una de las sustancias siguientes:
- a) al menos un agente reductor y
- b) al menos un precursor de agente reductor.
- En este caso, se transporta una solución acuosa 45 de al menos un precursor de agente reductor desde un depósito
- 25 20 hasta una tubería de aportación 2. La tubería de aportación 2 se calienta entonces de modo que la solución acuosa 45 se evapora completamente produciendo la mezcla de sustancias gaseosas. Por completamente se entiende aquí especialmente una evaporación en la que se evapora el 90% en peso y más de la solución acuosa, preferiblemente el 95% en peso y más y de manera especialmente preferida el 98% en peso de la solución acuosa. Un perfeccionamiento ventajoso de este procedimiento se dirige a que al menos uno de los precursores de agente reductor
- 30 a) urea y
- b) formiato de amonio
- esté contenido en al menos uno de los componentes siguientes:
- A) la mezcla de sustancias y
- B) la solución acuosa.
- 35 Asimismo, es ventajoso que las temperaturas en la tubería de aportación 2 estén situadas en una temperatura media entre 380°C y 450°C. Preferiblemente, la temperatura a lo largo de un tramo de la tubería de aportación 2 está a lo sumo 25°C por encima y por debajo de la temperatura media, preferiblemente una temperatura media de 380°C a 450°C.
- Según otra ejecución ventajosa de este procedimiento, se utiliza para el calentamiento una potencia de
- 40 calentamiento que se varía en una cuantía de hasta 500 W/s. Preferiblemente, se transporta a la tubería de aportación 2 una cantidad de 0,5 ml/s de la solución acuosa 45. Asimismo, se prefiere que la tubería de aportación 2 presente una sección transversal atravesable de a lo sumo 20 mm<sup>2</sup>. Preferiblemente, se calienta la tubería de aportación 2 a una segunda temperatura que es mayor que la temperatura crítica a la cual se efectúa la evaporación completa de la solución acuosa 45 para desprender así deposiciones eventuales existentes.
- 45 Según otra ejecución ventajosa de este procedimiento, antes del comienzo de la evaporación se determina la temperatura de la tubería de aportación 2 y se la coteja con otras temperaturas conocidas. En este caso, se puede tratar, por ejemplo, de otras temperaturas conocidas o medidas en el automóvil, como, por ejemplo, la temperatura exterior medida por una sonda de medida de temperatura exterior o la temperatura del agua de refrigeración.

Según otra ejecución ventajosa de este procedimiento, el calentamiento de la tubería de aportación 2 se efectúa por

medio de una calefacción de resistencia eléctrica, determinándose la resistencia de esta calefacción de resistencia antes del comienzo del calentamiento y efectuándose un calentamiento de la tubería de aportación en función de la resistencia obtenida. Otro perfeccionamiento ventajoso de este procedimiento se dirige a que se vigile la potencia de calentamiento proporcionada durante el calentamiento de la tubería de aportación 2. Según otra ejecución ventajosa de este procedimiento, se interrumpe el calentamiento cuando la potencia de calentamiento permanece durante un espacio de tiempo prefijable por debajo de un valor que depende de la cantidad de solución acuosa que se debe evaporar.

Según otro ventajoso aspecto presente, se describe un dispositivo 1 para proporcionar una mezcla de sustancias gaseosas que comprende al menos una de las sustancias siguientes:

- 10 a) al menos un agente reductor y
- b) al menos un precursor de agente reductor.

En este caso, está formado un depósito 20 para una solución acuosa 45 que contiene al menos un precursor de agente reductor, cuyo depósito puede ser puesto en unión reotécnica con una cámara de evaporador 24. Asimismo, está formado un medio para cargar dosificadamente la solución acuosa 45 en la cámara 24 del evaporador, estando formados unos medios 27, 63 de calentamiento de la cámara 24 del evaporador con los cuales se puede calentar la cámara 24 del evaporador a una temperatura mayor o igual que una temperatura crítica a la que se evapora al menos parcialmente la solución acuosa. Según un perfeccionamiento ventajoso de este dispositivo 1, los medios de dosificación de la solución acuosa 45 comprenden al menos una tobera 62. De manera ventajosa, la cámara 24 del evaporador tiene un volumen sustancialmente cerrado que presenta únicamente una primera abertura 25 de conexión de una tubería de transporte 6 para la solución acuosa 45 y una segunda abertura 26 de conexión de una tubería de aportación 2 para evacuar la mezcla de sustancias gaseosas. Según un perfeccionamiento ventajoso de este dispositivo 1, la cámara 24 del evaporador comprende un volumen sustancialmente cerrado que presenta únicamente una primera abertura 25 de conexión de una tubería de transporte 6 para la solución acuosa, una segunda abertura 26 de conexión de una tubería de aportación 2 para evacuar la mezcla de sustancias gaseosas y una tercera abertura 36 de aportación de gas de escape 14. Otro perfeccionamiento ventajoso de este dispositivo prevé que los medios 27, 63 de calentamiento de la cámara 24 del evaporador comprendan al menos uno de los componentes siguientes:

- a) una calefacción de resistencia eléctrica 27 y
- b) un medio 63 para quemar un carburante.

Asimismo, es ventajoso que la cámara 24 del evaporador sea sustancialmente de simetría esférica. Preferiblemente, la cámara 24 del evaporador presenta aquí un radio de 2 mm a 25 mm. Es ventajoso también que la cámara 24 del evaporador presente un volumen de 30 a 4000 mm<sup>3</sup>. Los medios 27, 63 de calentamiento de la cámara del evaporador pueden aplicar una potencia de calentamiento de hasta 5 kW. Además, está formada de manera ventajosa una tubería de transporte 6 para transportar la solución acuosa 45, la cual une la cámara 24 del evaporador con un depósito 20 y en la cual está formado un medio de transporte 19 con ayuda del cual se puede transportar un fluido a través de la tubería de transporte 6. Según otra ejecución ventajosa de este dispositivo, este último está construido de modo que, en funcionamiento, la temperatura de la cámara 24 del evaporador esté a lo sumo 25°C por encima y por debajo de una temperatura media. Asimismo, es ventajoso que la cámara 24 del evaporador presente al menos en regiones parciales unos medios 28 para incrementar la capacidad de humectación de la superficie. Esto puede comprender especialmente una estructuración de la superficie interior (salientes o similares) de la cámara 24 del evaporador.

Asimismo, se describe un procedimiento para proporcionar una mezcla de sustancias gaseosas que comprende al menos una de las sustancias siguientes:

- 45 a) al menos un agente reductor y
- b) al menos un precursor de agente reductor.

Una solución acuosa 45 de al menos un precursor de agente reductor es transportada a una cámara de evaporador 24, calentándose la cámara 24 del evaporador de modo que la solución acuosa 45 se evapore completamente produciendo la mezcla de sustancias gaseosas. Este procedimiento se perfecciona de manera ventajosa haciendo que la cámara 24 del evaporador comprenda un volumen sustancialmente cerrado que presente únicamente una primera abertura 25 de conexión de una tubería de transporte 6 para la solución acuosa 45 y una segunda abertura 26 de conexión de una tubería de aportación 2 para evacuar la mezcla de sustancias gaseosas.

Como alternativa a esto, la cámara 24 del evaporador puede comprender un volumen sustancialmente cerrado que presente únicamente una primera abertura 25 de conexión de una tubería de transporte 6 para la solución acuosa 45, una segunda abertura 26 de conexión de una tubería de aportación 2 para evacuar la mezcla de sustancias

gaseosas y una tercera abertura 36 de aportación de gas de escape 14.

Ventajosamente, estos procedimientos pueden perfeccionarse haciendo que el calentamiento se efectúa en forma regulada. En particular, se calienta la cámara 24 del evaporador a una temperatura media de 350 a 450°C. Asimismo, es ventajoso que la cámara 24 del evaporador se caliente a una temperatura media de modo que en ningún punto de la cámara 24 del evaporador la temperatura se desvíe de una temperatura media en más de +25°C o -25°C.

El dispositivo 15 según la invención permite de manera ventajosa la preparación de una cantidad suficientemente grande de agente reductor para la reducción catalítica selectiva de óxidos de nitrógeno en el catalizador SCR 18, pudiendo construirse al mismo tiempo el catalizador de hidrólisis 17 con un volumen más pequeño que el conocido por el estado de la técnica, ya que aquí el catalizador de hidrólisis 17 no es atravesado por el gas de escape.

**Lista de símbolos de referencia**

- 1           Dispositivo para proporcionar una mezcla de sustancias gaseosas
- 2           Tubería de aportación
- 3           Abertura de entrega
- 15        4           Medio de calentamiento de la tubería de aportación
- 5           Sonda de medida
- 6           Tubería de transporte
- 7           Medio de atemperado
- 8           Elemento Peltier
- 20        9           Cuerpo de refrigeración
- 10        10          Terminal eléctrico
- 11        11          Unidad de unión
- 12        12          Unidad de evaporador
- 13        13          Gas de escape
- 25        14          Tubería de gas de escape
- 15        15          Dispositivo de tratamiento del gas de escape de un motor de combustión interna
- 16        16          Evaporador de solución de agente reductor
- 17        17          Catalizador de hidrólisis
- 18        18          Catalizador SCR
- 30        19          Medio de transporte
- 20        20          Depósito
- 21        21          Tubería de dosificación
- 22        22          Abertura de dosificación
- 23        23          Medio de mezclado
- 35        24          Cámara de evaporador
- 25        25          Primera abertura
- 26        26          Segunda abertura
- 27        27          Medio de calentamiento de la cámara del evaporador

	28	Estructura
	29	Encamisado de la unidad de evaporador
	30	Terminal de conductor de calentamiento
	31	Medio de atemperado del catalizador de hidrólisis
5	32	Encamisado del catalizador de hidrólisis
	33	Medio de unión
	34	Chapa de guía
	35	Mezcla de sustancias de agente reductor
	36	Tercera abertura
10	37	Estructura de guía
	38	Conductor de calentamiento
	39	Primera sonda de medida de temperatura
	40	Elemento de unión
	41	Primer terminal de conductor de calentamiento
15	42	Segundo terminal de conductor de calentamiento
	43	Segunda sonda de medida de temperatura
	44	Segundo elemento de unión
	45	Solución acuosa
	46	Unidad de aportación
20	47	Tercera sonda de medida de temperatura
	48	Cuarta sonda de medida de temperatura
	49	Medio de atemperado
	50	Medio de atemperado de aportación
	51	Unidad de control
25	52	Cuerpo de nido de abeja
	53	Medio de mezclado
	54	Dirección de flujo principal
	55	Escotadura
	56	Perforación
30	57	Longitud
	58	Primer ramal de gas de escape
	59	Segundo ramal de gas de escape
	60	Medio de dirección de flujo
	61	Desembocadura
35	62	Tobera



	63	Medio de combustión de hidrocarburos
	64	Medio de separación de gotas
	65	Tubería
	66	Placa deflectora
5	67	Desviación
	68	Carcasa
	69	Elemento de calentamiento de forma de barra
	70	Terminal eléctrico
	71	Medio de unión
10	72	Aislamiento térmico
	73	Escudo térmico
	74	Aislamiento de cámara de aire
	75	Carcasa exterior
	76	Carcasa interior
15	77	Válvula
	78	Terminal de control
	79	Área de desembocadura
	80	Diafragma
	81	Sensor de temperatura
20	82	Cuerpo de nido de abeja
	83	Capa metálica lisa
	84	Capa metálica ondulada
	85	Tubo envolvente
	86	Canal
25	87	Cuerpo de nido de abeja anular
	88	Capa
	89	Región lisa
	90	Región lisa
	91	Tubo envolvente exterior
30	92	Tubo envolvente interior

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo (15) de tratamiento del gas de escape de un motor de combustión interna, que comprende al menos:
- un evaporador (16) de solución de agente reductor,
  - 5 - un catalizador de hidrólisis (17) unido con el evaporador (16) de la solución de agente reductor y destinado a hidrolizar especialmente urea a amoníaco, y
  - un catalizador SCR (18) para la reducción catalítica selectiva de óxidos de nitrógeno,
- en donde el evaporador (16) de la solución de agente reductor comprende una unidad de evaporador (12) para proporcionar una mezcla de sustancias gaseosas que comprende al menos una de las sustancias siguientes:
- a) al menos un precursor de agente reductor y
  - 10 b) un agente reductor,
- en donde se puede evaporar con la unidad de evaporador (12) una solución acuosa (45) que comprende al menos un precursor de agente reductor, estando formado el catalizador SCR (18) en la tubería de gas de escape (14), **caracterizado** porque el evaporador (16) de la solución de agente reductor y el catalizador de hidrólisis (17) están formados por fuera de la tubería de gas de escape (14) y se pueden unir con ésta, estando formado aguas abajo del
- 15 catalizador de hidrólisis (17) un aislamiento térmico (72) que impide un contacto térmico del catalizador de hidrólisis (17) con la tubería de gas de escape (14).
2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que la unidad de evaporador (12) está unida con un depósito (20) para la solución acuosa (45) a través de una tubería de transporte (6), estando unidas la tubería de transporte (6) y la unidad de evaporador (12) una con otra a través de una unidad de unión (11).
- 20 3. Dispositivo según la reivindicación 2, en el que la unidad de unión (11) está formada al menos parcialmente por un material con una conductividad calorífica de menos de 10 W/m K (vatios por metro y Kelvin).
4. Dispositivo según la reivindicación 2 ó 3, en el que la unidad de unión (11) está constituida por al menos un material que comprende al menos uno de los materiales siguientes:
- a) un material cerámico y
  - 25 b) politetrafluoretileno (PTFE).
5. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en el que la unidad de unión (11) está construida de modo que, a lo largo de un tramo de la unidad de unión (11), se puede mantener un gradiente de temperatura de 40 K/mm (Kelvin por milímetro) y más.
6. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos uno de los componentes
- 30 siguientes presenta un revestimiento que cataliza la hidrólisis de urea:
- a) al menos partes de la unidad de unión (11);
  - b) al menos partes de una tubería de aportación (2) para aportar la mezcla de sustancias gaseosas al catalizador de hidrólisis (17);
  - c) al menos partes de la unidad de evaporador (12);
  - 35 d) al menos partes de una tubería de dosificación (21) para aportar el agente reductor producido al sistema de gas de escape; y
  - e) al menos partes de una unidad de aportación (46) con la que el catalizador de hidrólisis (17) puede ser unido con la tubería de gas de escape (14).
7. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el aislamiento térmico (72) está formado en posición directamente
- 40 adyacente al catalizador de hidrólisis (17).
8. Procedimiento de tratamiento del gas de escape de un motor de combustión interna, que comprende los pasos siguientes:
- a) habilitación de una mezcla de sustancias gaseosas que comprende al menos una de las sustancias siguientes:
    - a1) un agente reductor y

a2) al menos un precursor de agente reductor;

b) hidrólisis del al menos un precursor de agente reductor en un catalizador de hidrólisis (17), obteniéndose una mezcla de sustancias de agente reductor (35);

5 c) sollicitación de un catalizador SCR (18), dispuesto en la tubería de gas de escape (14), con la mezcla de sustancias de agente reductor (35) y con el gas de escape (14) para la reducción catalítica selectiva al menos parcial de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) contenidos en el gas de escape,

10 en donde, después del paso b), se efectúa un mezclado de la mezcla de sustancias de agente reductor (35) con al menos partes del gas de escape (14) y en donde se impide un contacto térmico del catalizador de hidrólisis (17) y la tubería de gas de escape por medio de un aislamiento térmico (72) dispuesto aguas abajo del catalizador de hidrólisis (17).

9. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que el paso a) comprende una evaporación, en una unidad de evaporador (12), de una solución acuosa (45) que comprende al menos un precursor de agente reductor.

10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 8 ó 9, en el que se regula la temperatura de al menos uno de los componentes siguientes:

15 a) al menos de partes de la unidad de evaporador (12);

b) del catalizador de hidrólisis (17);

c) de una tubería de transporte (6) para transportar la solución acuosa (45) hasta la unidad de evaporador (12);

d) una tubería de aportación (2) para aportar la mezcla de sustancias gaseosas al catalizador de hidrólisis (17);

e) una tubería de dosificación (21) para aportar el agente reductor producido al sistema de gas de escape; y

20 f) una tubería de aportación (46) por medio de la cual el catalizador de hidrólisis (17) puede ser puesto en unión reotécnica con una tubería de gas de escape (14) del motor de combustión interna.

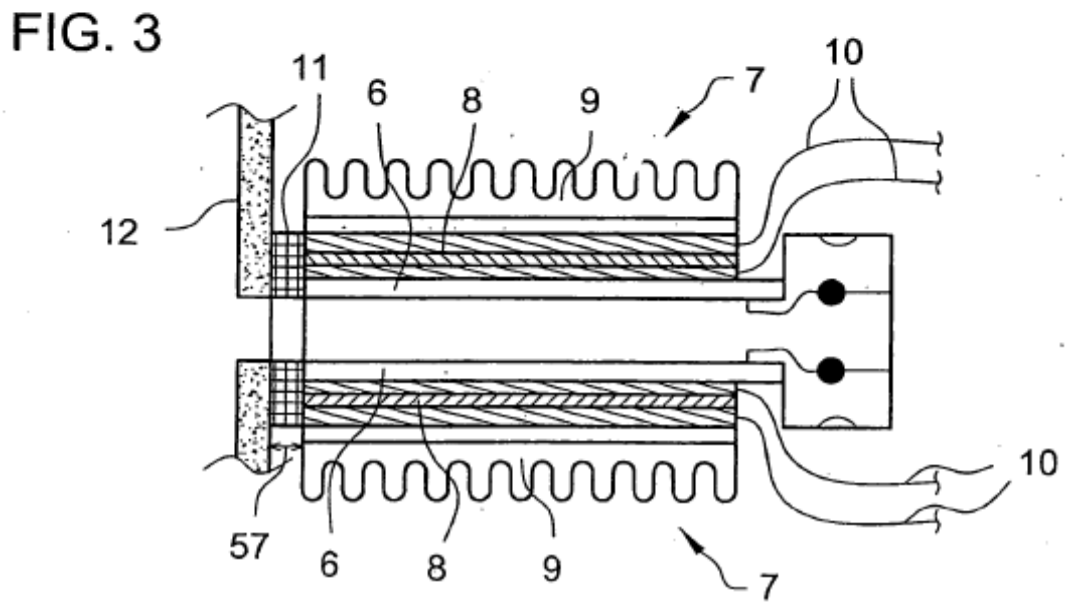
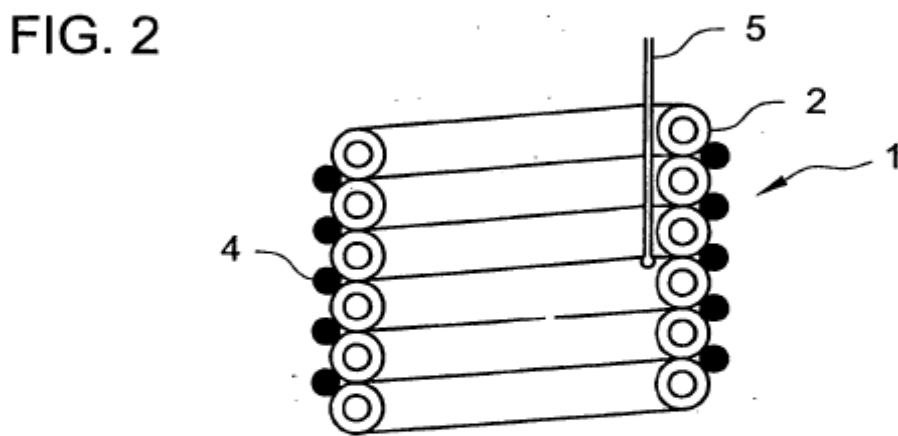
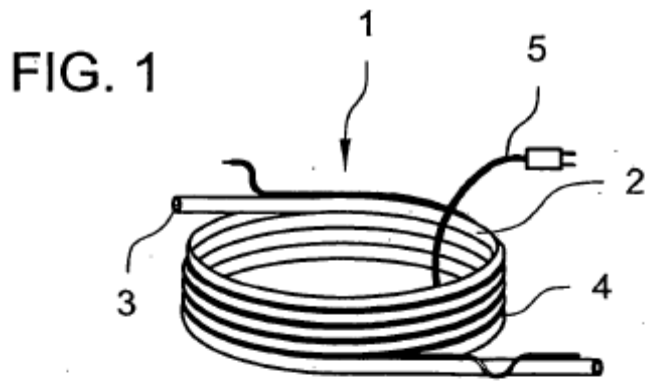


FIG. 4

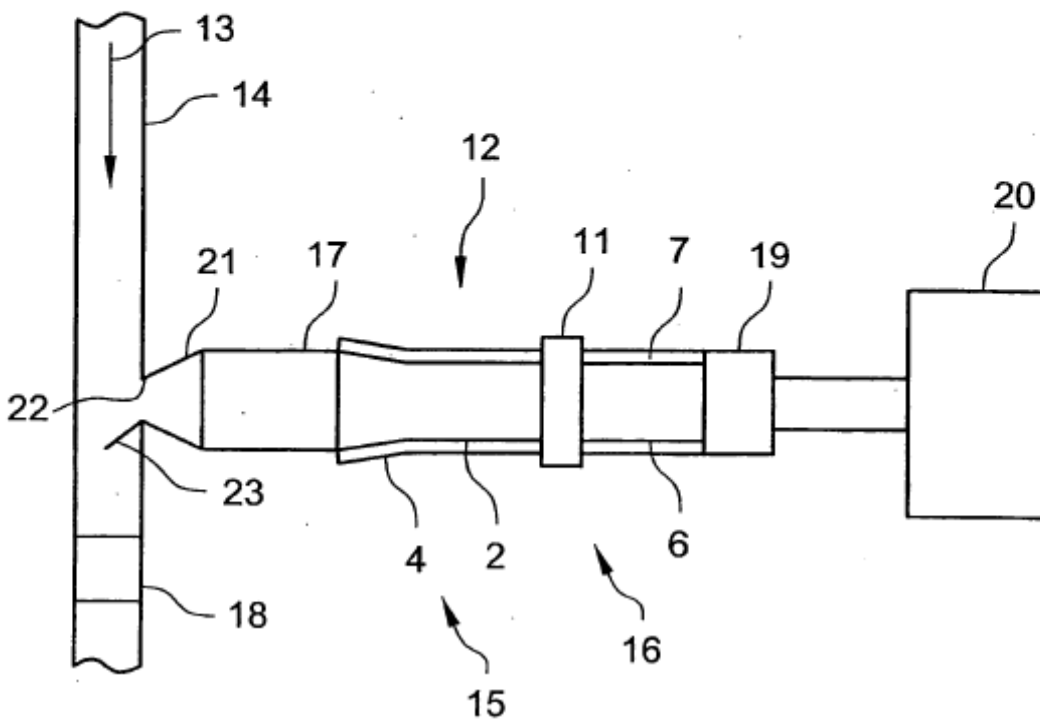


FIG. 5

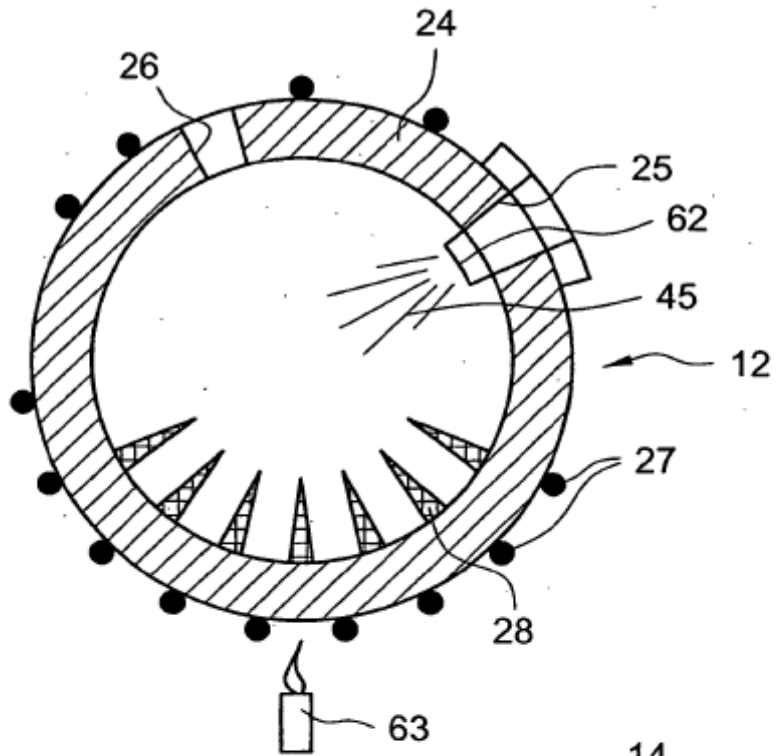


FIG. 6

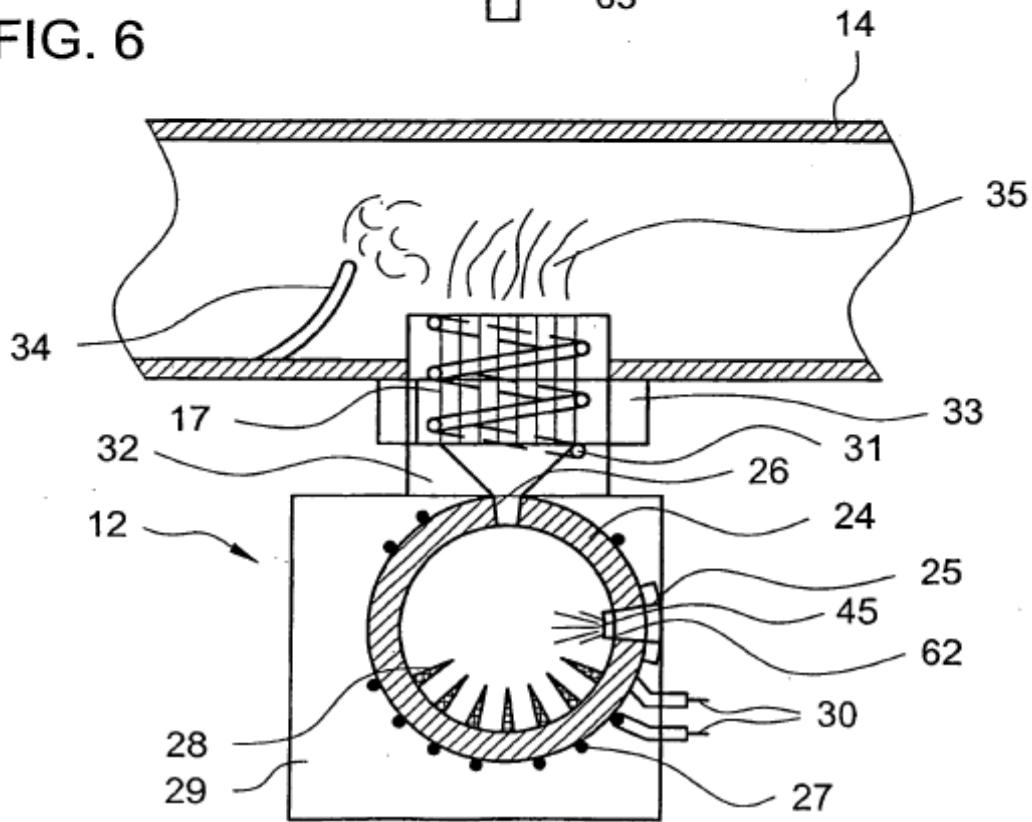


FIG. 7

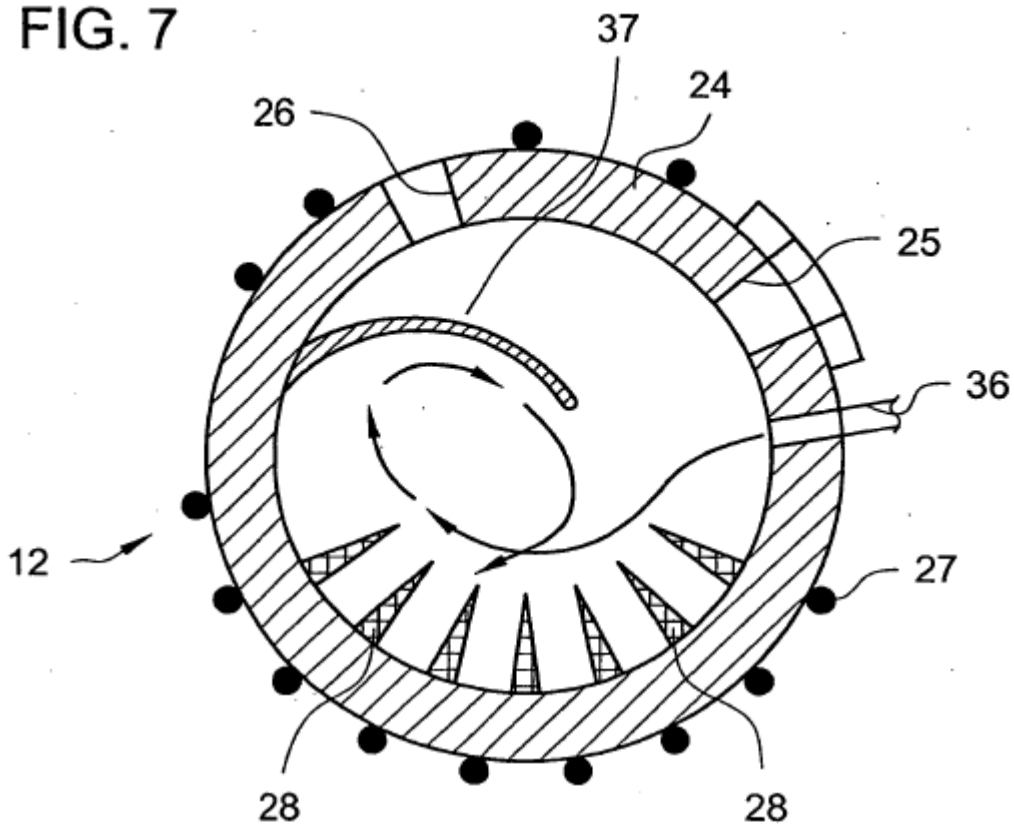


FIG. 8

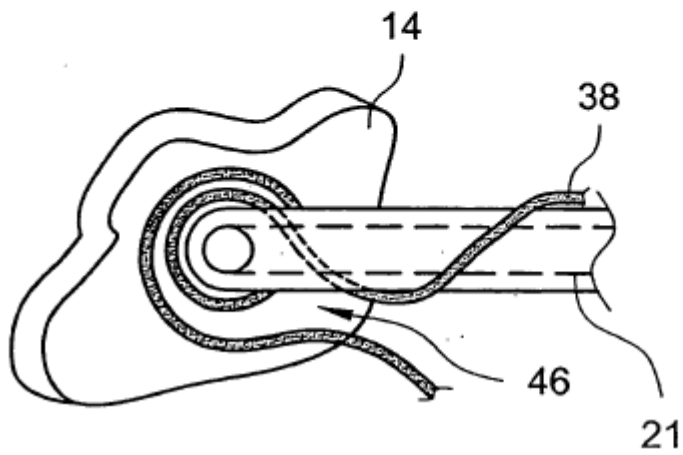


FIG. 9

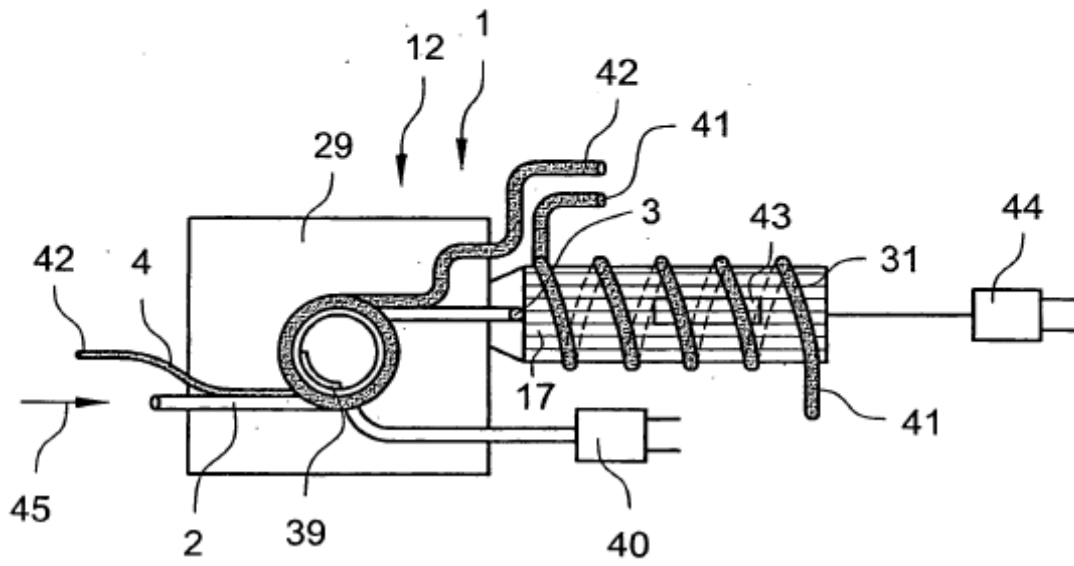




FIG. 10

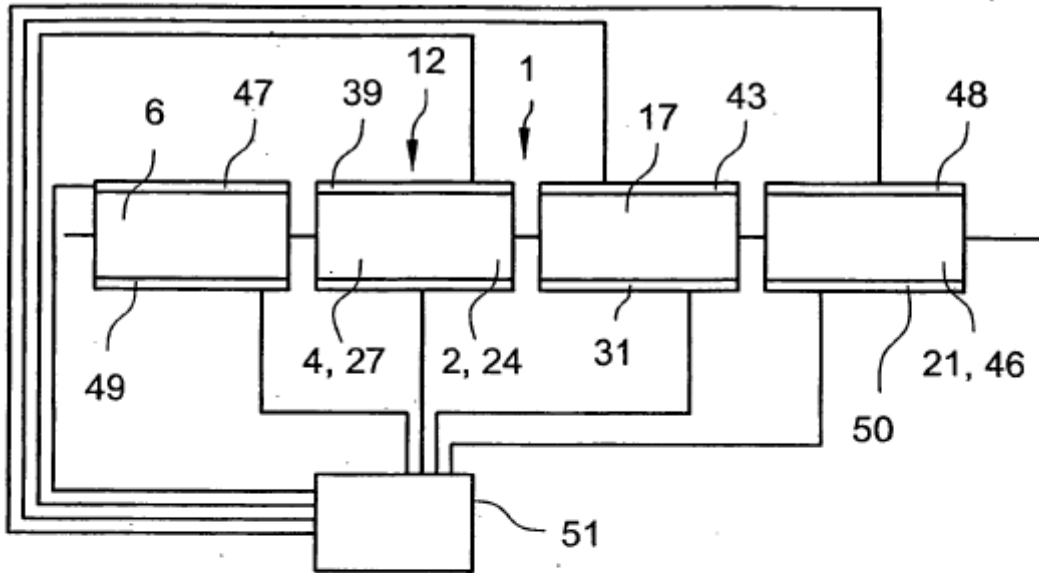


FIG. 11

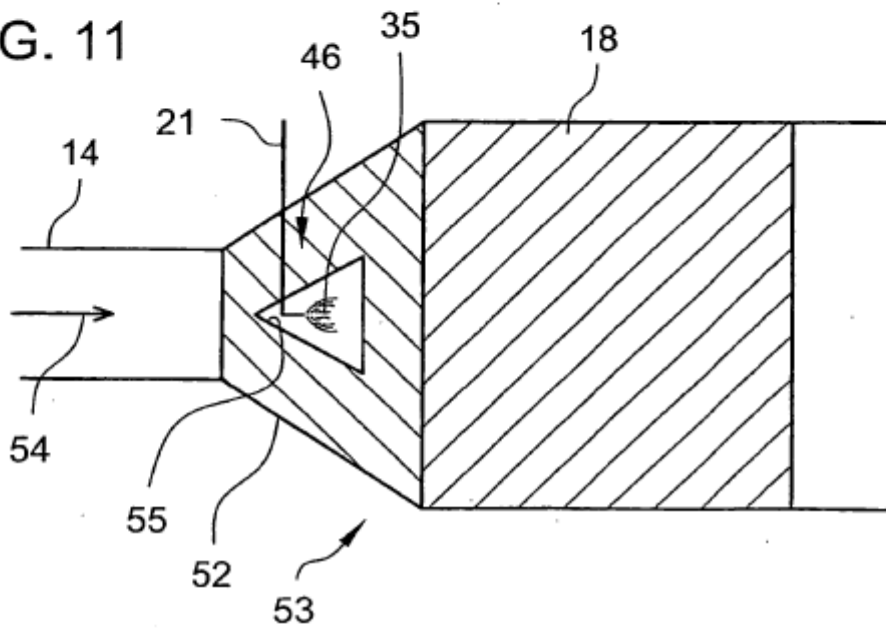


FIG. 12

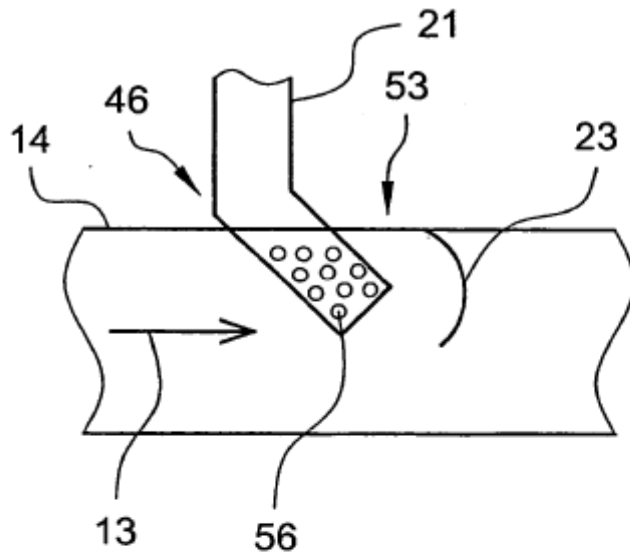


FIG. 13

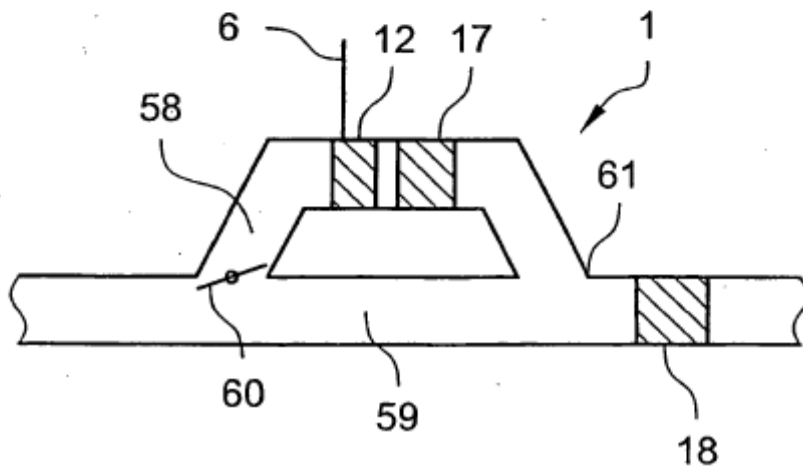


FIG. 14

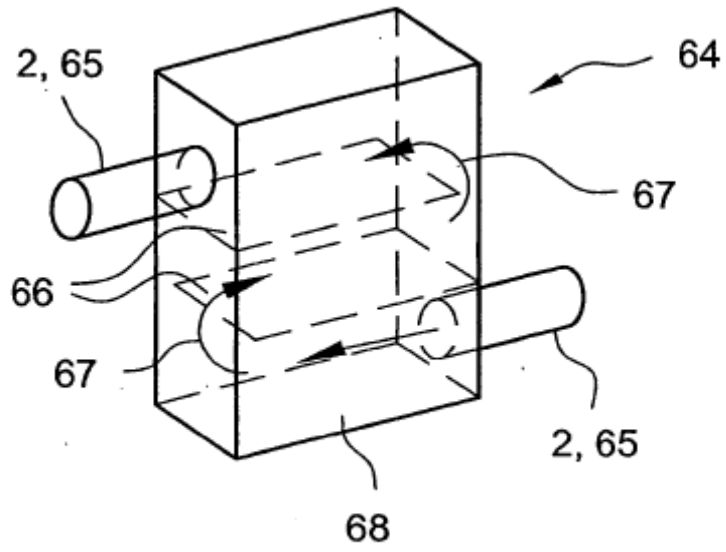


FIG. 15

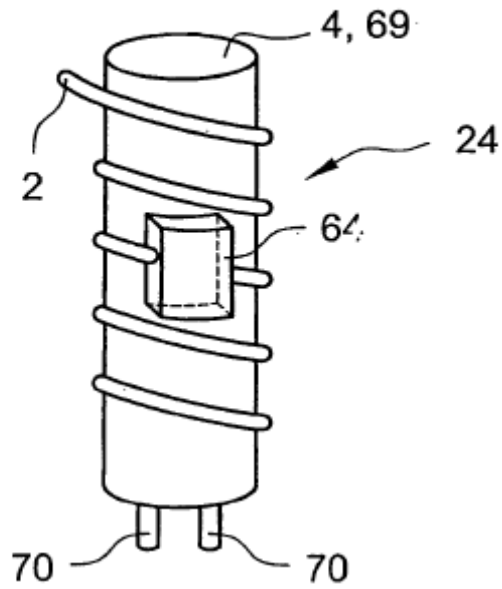


FIG. 16

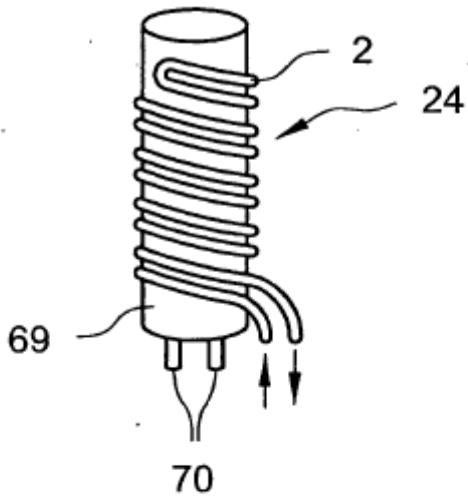


FIG. 17

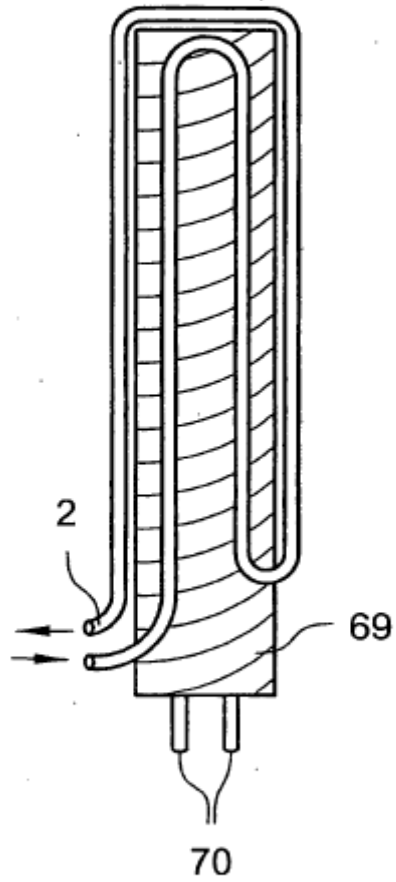


FIG. 18

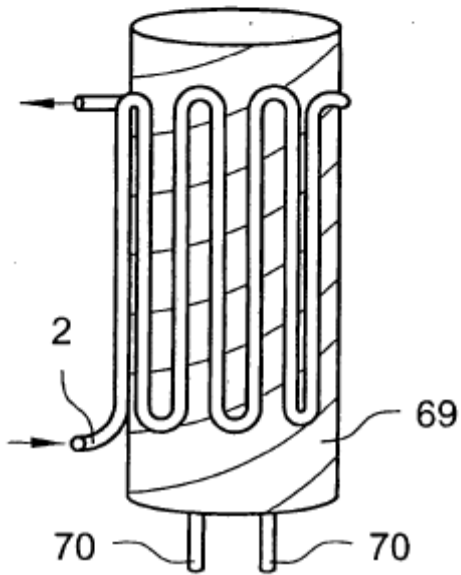


FIG. 20

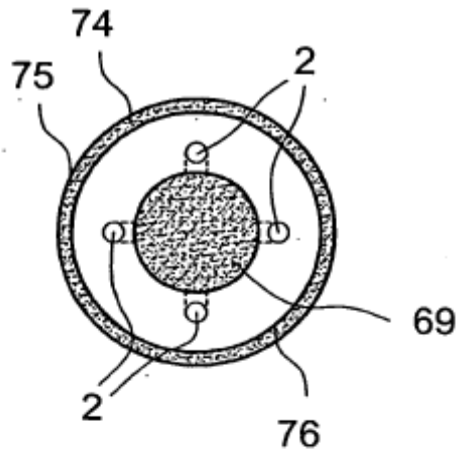


FIG. 19

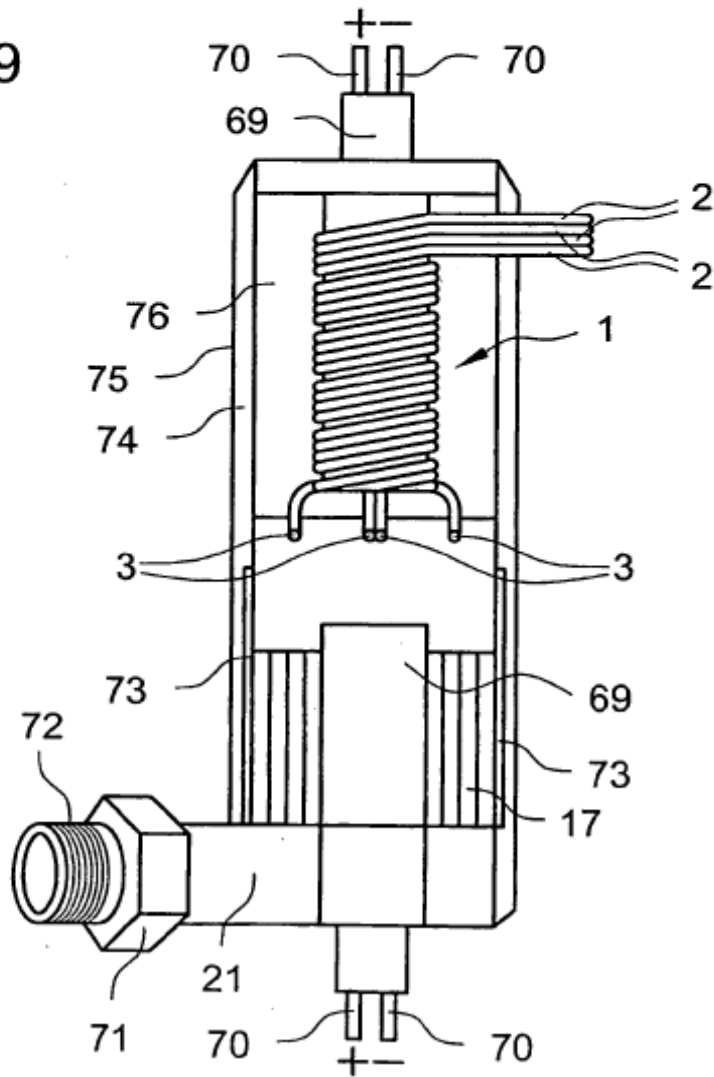


FIG. 21

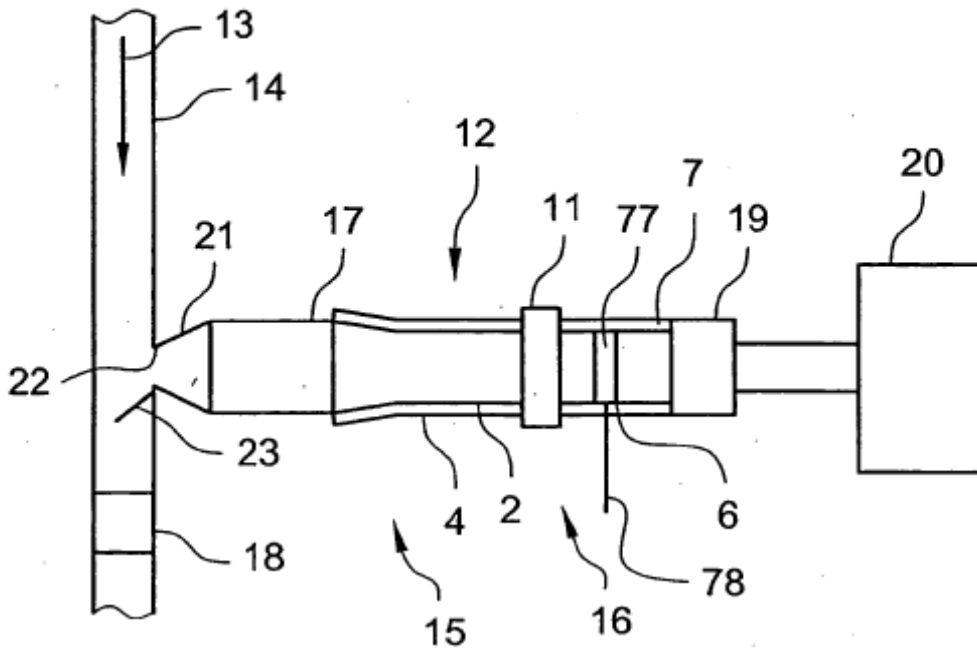


FIG. 22

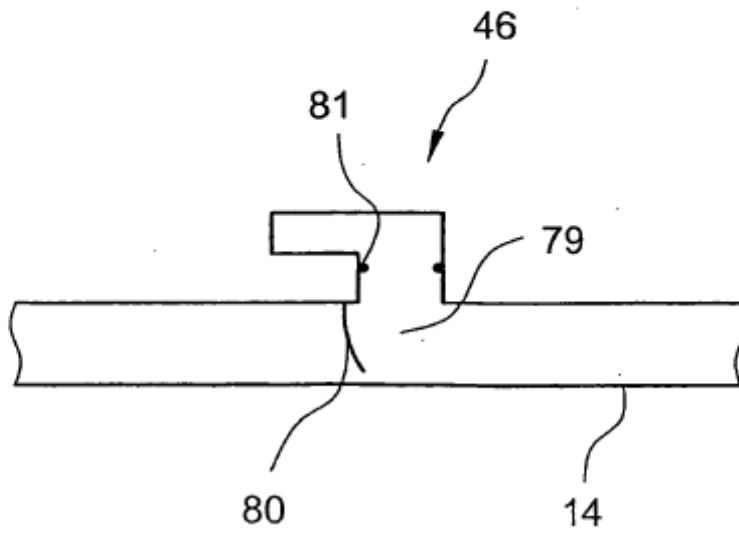


FIG. 23

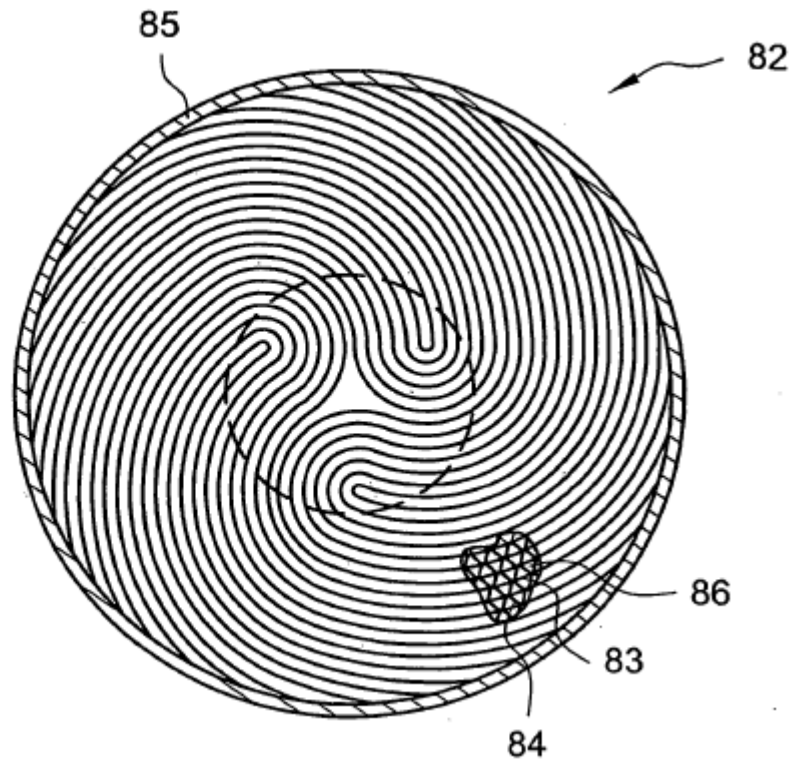


FIG. 24

