

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 804 529**

51 Int. Cl.:

**B01D 53/86** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.06.2010 E 13167684 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2020 EP 2628528**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la desnitrificación de gases de combustión**

30 Prioridad:

**15.07.2009 AT 11092009**

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

**08.02.2021**

73 Titular/es:

**SCHEUCH GMBH (100.0%)**

**Weierfing 68**

**4971 Auroldmünster, AT**

72 Inventor/es:

**LISBERGER, MANFRED**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 804 529 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 para la desnitrificación de gases de combustión

5 La invención se refiere a un procedimiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

La presente invención se refiere a la desnitrificación de monóxido de carbono y gases de combustión que contienen sustancias orgánicas gaseosas que se producen durante la producción de clínker de cemento, donde en hornos rotativos tubulares las materias primas, que son necesarias para la formación de clínker de cemento, se calientan hasta temperaturas de 1350 °C a 1700 °C. Las materias primas habitualmente se calientan previamente en una torre de precalentamiento compuesta por varios ciclones dispuestos uno tras otro, antes de que lleguen al horno rotativo tubular. Los gases de escape atraviesan el proceso de producción en contracorriente con respecto al flujo de material y, tras abandonar la última etapa de calentamiento de ciclón, se suministran a una depuración de los gases de escape. Durante la desnitrificación, que representa una parte de la depuración del aire de escape, con los denominados catalizadores SCR (*selective catalytic reduction*), mediante la adición de amoníaco o compuestos que desprenden amoníaco, tales como por ejemplo amoníaco-agua o urea, a la temperatura de funcionamiento óptima, se consigue una escisión de los óxidos de nitrógeno NO<sub>x</sub> en los gases de escape en nitrógeno atmosférico N<sub>2</sub> neutro para el medio ambiente y agua H<sub>2</sub>O. Los gases de escape, tras un posible enfriamiento o recuperación de calor finalmente llegan a una etapa de filtro, en la que se despolvorean, antes de salir a la atmósfera. La etapa de filtro antes de la salida de los gases de escape a la atmósfera, puede formarse por ejemplo por filtros electrostáticos o tubulares.

El porcentaje de polvo relativamente alto de los gases brutos durante la producción de clínker de cemento lleva a una rápida obstrucción de los catalizadores. Para aumentar los periodos de servicio del catalizador, los catalizadores se disponen con frecuencia en el lado del gas limpio, es decir después del despolvoreado de los gases brutos. A este respecto es desventajoso que los gases de combustión deban calentarse antes de la reducción catalítica hasta la temperatura de reacción necesaria de habitualmente 160 °C a 500 °C. Este calentamiento de los gases de combustión tiene lugar con frecuencia mediante un recuperador o intercambiador de calor, que extrae el calor de los gases de combustión desnitrificados y suministra los gases de combustión antes de la reducción catalítica. Las pérdidas del desplazamiento del calor del intercambio de calor hacen absolutamente necesario un calentamiento adicional de los gases de combustión por medio de energía externa.

El documento AT 505 542 B1 describe por ejemplo una instalación para la depuración de los gases de combustión durante la producción de cemento, donde los gases de combustión se calientan con al menos un dispositivo de combustión para la generación de corriente, por ejemplo una turbina de gas o un motor de gas, que se hace funcionar en particular con gas natural.

El documento DE 197 05 663 A1 describe un dispositivo para la desnitrificación de gases de combustión, donde, sin embargo, debido a la ya elevada temperatura de gas de escape de aproximadamente 800 °C a 1000 °C, no es necesario un calentamiento de los gases para la reducción catalítica.

El documento US 2009/130011 A1 se refiere a un sistema y a un procedimiento para la desnitrificación de gases de combustión mediante reducción catalítica selectiva regenerativa (RSCR), donde los gases de combustión se conducen en dirección alternante a través de canales, canales en los que están dispuestos varios módulos de acumulador de calor y varios catalizadores.

El documento DE 197 20 205 A1 describe un procedimiento y una instalación para la depuración de gases de combustión que están cargados con óxidos de nitrógeno. A este respecto tiene lugar una desnitrificación pura sin una combustión de los gases de combustión. El catalizador se hace circular siempre en una dirección de los gases de combustión.

Por último, el documento DE 44 32 316 A1 muestra un procedimiento y una instalación para la depuración de gases de escape, donde los gases de escape a depurar no contienen monóxido de carbono. La combustión mencionada en este documento no se realiza con el fin de la recuperación de energía y la mejora del rendimiento, sino para la reducción de la dioxina que se genera durante la reacción catalítica en los gases de escape.

El objetivo de la presente invención consiste en crear un procedimiento del tipo mencionado anteriormente, mediante los que pueda evitarse o minimizarse la utilización de energía externa y, no obstante, pueda conseguirse un alto grado de desnitrificación. Se reducirán o evitarán las desventajas de los procedimientos o dispositivos conocidos.

El objetivo de acuerdo con la invención se consigue mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1. La combustión se conoce para la purificación de gases de combustión. Por ello se entiende la combustión de gases de combustión para la reducción de las sustancias orgánicas. Durante la combustión térmica son habituales temperaturas de combustión en el intervalo de aproximadamente 750 a 900 °C. En el mejor de los casos se añaden combustibles adicionales y aire de combustión. La combustión catalítica se caracteriza por un catalizador contenido en la cámara de combustión, que acelera el proceso de oxidación. De esta manera son

necesarias temperaturas de combustión más bajas de aproximadamente 300 a 500 °C. Durante la combustión regenerativa, la adición de combustible puede reducirse considerablemente por que la temperatura de gas de combustión se aumenta casi hasta la temperatura de combustión por el intercambio de calor. Por tanto, de acuerdo con la invención está previsto que el monóxido de carbono y/o las sustancias orgánicas gaseosas se queman posteriormente en los gases de combustión. La energía que se genera durante la combustión se usa de acuerdo con la invención para aumentar la temperatura de los gases de combustión hasta la temperatura de reacción catalítica. Además de la forma de ahorro de energía del calentamiento de los gases de combustión para la reducción catalítica, se bajan también los monóxidos de carbono y/o sustancias orgánicas gaseosas contenidos en los gases de combustión. La cantidad de energía necesaria, por ejemplo en forma de gas natural, puede bajarse considerablemente mediante el procedimiento de acuerdo con la invención, siendo el suministro de energía externa solo necesario para la puesta en marcha. El coste para la reacción del procedimiento de acuerdo con la invención es relativamente bajo y el procedimiento puede realizarse de manera económica. Mediante la combustión regenerativa no solo se desnitrifican por lo tanto los gases de combustión sino que también se reduce su contenido en monóxido de carbono y su contenido en sustancias orgánicas gaseosas. Mediante la reducción de las sustancias orgánicas gaseosas, en particular compuestos orgánicos denominados "*Volatile Organic Compounds*" (VOC), puede reducirse la molestia por olores por los gases de combustión.

De acuerdo con una variante de realización del procedimiento de acuerdo con la invención, está previsto que los gases de combustión se conducen en dirección alternante a través de al menos dos canales con varios módulos de acumulador de calor consecutivos y un espacio dispuesto entre los mismos para la combustión regenerativa y la reducción catalítica de los óxidos de nitrógeno se realiza en catalizadores dispuestos entre los módulos de acumulador de calor. En esta variante del procedimiento de desnitrificación de acuerdo con la invención se combinan módulos de acumulador de calor y catalizadores en canales y mediante la dirección alternante de los gases de combustión se extrae de los gases de combustión la energía necesaria para la reducción catalítica. Mediante la combustión regenerativa del monóxido de carbono y/o de las sustancias orgánicas gaseosas en los gases de combustión, el procedimiento puede desarrollarse de manera autotérmica, es decir sin suministro externo de energía y, por lo tanto, conseguirse un alto rendimiento.

Para iniciar se suministra energía calorífica externa. Esta energía calorífica externa puede generarse por ejemplo mediante la combustión de recursos energéticos externos tales como por ejemplo gas natural o petróleo.

Para aumentar la energía que puede obtenerse con la combustión regenerativa, pueden suministrarse sustancias inflamables, por ejemplo gas natural o petróleo, a los gases de combustión antes de la combustión regenerativa.

El contenido en monóxido de carbono o sustancias orgánicas gaseosas en los gases de combustión puede aumentarse mediante medidas técnicas de control de manera controlada. Por ejemplo, en el caso de la producción de cemento, mediante la reducción del suministro de aire en el horno rotativo tubular, puede aumentarse el contenido en monóxido de carbono y por lo tanto puede mejorarse la obtención de energía mediante la combustión regenerativa.

De manera ventajosa, los gases de combustión se desnitrifican hasta al menos el 60 %.

El procedimiento de acuerdo con la invención se lleva a cabo con un dispositivo para la desnitrificación de monóxido de carbono y gases de combustión que contienen sustancias orgánicas gaseosas, donde para la compensación de las pérdidas del desplazamiento del calor en el intercambiador de calor está prevista una etapa para la combustión regenerativa del monóxido de carbono y de las sustancias orgánicas gaseosas. Las ventajas del dispositivo pueden deducirse de las ventajas ya mencionadas anteriormente del procedimiento de desnitrificación.

En una variante de realización del dispositivo de desnitrificación, la al menos una etapa de combustión está formada por al menos dos canales con varios módulos de acumulador de calor consecutivos y un espacio dispuesto entre los mismos para la combustión regenerativa, donde a través de los canales se conducen los gases de combustión en dirección alternante, donde por canal está dispuesto al menos un catalizador para la reducción catalítica de los óxidos de nitrógeno entre los módulos de acumulador de calor.

Los módulos de acumulador de calor están formados preferiblemente por cuerpos cerámicos de panal de abeja.

En una forma de realización alternativa, la al menos una etapa de combustión está dispuesta después del al menos un intercambiador de calor y antes del al menos un catalizador. De este modo se compensan las pérdidas que se producen del desplazamiento del calor en el intercambiador de calor por la etapa de combustión y se alcanzan las temperaturas de reacción deseadas de 160 °C a 500 °C para la reducción catalítica de los gases de combustión.

De acuerdo con otra característica de la invención está previsto un dispositivo para el suministro de energía calorífica externa para iniciar la desnitrificación de los gases de combustión. Tal como ya se mencionó anteriormente, la energía calorífica externa puede generarse mediante combustión de recursos energéticos externos tales como por ejemplo gas natural o petróleo.

Para mejorar la combustión puede estar prevista una conducción para la adición de sustancias inflamables, por ejemplo de gas natural o petróleo.

5 Mediante medios para el aumento controlado del contenido en monóxido de carbono y/o sustancias orgánicas gaseosas en los gases de combustión puede aumentarse el rendimiento energético de la combustión regenerativa. Tal como ya se mencionó anteriormente, estos medios para el aumento controlado del contenido en monóxido de carbono y/o sustancias orgánicas gaseosas pueden estar formados por ejemplo por un obturador para la reducción del suministro de aire a un horno, en el que se generan los gases de combustión. Mediante estas condiciones de combustión empeoradas en el horno, puede aumentarse por lo tanto el contenido en monóxido de carbono y/o el contenido en sustancias orgánicas gaseosas con un bajo coste técnico.

La presente invención se explica en detalle por medio de los dibujos adjuntos. Muestran:

15 la figura 1 una representación esquemática de la instalación para la producción de clínker de cemento según el estado de la técnica;

la figura 2 una vista esquemática de una forma de realización de un dispositivo de desnitrificación para un procedimiento de acuerdo con la presente invención; y

20 la figura 3 una forma de realización adicional de un dispositivo de desnitrificación para un procedimiento de acuerdo con la presente invención.

La figura 1 muestra una vista esquemática de un dispositivo para la producción de clínker de cemento según el estado de la técnica. El dispositivo para la producción de clínker de cemento se compone de una instalación de horno, en particular un horno rotativo tubular 1, en el que se queman las materias primas para la producción del clínker de cements. Habitualmente las materias primas se calientan previamente en una torre de precalentamiento 2, que puede componerse de una pluralidad de ciclones 3 dispuestos uno sobre otro. Con este fin se envían las materias primas a través de una alimentación de material 4 en la torre de precalentamiento 2. Según el principio de contracorriente, el material bruto llega al horno rotativo tubular 1, mientras que los gases de combustión A circulan contra la corriente del material bruto a través de la torre de precalentamiento 2. Después de la torre de precalentamiento 2, los gases brutos A, que contienen tanto óxidos de nitrógeno  $\text{NO}_x$  como polvo, llegan a un filtro 5, donde se reduce de manera correspondiente el contenido en polvo de los gases brutos A. Después los gases brutos A llegan a un catalizador 6, en el que mediante la reacción catalítica correspondiente, se convierten los óxidos de nitrógeno  $\text{NO}_x$  en parte en nitrógeno  $\text{N}_2$  y agua  $\text{H}_2\text{O}$ . Los gases brutos A desnitrificados se conducen a través de un posible dispositivo de refrigeración 7, por un lado para bajar los gases de combustión A hasta una temperatura que sea adecuada para una etapa de filtro posterior 8 para el despolvoreado de los gases de combustión A. Por otro lado, mediante un dispositivo de refrigeración 7 de este tipo, puede recuperarse el calor contenido en los gases de combustión A y usarse para calentar los gases de combustión A antes del catalizador 6. Después de la etapa de filtro 8, que puede estar formada por filtros tubulares o filtros electrostáticos, los gases de combustión A desnitrificados y despolvoreados llegan a la atmósfera a través de una chimenea 9. Después del catalizador 6, el material bruto quemado, transportado con los gases de combustión A, del clínker de cemento llega a un molino 10, donde se tritura antes de llenar hasta una cantidad deseada.

45 Tal como ya se mencionó, mediante la recuperación de calor habitualmente no es posible calentar los gases de combustión A hasta la temperatura de reacción necesaria de preferiblemente 160 °C a 500 °C para la reducción catalítica en el catalizador 6. Por lo tanto, según el estado de la técnica es necesario compensar la pérdida de calor mediante suministro de energía externa. Sin embargo, el suministro de energía externa ha de evitarse debido a los costes relacionados lo mismo.

50 La figura 2 muestra una forma de realización posible de la invención por combustión regenerativa del monóxido de carbono y/o de las sustancias orgánicas gaseosas en los gases de combustión A. Los gases de combustión A, después de una filtración habitual (no representada), llegan a un intercambiador de calor 11, donde se calientan hasta la temperatura de reacción  $T_R$  del catalizador 6 de 160 °C a 500 °C. El intercambiador de calor 11 extrae la energía calorífica de los gases de combustión en el catalizador 6 y en el mejor de los casos después de una etapa de filtro posterior, de modo que los gases de combustión A, después de entrar en el catalizador 6, se llevan a la temperatura de reacción  $T_R$ . Habitualmente, debido a las pérdidas del desplazamiento del calor en el intercambiador de calor 11 no es posible un calentamiento de los gases de combustión hasta la temperatura de reacción  $T_R$  deseada y debe suministrarse energía externa. En la forma de realización de acuerdo con la figura 2, las pérdidas del desplazamiento del calor en el intercambiador de calor 11 se compensan por que se queman posteriormente el monóxido de carbono  $\text{CO}$  y/o las sustancias orgánicas gaseosas en los gases de combustión A. Con este fin, entre el intercambiador de calor 11 y el catalizador 6 se encuentra una etapa 12 para la combustión regenerativa del monóxido de carbono  $\text{CO}$  y/o de las sustancias orgánicas gaseosas de los gases de combustión A. Además del control de la cantidad de energía externa, durante la combustión en la etapa 12 se reduce también el monóxido de carbono  $\text{CO}$  y/o las sustancias orgánicas gaseosas en los gases de combustión. Los óxidos de nitrógeno que se generan en la combustión en la etapa 12 u óxidos de nitrógeno  $\text{NO}_x$  contenidos en los gases de combustión se eliminan por último en el catalizador 6. Para iniciar y/o para mantener la temperatura de funcionamiento de la

desnitrificación de los gases de combustión A, puede estar dispuesto un dispositivo 13 para el suministro de energía calorífica externa, por ejemplo una conducción de gas natural, antes de la etapa de combustión 12. El dispositivo de acuerdo con la invención aumenta por lo tanto mediante la disminución de la cantidad de energía externa, no solo el rendimiento sino que reduce tanto los óxidos de nitrógeno  $\text{NO}_x$  como el alto contenido en monóxido de carbono CO y/o en sustancias orgánicas gaseosas. Mediante la combustión del monóxido de carbono CO en los gases de combustión no es necesaria la incorporación de una capa adicional de un denominado catalizador de oxidación. Un catalizador de oxidación proporciona la oxidación del monóxido de carbono CO para dar dióxido de carbono  $\text{CO}_2$ . Estos catalizadores especiales son de costes extremadamente altos por el dopado por medio de metales nobles tales como por ejemplo platino, paladio y similares y también muy propensos a la contaminación por metales pesados.

La figura 3 muestra una forma de realización adicional del dispositivo de desnitrificación de acuerdo con la invención con un intercambiador de calor y catalizador combinados. En esta forma de realización, los gases de combustión A se conducen en dirección alternante a través de dos canales 14 con varios módulos de acumulador de calor consecutivos 15 y un espacio 16 dispuesto entre los mismos para la combustión regenerativa del monóxido de carbono CO y/o de las sustancias orgánicas gaseosas de los gases de combustión A. Mediante la dirección de flujo se extrae la energía calorífica de los gases de combustión A en los módulos de acumulador de calor 15, que es necesaria para llevar los gases de combustión A hasta la temperatura de reacción  $T_R$  de los catalizadores 6. A través de una conducción 17 puede suministrarse combustible, tal como por ejemplo gas natural. A través de correspondientes conducciones 18 o 18a, tras invertir el flujo, se añaden las sustancias necesarias para la reducción catalítica en los catalizadores 6, preferiblemente amoníaco. El control de la dirección de flujo alternante tiene lugar mediante dispositivos de control correspondientes (no representados). Los módulos de acumulador de calor 15 pueden estar formados por cuerpos cerámicos de panal de abeja. La variante de realización de acuerdo con la figura 3 requiere catalizadores 6 con un mayor intervalo de la temperatura de reacción  $T_R$ , dado que la temperatura no puede mantenerse constante a través de la dirección alternante de los gases de combustión A. Para ello no se necesita ningún intercambiador de calor 11 propio, sino que éste esté integrado por los módulos de acumulador de calor 15 en los canales 14. Mediante la eliminación de un intercambiador de calor 11 propio, también es menor el coste de aparatos.

30

**REIVINDICACIONES**

5 1. Procedimiento para la desnitrificación de monóxido de carbono (CO) y gases de combustión (A) que contienen sustancias orgánicas gaseosas, que se producen durante la producción de clínker de cemento, mediante reducción catalítica selectiva de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), donde los gases de combustión (A), antes de la reducción catalítica por intercambio de calor del calor residual recuperado de los gases de combustión desnitrificados (A), se calientan hasta una temperatura de reacción (T<sub>R</sub>) de 160 °C a 500 °C, **caracterizado por que** las pérdidas del desplazamiento del calor del intercambio de calor se compensan por combustión regenerativa del monóxido de carbono (CO) y de las sustancias orgánicas gaseosas en los gases de combustión (A), donde para iniciar la  
10 desnitrificación de los gases de combustión (A) se suministra energía calorífica externa, de modo que el suministro de energía calorífica externa solo es necesario al iniciar.

15 2. Procedimiento de acuerdo con una la reivindicación 1, **caracterizado por que** los gases de combustión (A) se desnitrifican hasta al menos el 60 %.

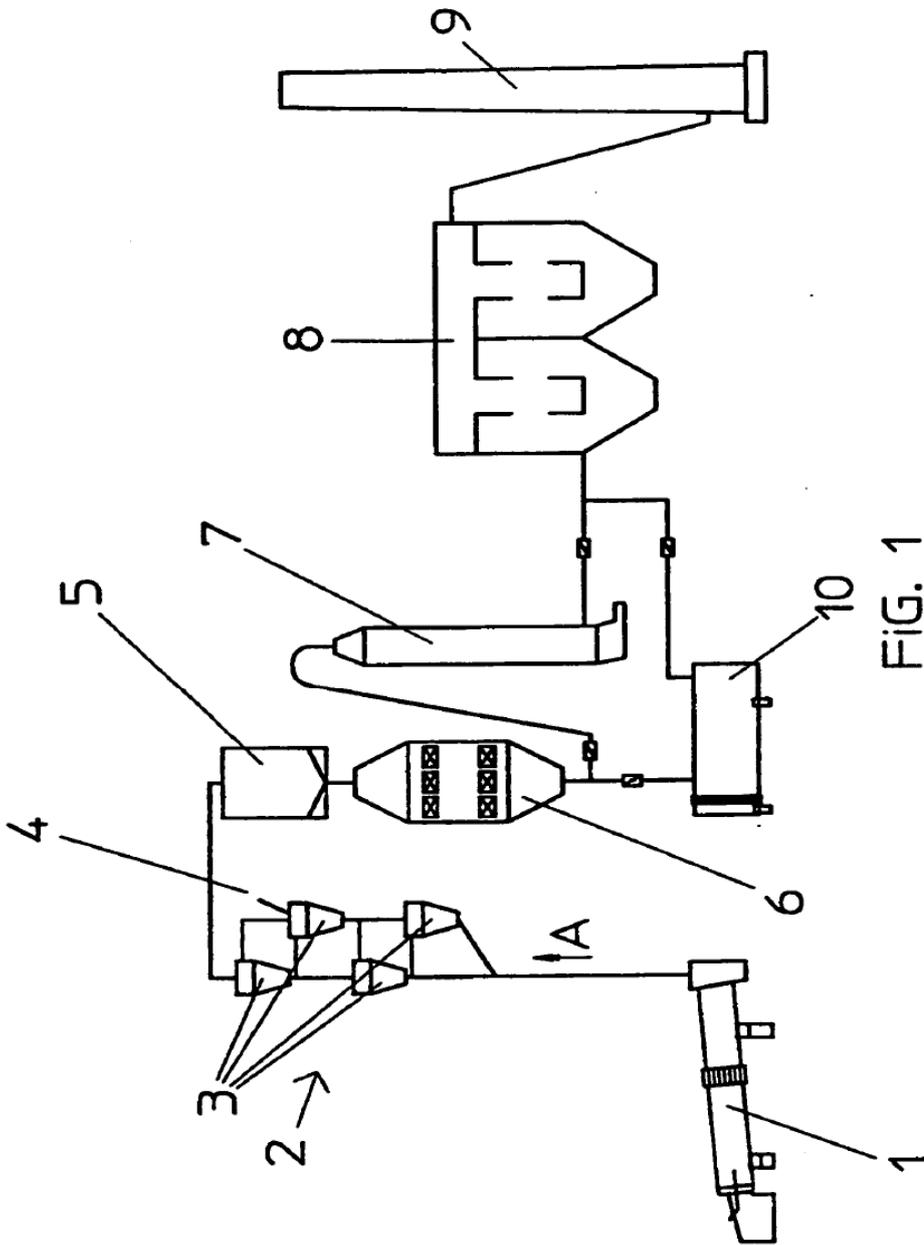


FIG. 1

(Estado de la técnica)

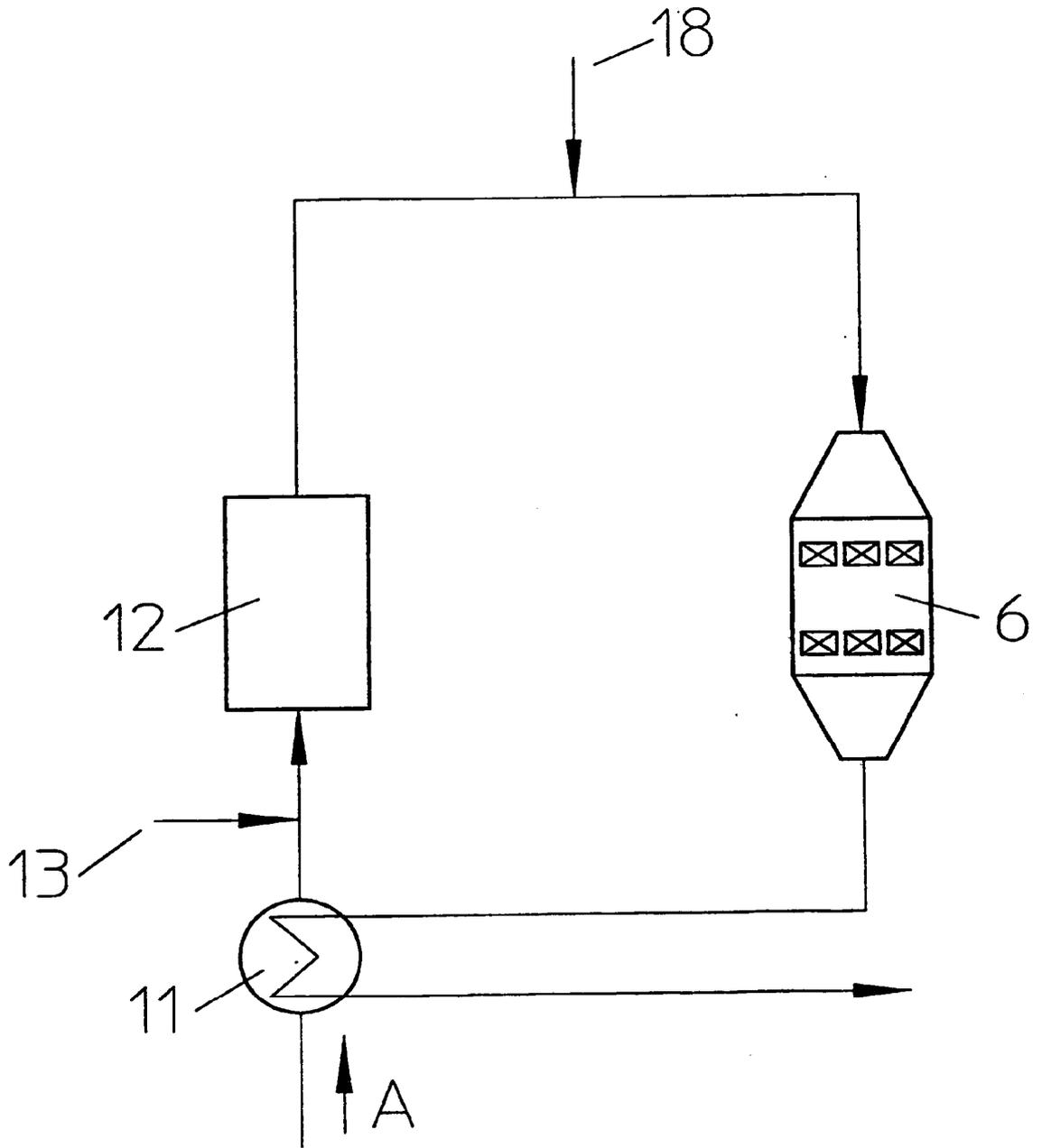


FIG. 2

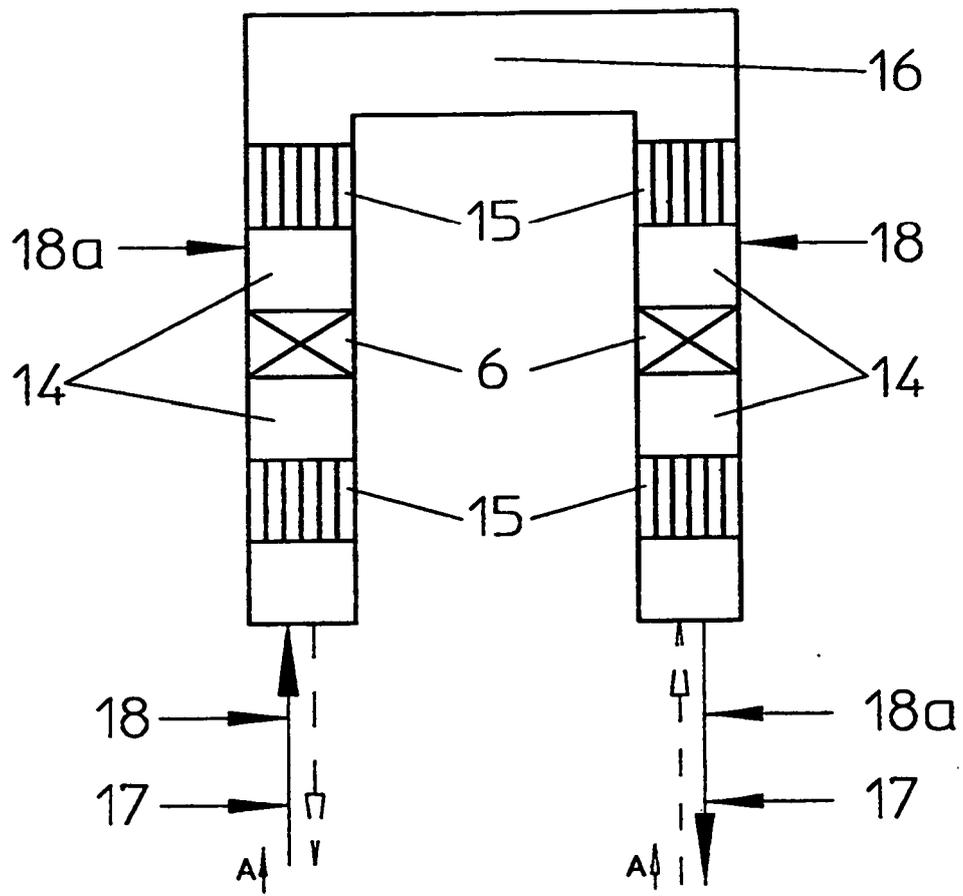


FIG. 3