

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 585 232**

51 Int. Cl.:

F23G 7/06 (2006.01)

F23N 5/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.09.2007 E 07017365 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.06.2016 EP 1906088**

54 Título: **Procedimiento para operar una planta de purificación térmico-regenerativa de aire de escape**

30 Prioridad:

12.09.2006 DE 102006042708

14.07.2007 DE 102007032952

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

04.10.2016

73 Titular/es:

KBA-METALPRINT GMBH (100.0%)

WERNERSTRASSE 119-129

70435 STUTTGART, DE

72 Inventor/es:

BARTH, FRANK y
HÄNEL, MATTHIAS

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 585 232 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 para operar una planta de purificación térmico-regenerativa de aire de escape

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para operar una planta de purificación térmico-regenerativa de aire de escape, en la que el aire de escape, contaminado con hidrocarburos volátiles, se conduce para el calentamiento a través de un intercambiador de calor, en particular un intercambiador de calor cerámico, y a continuación a través de una cámara de combustión provista de quemador.
- 10 Un procedimiento del tipo mencionado arriba es conocido. Éste sirve para eliminar los hidrocarburos del aire de escape mediante la oxidación total, de modo que el aire de escape contaminado, que representa un gas bruto, se puede descargar al medio ambiente como gas puro, o sea, sin sustancias contaminantes. El intercambiador de calor presenta en particular varios lechos que se operan de manera alterna en distintos modos operativos, específicamente el modo de gas bruto, el modo de gas puro y el modo de purga. En el modo de gas bruto, el aire de escape contaminado se conduce a través del lecho, habiéndose calentado previamente el lecho con el gas puro caliente, conducido a través del mismo. En el modo de gas puro, el gas puro caliente, que procede de la cámara de combustión, se conduce a través del lecho correspondiente, de modo que se calienta para poder realizar a continuación la oxidación de los hidrocarburos en el modo de gas bruto. Un lecho se opera en el modo de purga a fin de garantizar que durante el paso de un lecho del modo de gas bruto al modo de gas puro no llegue ningún gas bruto a la atmósfera, es decir, es necesario garantizar que en el lecho no haya gas bruto. A tal efecto, el gas puro, procedente de la cámara de combustión, se conduce a través del lecho a purgar y se vuelve a alimentar al flujo de gas bruto. Las explicaciones anteriores sobre el estado de la técnica son válidas asimismo para el tipo de actuación correspondiente en el caso del objeto del procedimiento según la invención, por lo que se remite a las mismas al explicarse la invención. Si se purifica aire de escape con cantidades relativamente altas de hidrocarburos volátiles, se podrá comprobar el hecho de que perfiles de temperatura no deseados se desplazan al interior del intercambiador de calor, o sea, a los lechos. Esta "sobretemperatura" en el intercambiador de calor (lecho) respecto a la cámara de combustión se origina debido a la energía de reacción liberada del gas bruto con una alta carga, que se encuentra aún en el lecho, o sea, no ha llegado aún a la cámara de combustión. Esto puede originar un gradiente de temperatura relativamente alto después de la entrada del aire de escape o antes de la salida del gas puro. Esto provoca que los lechos pasen, por ejemplo, de un modo autotérmico, en el que no es necesaria una energía de apoyo mediante el quemador de la cámara de combustión, a un modo autotérmico excesivo, es decir, la temperatura en los lechos se eleva, mientras que la temperatura en la cámara de combustión es relativamente baja. Puede ocurrir, por ejemplo, que en los lechos se generen temperaturas superiores a 1.000 °C, mientras que en la cámara de combustión imperan solo temperaturas de 800 °C. Las altas temperaturas en los lechos, en particular también los hot-spots (puntos calientes) en los lechos, pueden dañar la estructura del intercambiador de calor, en particular la cerámica del intercambiador de calor.

El documento US5364259A describe un procedimiento para operar un dispositivo de oxidación, en el que el gas bruto se conduce para el calentamiento a través de un intercambiador de calor y a continuación a través de una cámara de combustión provista de un quemador. En este dispositivo se supervisa la temperatura del catalizador.

La invención tiene el objetivo de crear un procedimiento para operar una planta de purificación térmico-regenerativa de aire de escape que evite un sobrecalentamiento de los lechos, así como una diferencia de temperatura demasiado grande, manteniéndose más bien la relación deseada entre la respectiva temperatura del lecho y la temperatura de la cámara de combustión.

Para conseguir este objetivo se ejecuta un procedimiento con las etapas siguientes:

- determinar la temperatura del intercambiador de calor en el intercambiador de calor,
- determinar la temperatura de la cámara de combustión en la cámara de combustión y
- ajustar el modo operativo del quemador en dependencia de la temperatura del intercambiador de calor y de la temperatura de la cámara de combustión,

caracterizado por que el quemador presenta los siguientes modos operativos de quemador:

- modo normal con exposición continua y estequiométrica a las llamas mediante suministro de combustible,
- modo de inyección con exposición alterna, no estequiométrica, a las llamas mediante el suministro temporal de combustible con aire, por una parte, y el suministro temporal solo de combustible, por la otra parte,
- modo autotérmico, sin exposición a las llamas, mediante la desconexión del suministro de combustible, manteniendo la planta de purificación de aire de escape una temperatura correspondientemente alta que sirve para purificar el aire de escape, produciéndose una oxidación total de hidrocarburos en un lecho correspondiente del intercambiador de calor, sin exposición de apoyo a las llamas del quemador, generándose calor mediante esta oxidación total, y
- conduciéndose gas bruto a través del lecho correspondiente.

65

Por consiguiente, el quemador de la cámara de combustión se opera en modos operativos diferentes, dependiendo el respectivo modo operativo tanto de la temperatura del intercambiador de calor como de la temperatura de la cámara de combustión. Por tanto, se determinan en primer lugar las temperaturas en el intercambiador de calor y en la cámara de combustión. Estas temperaturas representan el criterio de cómo se va a operar el quemador. Sobre la base de los distintos modos operativos del quemador se realiza un aporte de energía más o menos grande a la cámara de combustión, procediéndose de manera que no se produce un calentamiento demasiado fuerte del intercambiador de calor. En particular está prevista la etapa de procedimiento, en la que un intervalo de la temperatura de reacción dentro de la planta se ajusta en dependencia de la temperatura del intercambiador de calor (temperatura del lecho) y de la temperatura de la cámara de combustión.

Según la invención está previsto que el quemador se opere en los siguientes modos operativos de quemador:

- modo normal con exposición continua y estequiométrica a las llamas o
- modo de inyección con exposición alterna, no estequiométrica, a las llamas mediante el suministro temporal de combustible con aire, por una parte, y el suministro temporal solo de combustible, por la otra parte, o
- modo autotérmico, sin exposición a las llamas, mediante la desconexión del suministro de combustible.

En el modo autotérmico se produce una oxidación total de los hidrocarburos del aire de escape en el intercambiador de calor, sin necesidad de una exposición de apoyo a las llamas mediante el quemador. En el modo normal se alimenta una cantidad tal de combustible, en particular gas, al quemador que está presente un modo estequiométrico. Este modo se desarrolla continuamente, es decir, se realiza una exposición constante a las llamas. En el modo de inyección no se desarrolla un modo continuo que, por consiguiente, no es estequiométrico. De manera alterna se realiza una exposición a las llamas con combustible y aire, por una parte, y solo con combustible, por la otra parte. Es decir, se inyecta adicionalmente aire. Sin embargo, esto no tiene lugar de manera continua, sino alterna con un modo puro de gas.

Como ya se mencionó, resulta ventajoso utilizar gas como combustible para el quemador.

De acuerdo con un tipo de actuación está previsto preferentemente que el modo normal se desarrolle en un primer intervalo de temperatura de la temperatura del intercambiador de calor y en un primer intervalo de temperatura de la temperatura de la cámara de combustión, que el modo de inyección se desarrolle en un segundo intervalo de temperatura de la temperatura del intercambiador de calor y en un segundo intervalo de temperatura de la temperatura de la cámara de combustión, estando situados los segundos intervalos de temperatura preferentemente por encima de los primeros intervalos de temperatura, y que el modo autotérmico se desarrolle cuando estén presentes un tercer intervalo de temperatura de la temperatura del intercambiador de calor y un tercer intervalo de temperatura de la temperatura de la cámara de combustión, estando situados los terceros intervalos de temperatura preferentemente por encima de los segundos intervalos de temperatura.

En un tipo de actuación alternativa está previsto que el modo normal se desarrolle cuando la temperatura del intercambiador de calor y la temperatura de la cámara de combustión estén situadas dentro de intervalos de temperatura determinados o que el modo de inyección se desarrolle cuando la temperatura del intercambiador de calor y la temperatura de la cámara de combustión estén situadas en intervalos de temperatura correspondientemente diferentes o que el modo autotérmico se desarrolle cuando la temperatura del intercambiador de calor y la temperatura de la cámara de combustión estén situadas a su vez en intervalos de temperatura correspondientemente diferentes.

Está previsto preferentemente que en un cuarto intervalo de temperatura de la temperatura del intercambiador de calor y en un cuarto intervalo de temperatura de la cámara de combustión se desarrolle un modo autotérmico excesivo, estando situados los cuartos intervalos de temperatura por encima de los terceros intervalos de temperatura. En este caso está previsto en particular que en el modo autotérmico excesivo aumente la temperatura en el intercambiador de calor y/o en la cámara de combustión a pesar de la desconexión del quemador. Debido a la oxidación, en particular la oxidación total, de los hidrocarburos del aire de escape en el intercambiador de calor tiene lugar en el modo autotérmico excesivo, sin una exposición de apoyo a las llamas mediante el quemador, una generación de calor tan grande que se producen el otro aumento de temperatura mencionado o los otros aumentos de temperatura.

Está previsto preferentemente que en particular en el modo autotérmico excesivo, el aire de escape o una parte del mismo se expulse directamente de la cámara de combustión, en particular hacia afuera, para detener o reducir el aumento de temperatura en el intercambiador de calor y/o en la cámara de combustión, sin calentarse el intercambiador de calor o una zona/lecho del mismo con el aire de escape. Por consiguiente, el calor se evacua hacia afuera, o sea, a la atmósfera exterior, de modo que no permanece en la planta de purificación de aire de escape, lo que detiene o reduce el aumento de temperatura mencionado o los aumentos de temperatura mencionados. Por tanto, el calor evacuado ya no está disponible para el calentamiento ulterior del intercambiador de calor o de una zona/lecho del mismo y/o de la cámara de combustión. El aire de escape expulsado, que representa un gas puro, o sea, ya no está contaminado con hidrocarburos, pasa preferentemente de manera directa al exterior, o sea, ya no se utiliza para calentar una zona/lecho del intercambiador de calor, es decir, no se conduce de la

cámara de combustión a esta zona/este lecho, sino por delante del mismo directamente hacia el exterior (mediante derivación o cortocircuito). Si en un momento posterior, esta zona del intercambiador de calor o el lecho se utiliza para calentar el aire de escape no purificado aún antes de circular hacia el interior de la cámara de combustión, este aire de escape incide durante el recorrido a través de la zona/lecho sobre una sustancia de intercambiador de calor precalentada en menor medida. A partir de esto resulta evidente que, por lo general, todo el sistema se calienta menos.

Puede estar previsto preferentemente que el flujo volumétrico de aire de escape (gas puro) del aire de escape, que circula a través de la derivación/del cortocircuito mencionado, se pueda ajustar/regular mediante un dispositivo de ajuste/dispositivo de cierre. Por consiguiente, es posible ajustar/regular el calor evacuado directamente al exterior.

Está previsto en particular que el intercambiador de calor presente varios lechos, en particular tres lechos, que se operan de manera alterna en los modos operativos modo de gas bruto, modo de gas puro y modo de purga. Los distintos modos operativos se analizaron al inicio en relación con el estado de la técnica, lo que es válido también para el objeto de la invención. Es ventajoso también determinar la temperatura en cada uno de los lechos. A tal efecto, en los lechos se instalan dispositivos de registro de temperatura correspondientes.

Se procede preferentemente de manera que en dependencia de la respectiva temperatura de los lechos, los lechos se operan de una manera tan diferente que las diferencias de temperatura de los lechos se reducen lo más posible o se eliminan. La operación diferente se desarrolla en particular de tal manera que se aplican los diferentes modos operativos, o sea, para el modo de gas bruto, el modo de gas puro y/o el modo de purga se selecciona aquel lecho que está más caliente o más frío, por ejemplo, respecto a los demás lechos o al menos a un lecho, por lo que las temperaturas de los lechos se igualan entre sí con la mayor rapidez posible. Esto va a garantizar también un funcionamiento eficiente y duradero, sin daños.

La aplicación de los distintos modos operativos se lleva a cabo en particular para unificar la temperatura de los lechos, si la diferencia de temperatura entre uno y otro lecho es $>250\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Según una variante de la invención está previsto que la planta de purificación de aire de escape se opere en dependencia de una temperatura de reacción en un intervalo de temperatura predefinido. En este sentido resulta ventajoso en particular que para la temperatura de reacción se tenga en cuenta tanto la temperatura de la cámara de combustión como la temperatura del lecho. Por consiguiente, la operación no se desarrolla como hasta ahora teniendo en cuenta solo la temperatura de la cámara de combustión, sino teniendo en cuenta todas las temperaturas, es decir, no solo la temperatura de la cámara de combustión, sino también la temperatura del lecho. Por tanto, los requisitos para el ajuste de la planta de purificación de aire de escape ya no se determinan en dependencia de la temperatura de la cámara de combustión, como es usual en la actualidad, sino en dependencia de la temperatura de la cámara de combustión y de la temperatura del lecho. Si se trata de una planta de varios lechos, se puede utilizar la temperatura de un lecho o se pueden utilizar las temperaturas de varios lechos.

Es ventajoso también que los tiempos, en los que están presentes los modos operativos modo de gas bruto, modo de gas puro o modo de purga, sean tiempos de ciclo y que en particular en el modo autotérmico excesivo para detener o reducir el aumento de temperatura en el intercambiador de calor se prolongue el tiempo de ciclo del modo de gas puro, de manera que aumenta la temperatura del aire de escape evacuado hacia el medio ambiente/atmósfera exterior. Esta medida produce una reducción de la temperatura en todo el sistema, porque debido a la circulación más prolongada del gas puro, procedente de la cámara de combustión, a través de la zona correspondiente/a través del lecho correspondiente del intercambiador de calor, el calor se sigue conduciendo a través de la carga del intercambiador de calor, es decir, el aire de escape (gas puro), que sale de esta carga y se expulsa a la atmósfera exterior, va a presentar una temperatura de aire de escape más alta mientras más largo sea este tiempo de ciclo del modo de gas puro. El resultado es que una cantidad de calor correspondiente se expulsa a la atmósfera exterior, casi "se conduce hacia afuera a través de la chimenea". Si el tiempo de ciclo aumenta, por ejemplo, de tres minutos de modo de gas puro a cinco minutos de modo de gas puro, esto provoca la salida de calor mencionada del sistema, de manera que la planta de purificación de aire de escape se mantiene en general "fría", o sea, se impide o se reduce otro aumento de la temperatura.

La invención se explica por medio de las figuras que muestran:

Figura 1 una vista esquemática de una planta de purificación termo-regenerativa de aire de escape en un primer modo operativo;

Figura 2 la representación de la figura 1 en otro modo operativo;

Figura 3 un diagrama;

Figura 4 distintas imágenes de flujo; y

Figura 5 otro diagrama;

La figura 1 muestra una planta de purificación de aire de escape 1 que presenta un intercambiador de calor 2 en forma de tres lechos 3, 4, 5, provistos de cuerpos cerámicos en forma de panal de abeja. Para purificar el aire de escape K, que está contaminado con hidrocarburos volátiles y representa un gas bruto, o sea, para liberarlo de los hidrocarburos, éste se conduce a través de uno de los lechos 3 a 5, actualmente el lecho 4 en la figura 1. El lecho 4 se ha precalentado a una temperatura alta, por ejemplo, 800 °C. A continuación, el gas de escape K llega a una cámara de combustión 6 de la planta de purificación de aire de escape 1, estando dispuesto un quemador 7 con una llama 8 en la cámara de combustión 6. El quemador 7 genera una temperatura de apoyo. Mediante la sollicitación del aire de escape K con la temperatura imperante en el lecho 4 se oxidan los hidrocarburos, de manera que a partir del gas bruto se obtiene gas puro. Este gas puro, presente en la cámara de combustión, se conduce a continuación a través de lecho 5 para su calentamiento. El gas puro se descarga después al medio ambiente/atmósfera exterior según la flecha 9. Con flechas discontinuas se indica que en otro modo operativo es posible también conducir el gas puro tanto a través del lecho 5 como a través del lecho 3. Cuando transcurre un cierto tiempo, se realiza una adaptación, es decir, el aire de escape K no se conduce ahora a través del lecho 4, sino a través del lecho 3 o el lecho 5. Por consiguiente, el lecho 4 se utiliza entonces para conducir el gas puro a través del mismo para calentarlo nuevamente, porque ha cedido antes energía al gas bruto.

A fin de impedir que llegue gas bruto al gas puro durante un paso del modo de gas bruto de un lecho 3, 4, o 5 al modo de gas puro, se desarrolla un llamado modo de purga, según la figura 2. En este caso se conduce gas puro según la flecha 10 desde la cámara de combustión 6 a través de un lecho (por ejemplo, el lecho 3), que ha conducido antes gas puro, para purgar restos de gas puro que retroceden según la flecha 11 junto con el gas puro al flujo de aire de escape contaminado K, de manera que se crea un circuito que se mantiene hasta que el lecho 3 deja de presentar restos de gas bruto.

En particular en caso de una alta contaminación del aire de escape con hidrocarburos puede ocurrir que la temperatura de intercambiador de calor WTT, o sea, la temperatura en al menos un lecho 3 a 5 del intercambiador de calor 2, aumente fuertemente de manera inadmisibles, en particular a un valor mayor que la temperatura de cámara de combustión BKT en la cámara de combustión 6. En el transcurso de varios ciclos de purificación, el perfil de temperatura se puede seguir desplazando hacia el interior de los lechos 3 a 5, de manera que, por ejemplo, en los lechos o al menos en un lecho 3 a 5 o en una zona de un lecho 3 a 5 impera una temperatura de intercambiador de calor WTT de 1.000 °C, mientras que en la cámara de combustión hay una temperatura de cámara de combustión BKT de 800 °C. Las temperaturas demasiado altas en el intercambiador de calor 2 pueden destruir los componentes cerámicos.

Para impedirlo está previsto determinar la temperatura de intercambiador de calor WTT en el intercambiador de calor 2, en particular en los lechos individuales 3 a 5. En cada lecho 3 a 5 se determina preferentemente la respectiva temperatura de intercambiador de calor WTT. Además, en la cámara de combustión 6 se determina la temperatura de cámara de combustión BKT. La temperatura del intercambiador de calor y la temperatura de la cámara de combustión se determinan respectivamente mediante al menos un sensor de temperatura adecuado.

El quemador 7 se puede operar en diferentes modos operativos de quemador. En el modo normal del quemador 7, éste se opera con exposición continua y estequiométrica a las llamas mediante el suministro de un combustible, en particular gas. Es posible también un modo de inyección, en el que el quemador se opera de manera alterna con combustible y con combustible y aire. Es decir, se inyecta adicionalmente aire. El aire se puede inyectar con una lanza de quemador. Sin embargo, esto no se realiza continuamente, sino de manera alterna con el modo puro de combustible, utilizándose a su vez como combustible en particular gas. Por consiguiente, la combustión no tiene lugar de manera estequiométrica, sino de manera alterna, como ya se mencionó. Por último, es posible también un modo autotérmico de la planta de purificación de aire de escape 1, en el que se trabaja sin llamas, es decir, el quemador 7 no está funcionando. Se desconecta entonces el suministro de combustible. Sin embargo, la planta mantiene una temperatura correspondientemente alta que sirve para purificar el aire de escape al producirse una oxidación total de los hidrocarburos en el lecho correspondiente 3 a 5 del intercambiador de calor 2, sin la exposición de apoyo a las llamas del quemador 7, generándose calor mediante esta oxidación total.

Para operar ahora la planta de purificación de aire de escape 1 según la invención de manera que se evite un sobrecalentamiento de los lechos 3 a 5, el modo operativo del quemador se ajusta en dependencia de la temperatura de intercambiador de calor WTT y de la temperatura de cámara de combustión BKT, es decir, en dependencia de las temperaturas existentes, el quemador se opera en el modo normal, en el modo de inyección o en el modo autotérmico. El diagrama de la figura 3 explica en un primer tipo de actuación a qué temperatura y en qué modo operativo se opera el quemador 7.

De acuerdo con la figura 3 se procede según la invención de la siguiente manera: Un primer intervalo de temperatura de la temperatura de intercambiador de calor WTT y un primer intervalo de temperatura de la temperatura de cámara de combustión BKT se diferencian de un segundo intervalo de temperatura de la temperatura de intercambiador de calor WTT y de un segundo intervalo de temperatura de la temperatura de cámara de combustión BKT, así como un tercer intervalo de temperatura de la temperatura de intercambiador de calor WTT

y un tercer intervalo de temperatura de la temperatura de cámara de combustión BKT. El primer intervalo de temperatura de la temperatura de intercambiador de calor es de 750 °C a 800 °C. El primer intervalo de temperatura de la temperatura de cámara de combustión BKT es de 750 °C a 800 °C. El segundo intervalo de temperatura de la temperatura de intercambiador de calor WTT es de 800 °C a 820 °C. El segundo intervalo de temperatura de la temperatura de cámara de combustión es de 800 °C a 820 °C. El tercer intervalo de temperatura de la temperatura de intercambiador de calor WTT es de 820 °C a 850 °C y el tercer intervalo de temperatura de la temperatura de cámara de combustión BKT es de 820 °C a 850 °C. Si la temperatura de intercambiador de calor WTT y la temperatura de cámara de combustión BKT están situadas respectivamente en el primer intervalo de temperatura, se desarrolla el modo normal. Si la temperatura de intercambiador de calor WTT y la temperatura de cámara de combustión BKT están situadas dentro del respectivo segundo intervalo de temperatura, se desarrolla el modo de inyección del quemador 7. Si la temperatura de intercambiador de calor WTT y la temperatura de cámara de combustión BKT están situadas respectivamente dentro del tercer intervalo de temperatura, se desarrolla el modo de autotérmico, es decir, el quemador 7 se desconecta. Si el procedimiento para operar la planta de purificación térmico-regenerativa de aire de escape 1 se ejecuta según las regulaciones precedentes, se evita entonces un sobrecalentamiento de los lechos 3 a 5.

Según un segundo tipo de actuación alternativa de la operación, según la invención, de la planta de purificación térmico-regenerativa de aire de escape 1 está previsto que los distintos modos operativos del quemador se ejecuten en dependencia de valores umbrales de la temperatura de cámara de combustión BKT y de la temperatura de intercambiador de calor WTT y específicamente cuando se superen o no se alcancen estos valores umbrales. La figura 4 explica el tipo de actuación. En la misma se puede observar que, visto de izquierda a derecha, un modo autotérmico se desarrolla cuando la temperatura de cámara de combustión BKT es >750 °C y la temperatura de intercambiador de calor WTT es >820 °C. Este modo autotérmico se ejecuta también cuando la temperatura de cámara de combustión BKT es >820 °C y la temperatura de intercambiador de calor WTT es <750 °C. El modo autotérmico está identificado con el signo de referencia A.

El modo de inducción I se ejecuta cuando la temperatura de cámara de combustión BKT es >750 °C y la temperatura de intercambiador de calor WTT es >800 °C. El modo de inyección I se ejecuta también cuando la temperatura de cámara de combustión BKT es >800 °C y la temperatura de intercambiador de calor WTT es <750 °C.

El modo normal N se ejecuta cuando la temperatura de cámara de combustión BKT es <800 °C y la temperatura de intercambiador de calor WTT es >750 °C. El modo normal N se ejecuta también cuando la temperatura de cámara de combustión BKT es >650 °C y la temperatura de intercambiador de calor WTT es <750 °C.

De manera adicional o alternativa está previsto que en dependencia de la respectiva temperatura de los lechos 3 a 5, los lechos se operen de una manera tan diferente que las diferencias de temperatura de los lechos se reducen lo más posible o se eliminan. Se aspira entonces a que en los lechos 3 a 5 existan temperaturas aproximadamente iguales (dentro de determinados intervalos) y no diferencias muy grandes. A tal efecto, está previsto que los lechos no se operen según un ciclo fijo en relación con el modo de gas bruto, el modo de gas puro o el modo de purga, sino que el respectivo modo operativo modo de gas bruto, modo de gas puro y modo de purga se seleccione en dependencia de las diferencias de temperatura existentes entre los lechos 3 a 5. En los distintos modos operativos se introducen grandes cantidades diferentes de energía en los lechos 3 a 5, que provocan un calentamiento. Se procede entonces de manera que un lecho, relativamente caliente en comparación con los demás lechos, se opera en lo posible con un modo operativo que no produce otro calentamiento del lecho. En cambio, un lecho relativamente frío en comparación con los demás lechos se opera con un modo operativo que calienta lo más posible este lecho, igualándose así la temperatura a los demás lechos. Después de cierto tiempo se realiza siempre una adaptación para mantener la funcionalidad de la planta. Este tiempo también se puede variar a fin de provocar la igualación de temperatura mencionada.

La figura 5 muestra un diagrama, correspondiente a la figura 3, que además del modo normal, del modo de inducción y del modo autotérmico, que son modos operativos explicados por medio de la figura 3, presenta también un modo autotérmico excesivo. Un modo autotérmico excesivo está presente cuando debido a la oxidación, en particular la oxidación total, de los hidrocarburos del aire de escape en el intercambiador de calor se libera tanta cantidad de calor que se produce otro aumento de la temperatura en el intercambiador de calor y/o en la cámara de combustión 6, o sea, no hay un estado de equilibrio, sino un aumento de la temperatura en el sistema a pesar de la desconexión del quemador 7.

De manera adicional a la figura 3, a la que se remite el texto correspondiente, la figura 5 muestra un cuarto intervalo de temperatura de la temperatura de intercambiador de calor WTT y un cuarto intervalo de temperatura de la temperatura de cámara de combustión BKT. En la figura 5, el primer intervalo de temperatura de la temperatura de intercambiador de calor es de 750 °C a 800 °C. El primer intervalo de temperatura de la temperatura de cámara de combustión BKT es de 750 °C a 800 °C. El segundo intervalo de temperatura de la temperatura de intercambiador de calor WTT es de 800 °C a 820 °C. El segundo intervalo de temperatura de la temperatura de cámara de combustión es de 800 °C a 820 °C. El tercer intervalo de temperatura de la temperatura de intercambiador de calor WTT es de 820 °C a 840 °C y el tercer intervalo de temperatura de la temperatura de cámara de combustión BKT es

de 820 °C a 840 °C. El cuarto intervalo de temperatura de la temperatura de intercambiador de calor WTT es de 840 °C a 860 °C. El cuarto intervalo de temperatura de la temperatura de cámara de combustión BKT es de 840 °C a 860 °C. Si la temperatura de intercambiador de calor WTT y la temperatura de cámara de combustión BKT están situadas respectivamente en el primer intervalo de temperatura, se desarrolla el modo normal. Si la temperatura de intercambiador de calor WTT y la temperatura de cámara de combustión BKT están situadas dentro del respectivo segundo intervalo de temperatura, se desarrolla el modo de inyección del quemador 7. Si la temperatura de intercambiador de calor WTT y la temperatura de cámara de combustión BKT están situadas respectivamente dentro del tercer intervalo de temperatura, se desarrolla el modo autotérmico, es decir, el quemador 7 se desconecta. Si la temperatura de intercambiador de calor WTT y la temperatura de cámara de combustión BKT están situadas respectivamente en el cuarto intervalo de temperatura, se desarrolla un modo autotérmico excesivo, en el que la temperatura de la cámara de combustión 6 y/o del intercambiador de calor seguirían aumentando fuertemente, a pesar de estar desconectado el quemador 7, si no se toma al menos una de las medidas siguientes. La primera medida prevé evacuar calor a la atmósfera exterior al conducirse una parte del gas puro desde la cámara de combustión 6 directamente hacia afuera, o sea, ya no se utiliza con el fin de calentar el intercambiador de calor para un calentamiento posterior de aire de escape no purificado aún. A tal efecto, está previsto una derivación/un cortocircuito no representado, es decir, una parte del gas puro no se conduce de la cámara de combustión 6, según la figura 1, por el lecho 5 y/o el lecho 3, sino directamente hacia el medio ambiente/la atmósfera exterior (flecha 9, figura 1). El gas puro restante de la cámara de combustión se utiliza, como es usual, para calentar el lecho 3 y/o el lecho 5. De manera adicional o alternativa es posible que para evitar otro aumento de temperatura o para reducir un aumento de temperatura se prolongue el tiempo de ciclo, mientras que el gas puro de la cámara de combustión 6 circula (actualmente) a través del lecho 3 o 5, por lo que el lecho 3 o 5 se calienta de manera correspondiente en un recorrido mayor, visto a su altura de carga, es decir, las temperaturas se siguen desplazando según la figura 1 de arriba hacia abajo a través del lecho, de modo que el aire de escape purificado, que abandona el respectivo lecho 3 o 5, sale en general por abajo con una temperatura mayor y, por consiguiente, el aire de escape se expulsa con una temperatura mayor a la atmósfera exterior según la figura 9. De esta manera se elimina energía térmica del sistema, lo que permite evitar en general un sobrecalentamiento.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para operar una planta de purificación térmico-regenerativa de aire de escape, en la que el aire de escape, contaminado con hidrocarburos volátiles, se conduce para el calentamiento a través de un intercambiador de calor y a continuación a través de una cámara de combustión provista de quemador, con las etapas siguientes:
- determinar la temperatura del intercambiador de calor en el intercambiador de calor,
 - determinar la temperatura de la cámara de combustión en la cámara de combustión y
 - ajustar el modo operativo del quemador en dependencia de la temperatura del intercambiador de calor y de la temperatura de la cámara de combustión,
- caracterizado por que** el quemador presenta los siguientes modos operativos de quemador:
- modo normal con exposición continua y estequiométrica a las llamas mediante suministro de combustible,
 - modo de inyección con exposición alterna, no estequiométrica, a las llamas mediante el suministro temporal de combustible con aire, por una parte, y el suministro temporal solo de combustible, por otra parte y
 - modo autotérmico, sin exposición a las llamas, mediante la desconexión del suministro de combustible, manteniendo la planta de purificación de aire de escape una temperatura correspondientemente alta que sirve para purificar el aire de escape, produciéndose una oxidación total de hidrocarburos en un lecho correspondiente del intercambiador de calor, sin exposición de apoyo a las llamas del quemador, generándose calor mediante esta oxidación total y
 - conduciéndose gas bruto a través del lecho correspondiente.
2. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** se usa gas como combustible del quemador.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el modo normal se desarrolla en un primer intervalo de temperatura de la temperatura del intercambiador de calor y en un primer intervalo de temperatura de la temperatura de la cámara de combustión.
4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el modo de inyección se desarrolla en un segundo intervalo de temperatura de la temperatura del intercambiador de calor y en un segundo intervalo de temperatura de la temperatura de la cámara de combustión, estando situados los segundos intervalos de temperatura por encima de los primeros intervalos de temperatura.
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado por que** el modo autotérmico se desarrolla en un tercer intervalo de temperatura de la temperatura del intercambiador de calor y en un tercer intervalo de temperatura de la temperatura de la cámara de combustión, estando situados los terceros intervalos de temperatura por encima de los segundos intervalos de temperatura.
6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** el primer intervalo de temperatura de la temperatura del intercambiador de calor es aproximadamente de 750 °C a 800 °C.
7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** el primer intervalo de temperatura de la temperatura de la cámara de combustión es aproximadamente de 750 °C a 800 °C.
8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado por que** el segundo intervalo de temperatura de la temperatura del intercambiador de calor es aproximadamente de 800 °C a 820 °C.
9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado por que** el segundo intervalo de temperatura de la temperatura de la cámara de combustión es aproximadamente de 800 °C a 820 °C.
10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado por que** el tercer intervalo de temperatura de la temperatura del intercambiador de calor es aproximadamente de 820 °C a 850 °C.
11. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado por que** el tercer intervalo de temperatura de la temperatura de la cámara de combustión es aproximadamente de 820 °C a 850 °C.
12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el modo normal se desarrolla cuando la temperatura del intercambiador de calor es <750 °C y la temperatura de la cámara de combustión es >650 °C o cuando la temperatura del intercambiador de calor es >750 °C y la temperatura de la cámara de combustión es <800 °C.
13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el modo de inyección se desarrolla cuando la temperatura del intercambiador de calor es <750 °C y la temperatura de la cámara de combustión es >800 °C o cuando la temperatura del intercambiador de calor es >800 °C y la temperatura de la cámara de combustión es

>750 °C.

- 5 14. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el modo autotérmico se desarrolla cuando la temperatura del intercambiador de calor es <750 °C y la temperatura de la cámara de combustión es >820 °C o cuando la temperatura del intercambiador de calor es >820 °C y la temperatura de la cámara de combustión es >750 °C.
- 10 15. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado por que** el modo autotérmico excesivo se desarrolla en un cuarto intervalo de temperatura de la temperatura del intercambiador de calor y en un cuarto intervalo de temperatura de la temperatura de la cámara de combustión, estando situados los cuartos intervalos de temperatura por encima de los terceros intervalos de temperatura.
- 15 16. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 15, **caracterizado por que** en el modo autotérmico excesivo aumenta la temperatura en el intercambiador de calor y/o en la cámara de combustión a pesar de la desconexión del quemador, si no se toman medidas en sentido contrario.
- 20 17. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 15, **caracterizado por que** en el modo autotérmico excesivo, el aire de escape o una parte del mismo se evacua directamente de la cámara de combustión para detener o reducir el aumento de temperatura en el intercambiador de calor y/o en la cámara de combustión, sin calentarse el intercambiador de calor o una zona/lecho del mismo con este aire de escape/esta parte de aire de escape.
- 25 18. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 17, **caracterizado por que** la evacuación se realiza mediante una derivación que conduce de la cámara de combustión al medio ambiente/atmósfera exterior.
- 30 19. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 18, **caracterizado por que** el flujo volumétrico de escape del aire de escape que circula a través de la derivación se puede ajustar/regular mediante un dispositivo de ajuste/dispositivo de cierre.
- 35 20. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el intercambiador de calor presenta varios lechos que se operan de manera alterna en los modos operativos modo de gas bruto, modo de gas puro y modo de purga.
- 40 21. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 20, **caracterizado por que** se determina la temperatura de lecho en cada uno de los lechos.
- 45 22. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 21, **caracterizado por que** en dependencia de la respectiva temperatura de los lechos, los lechos se operan de una manera tan diferente que las diferencias de temperatura de los lechos se reducen lo más posible o se convierten en cero.
- 50 23. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 22, **caracterizado por que** la operación diferente se realiza mediante la aplicación de los diferentes modos operativos.
- 55 24. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la planta de purificación de aire de escape se opera en dependencia de una temperatura de reacción en un intervalo de temperatura predefinido.
25. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 24, **caracterizado por que** para la temperatura de reacción se tiene en cuenta tanto la temperatura de la cámara de combustión como la temperatura del lecho.
26. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 20, **caracterizado por que** los tiempos en los que están presentes los modos operativos modo de gas bruto, modo de gas puro o modo de purga son tiempos de ciclo.
27. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 26, **caracterizado por que** en el modo autotérmico excesivo se prolonga el tiempo de ciclo del modo de gas puro para detener o reducir el aumento de temperatura en el intercambiador de calor y/o en la cámara de combustión, de manera que aumenta la temperatura del aire de escape evacuado al medio ambiente/atmósfera exterior.

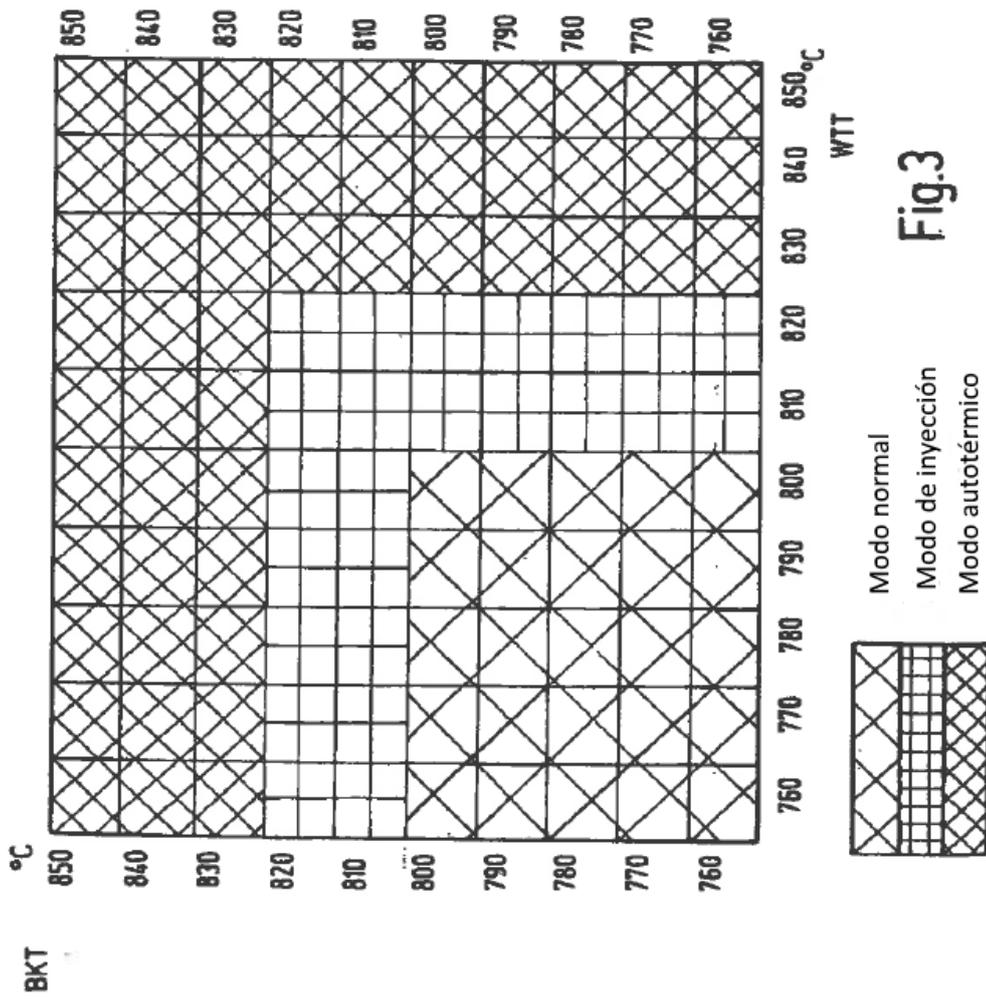


Fig.3

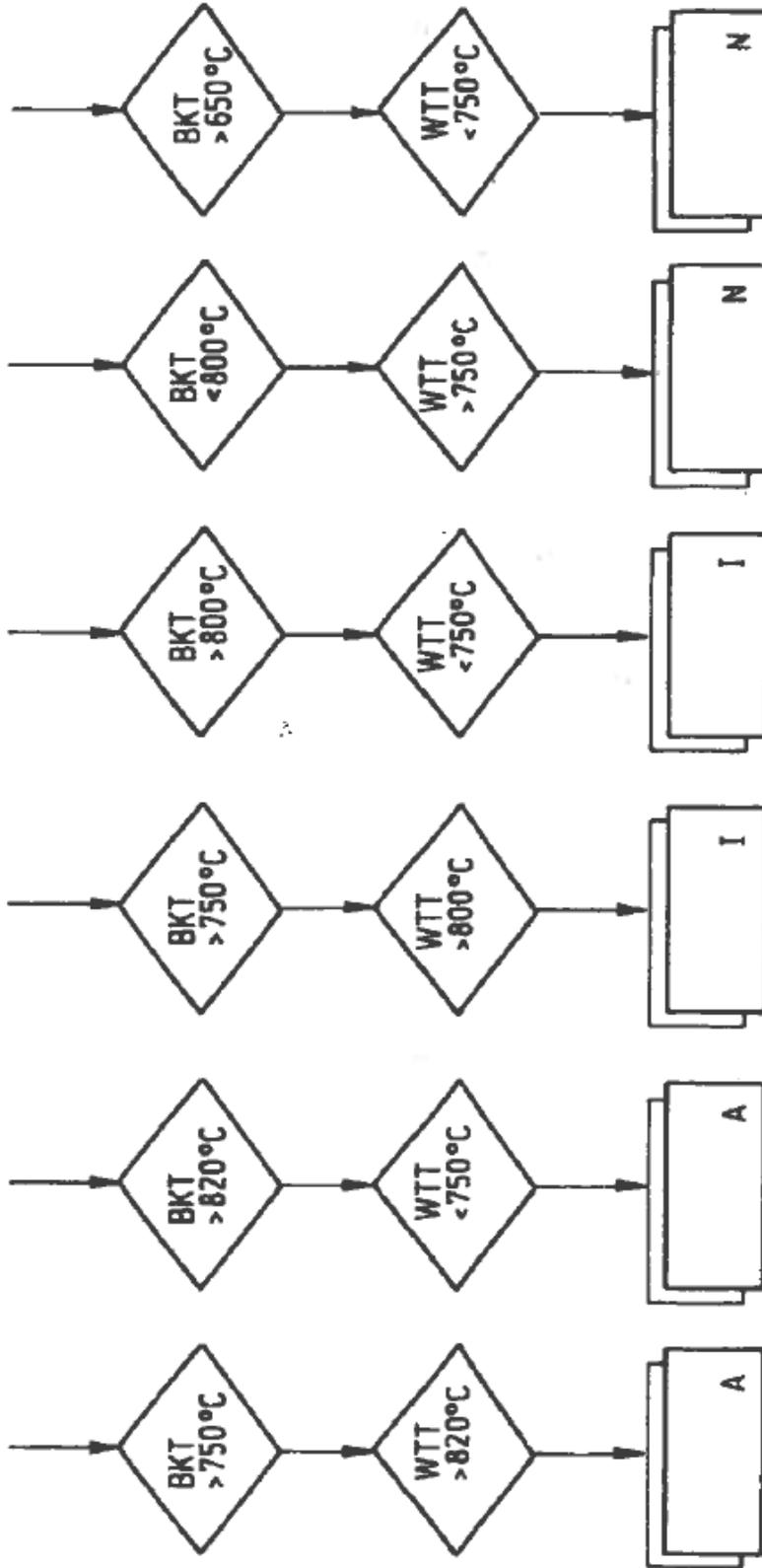


Fig.4

