



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 364 246**

51 Int. Cl.:
F23L 15/02 (2006.01)
F28D 19/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04008219 .0**
96 Fecha de presentación : **05.04.2004**
97 Número de publicación de la solicitud: **1584869**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **12.10.2005**

54 Título: **Regenerador giratorio.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
29.08.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
29.08.2011

73 Titular/es: **BALCKE-DÜRR GmbH**
Niederlassung Rothemühle, Wildenburger Strasse
1
57482 Wenden, DE

72 Inventor/es: **Flender, Manfred**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 364 246 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

La invención se refiere a un regenerador giratorio conforme al preámbulo de la reivindicación 1, que se hace funcionar en coordinación con un quemador.

5 Los dispositivos de este tipo se utilizan para asegurarse recursos minimizando el consumo de combustible y para reducir el CO₂, entre otros en el sector de las combustiones de proceso a alta temperatura de las industrias del hierro, acero, metal NE y de la cerámica. Con ello se extrae mediante un intercambiador de calor, del gas de escape de la combustión de proceso a alta temperatura, una cantidad de calor contenida en la misma y se usa para precalentar el aire que se alimenta a la combustión. Este aire alimentado al fuego recibe también el nombre de aire de combustión. El calor del aire de combustión aumentado por medio de esto sustituye a partes de la energía contenida en el combustible, con lo que se reduce la cantidad de combustible necesaria para la combustión. Esto aumenta el grado de eficacia de una combustión notablemente, ya que una pérdida habitual de gas de escape en hornos industriales de hierro y acero es de aproximadamente el 70%. A la vista de los costes de energía claramente en aumento existe por ello una necesidad cada vez mayor de procesos de combustión optimizados en cuanto a técnica térmica y unos dispositivos adecuados para ello.

15 Para recuperar calor se dispone básicamente de sistemas de intercambiador de calor recuperativos o regenerativos. En los intercambiadores de calor recuperativos se aplica la corriente de gas de escape caliente directamente a la corriente de aire de entrada fría y el calor se transmite directamente a través de la pared de separación. En los regeneradores se transmite el calor con ayuda de un medio intermedio de acumulación de calor.

20 Han demostrado ser especialmente ventajosos para combustiones industriales los regeneradores giratorios, en los que por un lado se insufla gas de escape caliente y por otro lado aire de combustión frío en un rotor que gira lentamente. El gas de escape caliente fluye a través del rotor y calienta unos radiadores dispuestos dentro del mismo, que acumulan el calor. Mediante el giro del rotor llegan los radiadores calentados hasta la corriente de aire de combustión fría y calientan después el aire de combustión frío que fluye allí a lo largo.

25 Debido a que el gas de escape y el aire de combustión no deben mezclarse, es especialmente importante en los regeneradores giratorios la separación fiable entre la corriente de gas de escape y la corriente de aire de combustión. Normalmente esto se realiza por medio de que el rotor o su carcasa de rotor se divide en un gran número de cámaras de flujo mediante paredes de sector estancas a los gases, que discurren radialmente desde el eje de giro del rotor hacia fuera. A través de las diferentes cámaras puede fluir después, separado uno del otro, simultáneamente gas de escape o aire de combustión.

30 Normalmente una corriente de gas de escape y la corriente de aire de combustión son guiadas, en sentidos mutuamente contrapuestos, de tal forma que fluyen a través del rotor. De este modo, en el lado en el que se introduce el gas de escape en el rotor también se extrae del rotor el aire de combustión caliente. Aquí se habla del lado caliente del rotor. Enfrente del mismo se descarga por soplado el gas de escape enfriado y se insufla el aire de combustión todavía frío. Este es el llamado lado frío del rotor.

35 Las rendijas entre la carcasa de rotor que gira y los conductos de aire o gas adyacentes se obturan habitualmente mediante un sistema obturador de cerramiento comprensivo. En el caso de esta junta de cerramiento, el rotor se inserta en una carcasa de regenerador fija y que los circunda de forma estanca a los gases. La carcasa de regenerador presenta en el lado caliente una entrada de gas y una salida de gas. En el lado frío de la carcasa de regenerador están dispuestas de forma correspondiente una salida de aire y una entrada de aire. El gas de escape fluye por lo tanto a través de una región de gas de escape, que se extiende desde el lado caliente al frío del regenerador, mientras que el aire de combustión fluye a través de una región de aire de combustión que se extiende desde el lado frío al caliente.

45 La separación entre la región de gas de escape y la región de aire de combustión se realiza mediante dos piezas constructivas de separación que se extienden en cada caso hasta el rotor. Las piezas constructivas de separación se extienden en cada caso de tal modo a lo largo del rotor, que se cubren las paredes de sector del rotor adyacentes a las mismas. Enfrente de las paredes de sector del rotor se obturan la región de gas de escape y la región de aire de combustión de la carcasa de regenerador mediante la junta de cerramiento, que se extiende en el plano de las piezas constructivas de separación.

50 La junta de cerramiento comprende una banda de junta cerrada, que está dispuesta en un plano que discurre en paralelo al eje de giro del rotor y está aplicada a la carcasa de regenerador. La banda de junta se compone por ello de al menos dos líneas de junta axiales y dos radiales, que en cada caso son presionadas desde fuera sobre el rotor. Con ello las líneas de junta axiales discurren en paralelo a la carcasa de rotor y las líneas de junta radiales a lo largo de los dos lados frontales del rotor. En el caso de un rotor que gira alrededor de un eje de giro vertical los segmentos de junta radial están dispuestos por lo tanto casi horizontalmente y superpuestos y las juntas axiales en dirección vertical y mutuamente en paralelo, en donde las juntas axiales unen entre sí las juntas radiales. En una vista lateral, un sistema de junta de este tipo tiene el aspecto de un rectángulo que separa entre sí los dos segmentos de gas de escape, junto con las paredes de sector del rotor. Para las juntas se utilizan en el estado de la técnica bandas de junta estrechas lineales de cerámica o metal.

Ahora es problemático que un rotor, a causa de las diferentes temperaturas en su interior, se dilate de forma diferente y su lado caliente se abombe convexamente hacia fuera. Debido a que la carcasa de regenerador que circunda el rotor normalmente no sufre aproximadamente unas deformaciones por temperatura tan intensas, es necesario adaptar los segmentos de junta axiales y radiales de la junta de cerramiento con respecto a al rotor deformado. Esto se produce en el estado de la técnica mediante presión hidráulica de las juntas axiales y radiales sobre el rotor, lo que sin embargo es muy complicado y propenso a las averías. A menudo no se consigue ningún resultado de obturación satisfactorio y el grado de eficacia de estos regeneradores giratorios se resiente de la obturación imprecisa.

Como alternativa ya se han presentado regeneradores giratorios, en los que el rotor se configura a modo de cubeta con una base perforada y una tapa perforada y en el que puede prescindirse de un encapsulado lateral del rotor. En lugar de la carcasa de regenerador uniforme aparecen dos campanas fijas, entre las que gira el rotor. Para una mayor sencillez la campana en el lado caliente del rotor recibe el nombre de campana caliente y la del lado frío campana fría. De forma correspondiente la campana caliente presenta una entrada de gas y una salida de aire, que están separadas por una primera pieza constructiva de separación, y la campana fría tiene una salida de gas y una entrada de aire que están separadas entre sí por una segunda pieza constructiva de separación.

En estos rotores la obturación corre a cargo de la base de cubeta y de la tapa de cubeta del rotor, que son presionadas directamente sobre la campana fría o la campana caliente con los segmentos de junta radial situados entremedio, en donde entre la campana respectiva y el rotor está dispuesta en cada caso una junta. Este sistema de obturación ya no comprende por lo tanto el rotor desde fuera. Más bien la junta está desmontada en dos partes y se compone de un rotor de tipo cubeta con tapa y dos planos de junta, separados entre sí, en los lados frontales del rotor. Sin embargo, esta solución tiene el inconveniente de la estructura de tapa de estos rotores, que tiene una gran superficie y con frecuencia perturba el flujo de aire o gas.

Otro problema de los regeneradores giratorios conocidos radica en los cuerpos calefactores que se usan en los rotores. Habitualmente se trata aquí de placas metálicas planas con perfil de sección transversal ondulado, que forman canales de aire apilados unos juntos a otros entre las placas. Estas placas se introducen habitualmente en varias capas en armaduras y se montan en las armaduras, a modo de paquetes, entre las paredes de sector de los rotores. Para protegerse contra corrientes de gas de escape agresivas o suciedades a causa de las partículas de hollín contenidas en las mismas, las placas metálicas están esmaltadas. Estas placas metálicas esmaltadas, sin embargo, sólo pueden someterse a unas temperaturas de gas de escape limitadas. En especial para mejorar el grado de eficacia de la combustión de proceso a alta temperatura es deseable, sin embargo, usar un regenerador también a temperaturas especialmente altas de 1.400 °C y superiores.

En los últimos tiempos se han presentado también rotores en los que, como sustituto de los cuerpos calefactores metálicos, se vierten esferas cerámicas o cuerpos esponjosos sueltos en los sectores divididos. Las esferas cerámicas tienen la ventaja de que son bastante más resistentes al calor e insensibles a la influencia de los gases de combustión que los cuerpos calefactores metálicos esmaltados. Sin embargo, al propio tiempo estos rotores tienen una mayor resistencia en cuanto a técnica de fluencia y un gran tamaño constructivo.

Un regenerador giratorio de la clase citada al comienzo se describe en el documento US 4,627,485 A. Se conocen otros dispositivos del género expuesto, que provocan una refrigeración de otras partes del regenerador como por ejemplo de los elementos obturadores axiales, de la campana caliente o partes soporte, del documento GB 960 821 A, GB 798 108 A o GB 917 307 A. El inconveniente de todos los regeneradores antes citados es la obturación complicada o insuficiente del rotor y los tamaños constructivos relativamente grandes, con una resistencia térmica en general limitada.

La invención se ha impuesto por ello la misión de indicar un regenerador giratorio que garantice una mejor obturación del rotor, sea bastante más pequeño, pueda usarse también a temperaturas claramente mayores del gas de escape superiores a 1.400 °C y en total pueda producirse de forma más económica.

La solución de esta misión se logra con el regenerador giratorio conforme a la reivindicación 1. En las reivindicaciones subordinadas se indican perfeccionamientos ventajosos.

El regenerador giratorio conforme a la invención presenta como rotor un intercambiador de calor que puede girar entre una campana caliente fija y una campana fría fija, con una carcasa de rotor en la que están dispuestos cuerpos calefactores que acumulan calor. El rotor no se encapsula por lo tanto en una carcasa de regenerador y como consecuencia tampoco es obturado por una junta de cerramiento.

Como ya se ha citado, por campana caliente o campana fría deben entenderse aquí los dispositivos de entrada o salida fijos, situados en el lado caliente del intercambiador de calor, para la corriente de gas de escape a conducir a través y la corriente de aire de entrada a conducir hasta el fuego o quemador. Según esto la campana caliente presenta una entrada de gas y una salida de aire, que están separadas entre sí mediante una primera pieza constructiva de separación. Expresado de otra manera, en la campana caliente se introduce la corriente de gas caliente y se orienta hacia el rotor.

La campana fría se corresponde fundamentalmente con la campana caliente sólo en que está dispuesta en el lado frío del regenerador giratorio y de forma correspondiente presenta una salida de gas y una entrada de aire, que están separadas entre sí mediante una segunda pieza constructiva de separación. A través de la campana se desvían por lo tanto los gases de escape enfriados hacia fuera del rotor y, al mismo tiempo, se dirige al rotor para su calentamiento el aire fresco o aire de combustión todavía frío.

Aparte de esto, en el regenerador giratorio conforme a la invención están dispuestas entre la campana caliente y el rotor una junta caliente y entre la campana fría y el rotor una junta fría, en cada caso en el lado vuelto hacia el rotor de la campana caliente o de la campana fría. Por ello se obturan solamente los lados frontales del rotor, en donde los términos junta caliente y junta fría quieren aclarar en dónde se encuentra la junta respectiva, es decir, en el lado caliente o frío del rotor.

El regenerador giratorio conforme a la invención se diferencia ahora de los regeneradores giratorios conocidos en que tanto la junta caliente como la junta fría es un anillo de junta macizo, correspondiente a una pared exterior tubular de la carcasa de rotor, para la obturación periférica del rotor con un segmento de junta interior que hace contacto con la respectiva pieza constructiva de separación para la obturación radial del rotor, en donde el segmento de junta interior del anillo de junta presenta de forma preferida la anchura de la respectiva pieza constructiva de separación y la junta caliente dispone de una refrigeración. Además de esto están previstos en la carcasa de rotor cuerpos calefactores capilares cerámicos y cuerpos calefactores superficiales metálicos, de los que los cuerpos calefactores superficiales metálicos están dispuestos de forma preferida en el lado del rotor vuelto hacia la campana fría.

Conforme a la invención ya no se utiliza por lo tanto ningún rotor en forma de cubeta sino uno tubular, en donde mediante la configuración tubular de la pared exterior de la carcasa de rotor giratoria se obtiene un comportamiento de corriente de ataque muy favorable en cuanto a técnica de flujo. Esto reduce la necesidad de energía para alimentar las corrientes de aire o gas de escape. Junto con los planos de junta en el lado frío y en el caliente del rotor, que discurren casi ortogonalmente respecto al eje de rotación del rotor, se obtiene una carcasa de rotor que debe obturarse especialmente bien, ya que las superficies anulares de la carcasa de rotor se deforman con menor intensidad que p.ej. una tapa de junta continua dispuesta en el lado frontal frío o caliente del rotor. Mediante las superficies frontales anulares se reduce la resistencia de rozamiento entre las juntas y el rotor. Al mismo tiempo puede prescindirse de un encapsulado completo del rotor con obturación axial paralela a la pared exterior de carcasa.

La obturación radial del rotor, es decir la separación entre gas de escape y el aire de combustión, se realiza a través de los segmentos de junta interior dispuestos sobre las piezas constructivas de separación y que se extienden por todo el diámetro del rotor. Estos actúan conjuntamente con los cuerpos calefactores capilares y/o con las paredes de sector dispuestas dado el caso que dividen el rotor en sectores de flujo, por medio de que limitan directamente con las paredes de los cuerpos calefactores o las paredes de sector del rotor.

Con ayuda de la refrigeración se adapta la junta caliente, que sufre una elevada carga en especial a causa de las elevadas temperaturas, en su comportamiento térmico al del rotor. De este modo se reducen las tensiones térmicas en la junta maciza y con ayuda de la refrigeración pueden generarse exactamente las temperaturas o dilataciones en la junta, que también están presentes en el rotor. De este modo puede reducirse efectivamente la rendija de junta entre campana caliente, de forma sencilla y sin una gran complejidad mecánica, y al mismo tiempo mejorarse la acción obturadora de la junta.

Por último, mediante la combinación entre superficies calefactores cerámicas y metálicas se materializa con relación a un cuerpo calefactor compuesto solamente de elementos acumuladores cerámicos una reducción de un 20% en tamaño constructivo, con la misma potencia del intercambiador de calor. Esto aumenta en especial el campo aplicativo del regenerador giratorio.

Con ello por cuerpos calefactores superficiales metálicos deben entenderse los haces de placas descritos anteriormente, conocidos en general y compuestos por placas metálicas planas y onduladas. Los cuerpos calefactores capilares cerámicos destacan porque son cuerpos cerámicos, que son atravesados por un gran número de pequeños tubitos paralelos pasantes. Los capilares de los cuerpos calefactores capilares están formados por las paredes, las cuales en sí mismas son a su vez estancas a los gases. Mediante la utilización de cuerpos calefactores capilares dirigidos en la dirección de fluencia, colocados unos junto a otros, puede prescindirse de un gran número de paredes radiales para obtener los dos flujos en la carcasa de rotor, ya que los cuerpos calefactores capilares impiden por sí mismos que se mezcle el gas de escape con el aire de combustión. De este modo ya no es necesario, por ejemplo, que al menos dos paredes de sector del rotor hagan contacto con una pieza constructiva de separación para conseguir una obturación segura, sino que en el regenerador giratorio conforme a la invención ya no hace falta que ninguna pared de sector haga contacto con las piezas constructivas de separación.

La combinación conforme a la invención entre superficies calefactoras metálicas y cerámicas produce por lo tanto un ahorro de costes, ya que se utilizan menos y menores piezas de carcasa y el rotor es en total más ligero, con la misma acción obturadora. Esto conduce también a ahorros en la potencia de accionamiento, que a su vez aumentan todavía más el grado de eficacia del regenerador giratorio.

En un perfeccionamiento preferido del regenerador giratorio, la relación superficial entre las superficies calefactoras metálicas y cerámicas es de entre un tercio y un cuarto. Los ensayos han mostrado que aquí existe una mezcla óptima entre cuerpos calefactores capilares cerámicos y cuerpos calefactores superficiales metálicos, ya que de este modo se dispone de una relación ideal entre las superficies calefactoras cerámicas con una superficie relativamente grande y las superficies calefactoras metálicas que necesitan menos espacio. Además de esto, esta relación tiene en cuenta las caídas de temperatura entre el lado caliente y el frío del rotor que son de esperar para el uso en hornos industriales.

De forma especialmente efectiva se utiliza para refrigerar la junta caliente una refrigeración por fluido. Como fluidos entran con ello en cuestión aire, agua o refrigerantes adecuados similares, en donde de forma preferida la junta caliente tiene en su lado exterior un canal de refrigeración que la circunda para la refrigeración por aire.

Para que las faltas de estanqueidad que pudieran surgir en la junta caliente no dañen ulteriormente la junta o el regenerador giratorio, es conveniente que el canal de refrigeración presente salidas de aire de bloqueo distribuidas periféricamente y dirigidas en la dirección del rotor, para formar una cortina de aire que circunda exteriormente una rendija de junta caliente. Con una rendija de junta caliente se quiere decir, con relación a esto, una rendija entre la junta caliente y el rotor o una rendija en la propia junta. La cortina de aire es responsable de que los gases calientes que pudieran salir a través de esta rendija se mezclen con el aire de refrigeración y no conduzcan a daños adicionales a la junta o al entorno. Esto prolonga la vida útil y aumenta de nuevo la estanqueidad de la junta caliente. Los daños pueden producirse por ejemplo a causa de fluya gas caliente o aire de combustión a lo largo de la junta. Aparte de esto por medio de ello se refrigera también la carcasa de rotor y se reduce todavía más su carga térmica.

Para reducir las cargas térmicas y las dilataciones con ello inherentes de la campana caliente, la primera pieza constructiva de separación presenta en un perfeccionamiento preferido una refrigeración de pieza constructiva de separación, que está configurada de forma preferida como canal de refrigeración por aire dispuesto entre la entrada de gas y la salida de aire. Este está dispuesto de forma ceñida en el lado exterior de la pieza constructiva de separación, vuelto hacia la junta caliente, en donde también son ventajosas soluciones con un canal de ventilación dispuesto en la pieza constructiva de separación, ya que aquí también puede refrigerarse el segmento de junta interior adyacente de la junta caliente. Después pueden reducirse con la refrigeración de pieza constructiva de separación y la refrigeración de junta caliente las diferencias térmicas entre la pieza constructiva de separación o la campana caliente y la junta caliente. Con independencia de la disposición de la refrigeración en la pieza constructiva de separación, la refrigeración de pieza constructiva de separación y la refrigeración de la junta caliente forman preferiblemente un sistema de refrigeración común y coherente.

De forma preferida los cuerpos calefactores cerámicos se componen al menos parcialmente de una cerámica salina con características latentes de acumulador de calor. Sin embargo, son especialmente apropiados los cuerpos calefactores cerámicos compuestos totalmente de cerámica salina, que de forma preferida están dispuestos sobre los bordes exteriores del rotor.

En un perfeccionamiento la pared exterior de la carcasa de rotor presenta un tubo envolvente portante y una protección calorífuga refractaria, en donde la protección calorífuga se extiende de forma preferida sólo en la región de los cuerpos calefactores cerámicos. Esta estructura multi-capa de la pared de carcasa reduce la deformación total del rotor, ya que se reduce la influencia de las altas temperaturas en el tubo envolvente portante y éste se deforma claramente menos. Esto mejora la obturación del rotor y reduce el rozamiento entre la junta y la carcasa de rotor. Además de esto esta estructura de pared hace también posible el uso del regenerador giratorio a altas temperaturas del gas de escape, ya que el calor no se transmite a piezas constructivas exteriores portantes y daña las mismas. En total se obtiene por lo tanto una optimización adicional del comportamiento térmico del regenerador giratorio.

Conforme a la invención el rotor es accionado por un accionamiento de cadena, que de forma preferida presenta una rueda de cadena fijada al rotor que está desacoplada térmicamente del rotor. El desacoplamiento térmico puede realizarse p.ej. mediante una suspensión dispuesta entre el rotor y la rueda de cadena o mediante una fijación elástica. Mediante el desacoplamiento térmico de la rueda de cadena no se transmiten las dilataciones térmicas del rotor a la rueda de cadena, con lo que permanece constante el diámetro de la rueda de cadena también durante el funcionamiento con temperaturas cambiantes del gas de escape.

Si el rotor es accionado a través de un accionamiento de cadena, este accionamiento puede usarse de forma fiable, especialmente bien, incluso a temperaturas elevadas y hace posible sobre todo la utilización del regenerador giratorio conforme a la invención a temperaturas especialmente altas del gas de escape, lo que aumenta su grado de eficacia como se ha ilustrado.

A continuación se explica la invención con más detalle con base en un dibujo. Aquí muestran esquemáticamente:

la fig. 1 una sección transversal a través de un primer ejemplo de ejecución de un regenerador giratorio conforme a la invención;

la fig. 2 una sección transversal a través de un segundo ejemplo de ejecución de un rotor conforme a la invención;

la fig. 3 una vista en planta sobre una junta fría metálica;

la fig. 4 una vista en planta de una junta caliente cerámica;

la fig. 5 la representación aumentada de la vista fragmentaria de la junta caliente, indicado en la fig. 1 con un círculo;

la fig. 6 el corte A-A a través de la junta caliente representada en las figuras 1 y 5;

5 la fig. 7 una sección transversal de un cuerpo calefactor capilar con superficie base rectangular;

la fig. 8 una sección transversal de un cuerpo calefactor capilar con superficie base circular;

la fig. 9 una sección transversal de un cuerpo calefactor capilar con superficie base trapezoidal;

la fig. 10 una sección transversal de un cuerpo metálico superficial metálico.

10 El regenerador giratorio 1 representado en la fig. 1 es un ejemplo de ejecución para un regenerador, que está pensado para recuperar calor en un fuego de caldera de una calefacción de caldera de acero en una acería electrónica. Este regenerador giratorio 1 presenta un rotor 2 accionado con ayuda de un motor 39 a través del accionamiento de cadena 28, que gira alrededor de un eje de giro vertical 29 y que está dispuesto entre una campana caliente 3 y una campana fría 4. El regenerador giratorio 1 conforme a la invención está orientado por lo tanto verticalmente, en donde sin embargo es sin más posible hacer que funcione también en una posición angular distinta a la aquí representada.

15 La campana caliente 3 presenta una entrada de gas 7 y una salida de aire 8, que están separadas una de otra en cada caso mediante una pieza constructiva de separación 9. La pieza constructiva de separación 9 de la campana caliente está dotada aquí de una refrigeración por aire 41. En el otro lado del rotor está dispuesta una salida de gas 10 junto con una entrada de aire 11 en la campana fría 4, en donde la salida de gas 10 y la entrada de aire 11 están separadas una de otra de forma estanca a los gases mediante una segunda pieza constructiva de separación 12.

20 Las corrientes de gas de escape procedentes del fuego de caldera e introducidas en el regenerador giratorio 1 se simbolizan aquí mediante la flecha 100. El gas de escape caliente 100 entra por lo tanto, a través de la entrada de gas 7, en el regenerador giratorio 1 en dirección horizontal. En la entrada de gas 7 se desvía la corriente de gas de escape horizontal 100 a una dirección vertical y se dirige hacia el rotor 2. El gas de escape 100 fluye hacia abajo a través del rotor 2 que gira lentamente alrededor del eje de giro vertical 29, en donde circula por el cuerpo calefactor 6 y con ello se enfría. Con ello el gas de escape entrega calor al cuerpo calefactor 6, que acumula el mismo y fluye después como corriente de gas de escape enfriada 101, a través de la salida de gas 10, hacia fuera del regenerador giratorio 1. Con ello se desvía el flujo en principio todavía vertical, a través de la salida de gas 10, a un flujo dirigido horizontalmente.

25 En el lado del regenerador giratorio 1 opuesto al lado del gas de escape entra aire de combustión frío 102 en la entrada de aire 11, se desvía allí desde la orientación horizontal original a un flujo vertical dirigido hacia arriba y se dirige hacia el rotor 2. El aire de combustión frío 102 fluye después a través del rotor 2 y el cuerpo calefactor 6 calentado previamente hacia arriba, en donde el aire de combustión se calienta hasta formar una corriente de aire de combustión caliente 103. La corriente de aire de combustión caliente 103 se desvía a través de la salida de aire 8, desde su flujo de aire original vertical a uno dirigido horizontalmente, y es dirigido hacia fuera del regenerador giratorio 1.

30 La superficie calefactora 6 del rotor 2 se compone de dos diferentes capas de cuerpos calefactores. En el lado frío inferior están dispuestos cuerpos calefactores superficiales metálicos 22 y en el lado superior caliente cuerpos calefactores capilares cerámicos 21. La pared exterior 15 tubular de la carcasa de rotor 5 presenta en este ejemplo de ejecución una estructura de dos capas, que se compone de una pared exterior portante 26 de acero y de una capa de aislamiento térmico 27 refractaria, situada en el interior y dispuesta solamente en la región del cuerpo calefactor capilar cerámico 21. El aislamiento térmico 27 es una masa apisonada refractaria, que hace posible aplicar al intercambiador de calor sin problemas temperaturas de 1.400 °C a 1.600 °C y superiores, mientras que la carcasa de rotor soldada 5 y en especial la pared exterior 26 se protegen contra sobrecalentamiento.

35 A la pared exterior 26 del rotor 2 está fijada la rueda de cadena 42 del accionamiento de cadena de rotor 28 a través de elementos de fijación elásticos en dirección radial, desacoplada de la dilatación térmica del rotor 2. De este modo se obtiene junto con la dilatación de la pared exterior 26, ya reducida a causa del aislamiento térmico 27, un diámetro fundamentalmente constante de la rueda de cadena 42. En otras palabras, el accionamiento del rotor 2 se realiza sin pérdidas a causa de la fijación rígida de la rueda de cadena 42 al rotor 2 en el sentido de giro, mientras que el rotor puede dilatarse o contraerse en dirección radial con relación a la rueda de cadena, sin que estas deformaciones se transmitan negativamente a la rueda de cadena 42.

40 La campana caliente 3 presenta tanto en la entrada de gas 7 como en la salida de aire 8 y en la pieza constructiva de separación 9 en cada caso en su lado interior, es decir sobre las superficies que están en contacto con las corrientes de gas o aire, un aislamiento de fibras 30 cerámico con protección calorífuga. Sobre la campana fría 4 está revestida sólo la salida de gas 10 también interiormente con una capa de aislamiento térmico 31, en donde en este

ejemplo de ejecución se utiliza un aislamiento de fibras. En el interior del rotor 2 se encuentra la protección calorífuga 33, que obtura de forma estanca a los gases la región interior circularmente alrededor del eje de giro 29 del rotor y protege contra el calor el árbol de rotor 32, sujetado en su parte inferior en una sujeción rígida 40. Esta región interior 33 del rotor 2 se extiende desde la junta metálica 14 hasta la junta cerámica 13.

5 La obturación del rotor 2 con respecto a la campana caliente 3 se realiza con ayuda de una junta caliente cerámica maciza 13 refrigerada por aire, la cual presenta sobre su perímetro exterior una refrigeración 20. La separación entre la corriente de gas de escape 100 y la corriente de aire de combustión 103 se realiza con ello mediante la pieza constructiva de separación 9, en cuyo lado inferior se encuentra el segmento de junta interior 18 de la junta caliente cerámica 13. La junta cerámica está diseñada, como puede reconocerse en la fig. 4, como anillo circular que se corresponde fundamentalmente con el diámetro de la pared de rotor 15 en forma de cilindro circular. El anillo de junta 16 presenta con ello un segmento de junta interior 18 cuya anchura, como puede verse en la fig. 1, se corresponde con el de la pieza constructiva de separación 9. La anchura de la protección calorífuga apisonada 33 que envuelve el eje de rotor 29 se corresponde también fundamentalmente con la anchura del segmento de junta interior 18, con lo que la junta hace contacto plano con la protección calorífuga 33 y con el segmento de junta interior 18.

10
15 Enfrente del lado frío del rotor 2 se encuentra una junta metálica 14 configurada claramente más fina, que también está ejecutada de forma maciza. Esta presenta un segmento de junta interior 19 situado interiormente y un segmento de junta de anillo circular 17. Adicionalmente el segmento de junta interior 19 tiene una abertura de paso circular 40 para el árbol de rotor 32, que atraviesa la junta fría metálica 14. La distancia entre el rotor 2 y la junta caliente 13 y la junta fría 14 puede ajustarse con ello en cada caso en altura.

20 El segundo ejemplo de ejecución de un rotor 2 conforme a la invención representado en la fig. 2 presenta una sección transversal en forma de escalera. Esta se obtiene mediante una ejecución más estrecha de los cuerpos calefactores superficiales metálicos 22 con relación a los cuerpos calefactores capilares cerámicos 21. Por medio de esto puede conseguirse una configuración del regenerador giratorio 1 que ahorra espacio. Los cuerpos calefactores capilares cerámicos 21 están dispuestos en la carcasa de rotor 5, situados unos junto a otros, y se extienden de forma continua desde el lado superior del rotor hasta los cuerpos calefactores superficiales metálicos 22.

25 Las figuras 5 y 6 muestran otros detalles de la junta caliente cerámica 13. Como ya se ha citado presenta una refrigeración 20, que en el ejemplo de ejecución aquí representado es una refrigeración por aire con un canal de refrigeración 23. El canal de refrigeración 23 presenta una entrada de aire de refrigeración 34, a través del cual afluye una corriente de aire de refrigeración 200. La corriente de aire de refrigeración 200 es guiada a través del canal de aire de refrigeración 23, para refrigerar, alrededor de la junta caliente 13 en dirección periférica. De este modo la junta puede adaptarse, en su comportamiento térmico, al comportamiento térmico de la pared de carcasa de rotor 15, y puede aumentarse la estanqueidad de la junta.

30 Como también se ha representado en la fig. 6, las salidas de aire de bloqueo 24 están distribuidas uniformemente distribuidas a lo largo de la junta 13. Las salidas de aire de bloqueo 24 dirigen aire de refrigeración sobre una rendija de aire caliente 25 formada entre la junta 13 y la pared de carcasa de rotor 15. El aire de refrigeración que sale por la misma fluye hacia abajo e impide que alrededor de la junta 13 fluya gas caliente y, de este modo, reduce la carga térmica de la junta cerámica 13 de forma ventajosa.

35 En las figuras 7, 8 y 9 se muestran tres diferentes formas de sección transversal de los cuerpos calefactores capilares 21. Con ello se trata de cuerpos cerámicos alargados y dispuestos unos junto a otros en la carcasa de rotor 5, que a su vez son atravesados por un gran número de canales capilares 35 en su dirección longitudinal. Con ello los canales capilares 35 pueden tener básicamente formas de sección transversal poligonales o redondas, p.ej. formas redondas, triangulares o rectangulares. Lo único importante es que las paredes capilares 36 se componen de un material cerámico y son estancas a los gases. Como puede verse en las figuras 8 y 9 puede elegirse con ello una superficie base redonda o redonda por regiones para el elemento de cuerpo calefactor 21. En especial la planta trapezoidal mostrada en la fig. 9 es apropiada para una disposición de los cuerpos calefactores 21 a modo de sectores circulares.

40 La fig. 10 muestra a su vez una sección transversal de un cuerpo calefactor superficial metálico 22, dispuesto por debajo de los cuerpos calefactores capilares cerámicos 21. Aquí se trata de un cuerpo calefactor de alta potencia conocido por sí mismo, compuesto por chapas perfiladas centralizadas. En el ejemplo aquí mostrado están dispuestos entre dos chapas calefactoras rectas 38 dos chapas calefactoras onduladas 37 para formar canales.

50

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Regenerador giratorio (1) que presenta como rotor (2) un intercambiador de calor que puede girar entre una campana caliente fija (3) y una campana fría fija (4), con una carcasa de rotor (5) en la que están dispuestos cuerpos calefactores (6) que acumulan calor, en donde la campana caliente (3) presenta una entrada de gas (7) y una salida de aire (8), que están separadas por una primera pieza constructiva de separación (9), y la campana fría (4) presenta una salida de gas (10) y una entrada de aire (11) que están separadas entre sí por una segunda pieza constructiva de separación (12), en el que entre la campana caliente (3) y el rotor (2) está dispuesta una junta caliente (13) y entre la campana fría (4) y el rotor (2) una junta fría (14), en cada caso en el lado vuelto hacia el rotor (2) de la campana caliente (3) o de la campana fría (4), y en donde en la carcasa de rotor (5) están previstos cuerpos calefactores capilares cerámicos (21) y cuerpos calefactores superficiales metálicos (22), de los que los cuerpos calefactores superficiales metálicos (22) están dispuestos de forma preferida en el lado del rotor (2) vuelto hacia la campana fría (4), caracterizado porque tanto la junta caliente (13) como la junta fría (14) es un anillo de junta macizo (16, 17), correspondiente a una pared exterior tubular (15) de la carcasa de rotor (5), para la obturación periférica del rotor (2) con un segmento de junta interior (18, 19) que hace contacto con la respectiva pieza constructiva de separación (9, 12) para la obturación radial del rotor (2), y cuyo segmento de junta interior (18, 19) presenta de forma preferida la anchura de la respectiva pieza constructiva de separación (9, 12) y porque la junta caliente (13) dispone de una refrigeración (20).
- 10 2.- Regenerador giratorio según la reivindicación 1, caracterizado porque la relación superficial entre las superficies calefactoras metálicas y cerámicas (22, 21) es de entre un tercio y un cuarto.
- 15 3.- Regenerador giratorio según la reivindicación 2, caracterizado porque la refrigeración (20) de la junta caliente (13) es una refrigeración por fluido, que de forma preferida es un canal de refrigeración (23) que circunda el lado exterior de la junta caliente (13) para la refrigeración por aire.
- 20 4.- Regenerador giratorio según la reivindicación 3, caracterizado porque el canal de refrigeración (23) presenta salidas de aire de bloqueo (24) distribuidas periféricamente y dirigidas en la dirección del rotor (2), para formar una cortina de aire que circunda una rendija de junta caliente (25).
- 25 5.- Regenerador giratorio según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la primera pieza constructiva de separación (9) presenta una refrigeración de pieza constructiva de separación (41), que de forma preferida está configurada como canal de refrigeración por aire dispuesto entre la entrada de gas (7) y la salida de aire (8).
- 30 6.- Regenerador giratorio según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los cuerpos calefactores cerámicos (21) se componen al menos en parte de una cerámica salina.
- 35 7.- Regenerador giratorio según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la pared exterior (15) de la carcasa de rotor (5) presenta un tubo envolvente portante (26) y una protección calorífuga refractaria (27), que se extiende de forma preferida sólo en la región de los cuerpos calefactores cerámicos (21).
- 40 8.- Regenerador giratorio según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque las piezas constructivas del regenerador (1) que entran en contacto con el gas de escape caliente son refractarias y, de forma preferida, soportan temperaturas de entre 1.200 °C y 1.600 °C.
- 9.- Regenerador giratorio según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el rotor (2) es accionado por un accionamiento de cadena (28), que de forma preferida presenta una rueda de cadena fijada al rotor (2) que está desacoplada térmicamente del rotor (2).

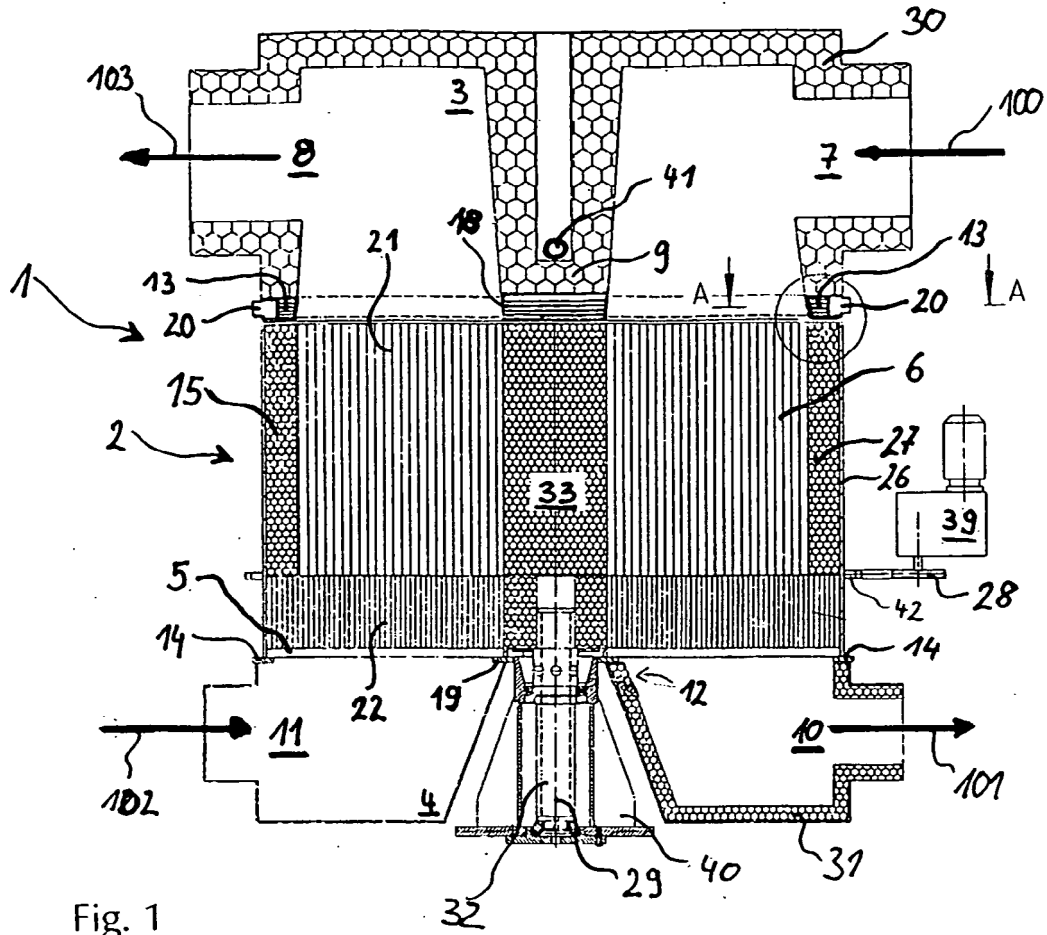


Fig. 1

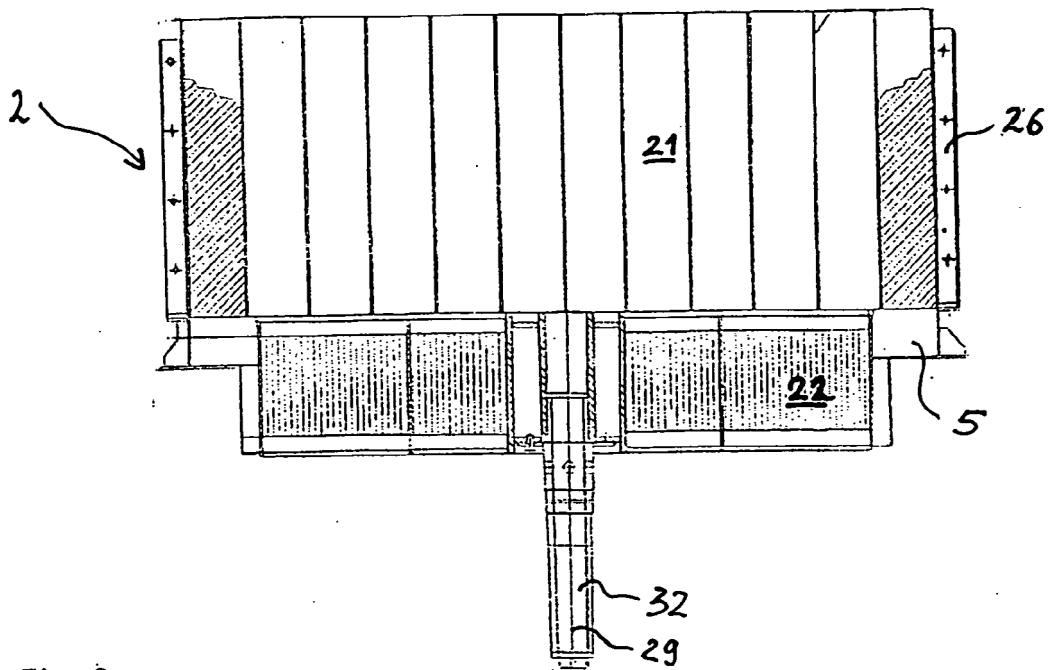


Fig. 2

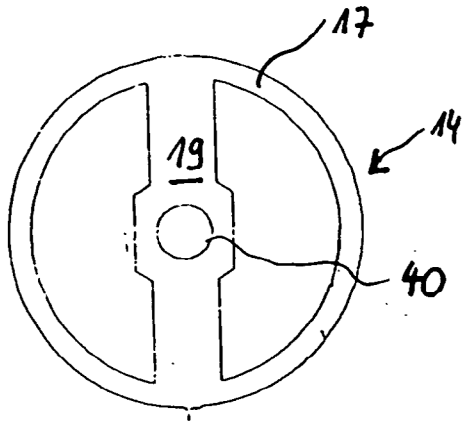


Fig. 3

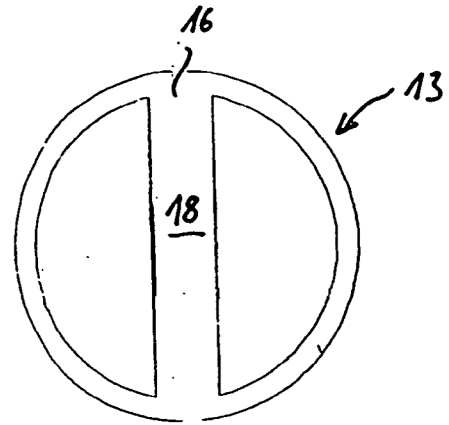


Fig. 4

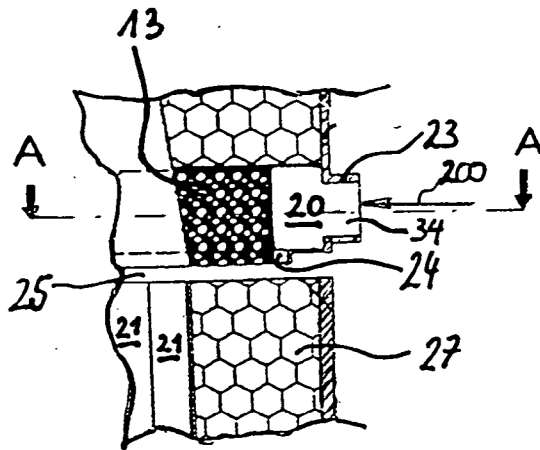


Fig. 5

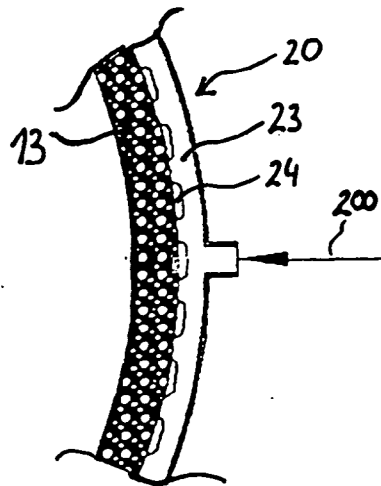


Fig. 6

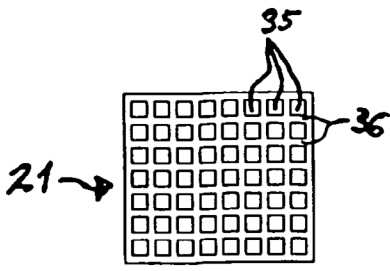


Fig. 7

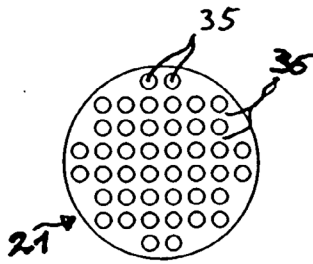


Fig. 8

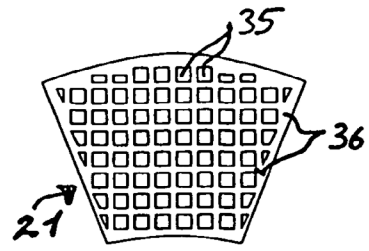


Fig. 9

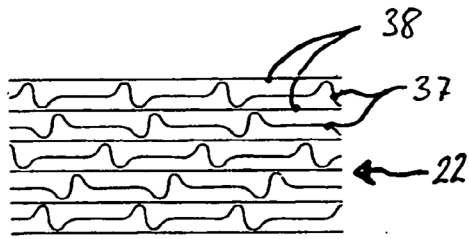


Fig. 10