



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 361 926**

51 Int. Cl.:
F28F 19/02 (2006.01)
F28D 17/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04010542 .1**
96 Fecha de presentación : **04.05.2004**
97 Número de publicación de la solicitud: **1475597**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **10.11.2004**

54 Título: **Elemento de calentamiento para un intercambiador de calor regenerativo y procedimiento para fabricar un elemento de calentamiento.**

30 Prioridad: **08.05.2003 DE 103 20 462**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
24.06.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
24.06.2011

73 Titular/es: **Alstom Technology Ltd.**
Brown Boveri Strasse 7
5400 Baden, CH

72 Inventor/es: **Müller-Odenwald, Hermann y**
Weyland, Friedrich

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

ES 2 361 926 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

Elemento de calentamiento para un intercambiador de calor regenerativo y procedimiento para fabricar un elemento de calentamiento.

5 La invención concierne a un elemento de calentamiento hecho de chapa de acero perfilada para un intercambiador de calor regenerativo.

10 Tales elementos de calentamientos son en general conocidos. Un gran número de elementos de calentamiento forman la masa acumuladora de un intercambiador de calor regenerativo. La masa acumuladora necesaria para la transmisión de calor o para el intercambio de calor está sometida en uso, en corrientes gaseosas corrosivas y/o polvorientas, a considerables esfuerzos de trabajo. Esto se aplica, por ejemplo, a la masa acumuladora de precalentadores de aire en instalaciones de calderas (calderas) o de precalentadores de gas en instalaciones de depuración de gases de humo, en donde la temperatura de la masa acumuladora está situada al menos local y/o temporalmente por debajo del punto de rocío del gas de humo y, en combinación con polvo volante y/u otros constituyentes del gas de humo (aditivos, medios de depuración del gas de humo), se forman incrustaciones sobre la masa acumuladora o sobre las superficies de calentamiento de los elementos de calentamiento. Estas últimas incrementan la pérdida de presión para la circulación a través de la masa acumuladora y, en el peor de los casos, conducen a un bloqueo/obstrucción completos del intercambiador de calor regenerativo. Otro problema consiste en que los condensados del gas de humo son en general fuertemente ácidos. Por este motivo, la masa acumuladora, especialmente a bajas temperaturas de funcionamiento, tiene que ser suficientemente resistente a la corrosión y las incrustaciones deberán poder limpiarse con la mayor facilidad posible por soplado o lavado. Para algunas aplicaciones se han dado a conocer masas acumuladoras a base de perfiles esmaltados de chapa de acero o materiales acumuladores de plástico (documento DE 32 07 213 C3).

25 Es cierto que las chapas de acero esmaltadas resisten relativamente bien la corrosión, pero adolecen del inconveniente de una humectabilidad relativamente alta, lo que se manifiesta en que las incrustaciones se adhieren más o menos fuertemente sobre elementos de calentamiento esmaltados. Las masas acumuladoras de plástico son caras y, por tanto, resultan desventajosas, puesto que éstas tienen una pequeña capacidad calorífica y una pequeña conducción del calor, no pueden presentarse económicamente en forma óptima para la termotecnia y poseen una pequeña resistencia mecánica, una pequeña estabilidad frente a la temperatura y los cambios de temperatura y una pequeña resistencia a la erosión. Por este motivo, la utilización de masas acumuladoras de plástico se limita a aplicaciones en gases de humo pobres en polvo, preferiblemente como capa del extremo frío, es decir, en el lado de salida del gas de humo del intercambiador de calor, en precalentadores de gas de instalaciones de desulfuración (REA Gavo).

40 Para mejorar las propiedades repelentes de la suciedad e incrementar la resistencia a la corrosión se ha propuesto que la superficie de elementos de calentamientos esmaltados seas provista de un revestimiento de un plástico fluorado (documento DE 190 40 627 A1). Las propiedades antiadherentes de los plásticos fluorados, como, por ejemplo, PTFE, son conocidas, pero es desventajosa la resistencia relativamente baja a la erosión de tales revestimientos. A causa de la limitada resistencia a la erosión, los elementos de calentamiento con un revestimiento de plástico fluorado no pueden utilizarse con una vida útil satisfactoria en intercambiadores de calor regenerativos solicitados con gas de humo que contiene partículas, por ejemplo precalentadores de aire en generadores de vapor caldeados con carbón. El contenido de polvo volante en el gas de humo puede ser aquí de más de 20 g de polvo/Nm³ a una velocidad de circulación de más de 10 m/s. Para lograr una explotación rentable de una central eléctrica con alto rendimiento y bajas emisiones, la temperatura del gas de escape en el precalentador de aire deberá reducirse en el mayor grado posible, lo que es posible solamente con ayuda de superficies de calentamiento resistentes a la corrosión y repelentes de la suciedad.

50 Por tanto, el problema de esta invención consiste en indicar un elemento de calentamiento de la clase citada al principio que posea propiedades repelentes de la suciedad, sea resistente a la corrosión y a la erosión y, no obstante, presente una buena capacidad de acumulación de calor y una buena conductividad calorífica, sea suficientemente estable frente a la temperatura y a los cambios de temperatura y, además, se pueda fabricar con unos costes económicamente tolerables. Asimismo, el problema de la invención consiste en crear elementos de calentamiento con cuya utilización se haga posible en generadores de vapor caldeados con carbón que se reduzca aún más la temperatura del gas de escape en comparación con el estado de la técnica. Asimismo, un problema de la invención consiste en mostrar un procedimiento para fabricar un elemento de calentamiento de esta clase.

60 Este problema se resuelve respecto del elemento de calentamiento con las particularidades caracterizadoras de la reivindicación 1 y respecto del procedimiento para fabricar un elemento de calentamiento con las particularidades caracterizadoras de la reivindicación 9.

Ejecuciones ventajosas de la invención pueden deducirse de las reivindicaciones subordinadas.

65 Mediante los elementos de calentamientos revestidos con un esmalte de fondo y un esmalte antiadherente se puede fabricar o presentar de una manera especialmente económica una masa acumuladora de calor que es resistente a la

- corrosión, tiene una superficie resistente a la abrasión y repelente de la suciedad y no presenta inconvenientes o limitaciones termotécnicos y constructivos respecto del modo de funcionamiento. Se pueden utilizar los perfiles de chapa de acero ya acreditados y optimizados en cuanto a intercambio de calor, pérdida de presión y estabilidad mecánica, y la capa de esmalte antiadherente influye tan solo en grado poco importante sobre la capacidad de transmisión de calor, es decir que con la alta capacidad calorífica del esmalte y mediante la masa adicional incluso se incrementa dicha capacidad de transmisión de calor en la práctica.
- La propiedad repelente de la suciedad de los elementos de calentamiento según la invención aminora o impide incluso por completo la acumulación de capas de ensuciamiento elevadoras de la pérdida de presión sobre los perfiles del elemento de calentamiento. Esto aporta ventajas de explotación, ya que entonces pueden prolongarse los intervalos para las limpiezas de la masa acumuladora necesarias al alcanzarse la máxima pérdida de presión admisible y, en consecuencia, también se producen menores cantidades de agua residual de limpieza. No obstante, si se forman incrustaciones, éstas se adhieren entonces menos fuertemente sobre el esmalte antiadherente y, por tanto, se pueden limpiar con una menor presión de soplado o de lavado o con menores cantidades de medios de soplado y/o de agua de lavado contaminante del medio ambiente.
- Se ha visto que es ventajoso aplicar el revestimiento de esmalte antiadherente con un espesor de capa de 5 a 40 μm , aplicándose en una ejecución especialmente ventajosa de la invención un espesor de capa de 15 a 25 μm . Esta delgada capa es suficiente para que la capa de esmalte de fondo aplicada como protección contra la corrosión sea ampliamente protegida contra aglomeraciones y adherencias. En una ejecución ventajosa del elemento de calentamiento su espesor de capa total, es decir, la capa de esmalte de fondo, incluyendo el revestimiento de esmalte antiadherente, es de 80 a 300 μm . Con este espesor de capa se logra un óptimo respecto de la estabilidad frente a la corrosión, la conductividad calorífica y los costes de revestimiento.
- Debido a la construcción del elemento de calentamiento con una capa de esmalte de fondo resistente a los ácidos, que presenta un valor de erosión o una pérdida de peso de como máximo 10 g/m^2 al cabo de 18 horas de tiempo de ensayo (medición en base a DIN 2743 y pr EN 14483-2), se equipa el elemento de calentamiento con un revestimiento extremadamente resistente a la corrosión que confiere una larga vida útil al elemento de calentamiento.
- Una ejecución ventajosa del elemento de calentamiento presenta una capa de esmalte de fondo con pocos poros, estando construida de manera especialmente ventajosa la capa de esmalte de fondo con un máximo de 15 poros por m^2 . Debido al reducido número de poros se consigue que el cuerpo base metálico se mantenga protegido en muy alto grado contra la corrosión.
- En una ejecución ventajosa el elemento de calentamiento presenta al menos una respectiva capa de esmalte de fondo monoestrato y un revestimiento de esmalte antiadherente. Un elemento de calentamiento construido de esta manera es fácil y barato de fabricar.
- Un procedimiento para fabricar un elemento de calentamiento según la reivindicación 1 se caracteriza por los pasos siguientes:
- se perfilan bandas de acero con ayuda de rodillos perfiladores y se cortan en ellas unos elementos de calentamiento de conformidad con las dimensiones requeridas,
 - se aplica sobre las chapas de acero cortadas una capa de esmalte de fondo resistente a los ácidos y, en un paso de trabajo adicional,
 - se aplica el revestimiento de esmalte antiadherente sobre la capa de esmalte de fondo resistente a los ácidos.
- En una ejecución ventajosa del procedimiento según la invención se aplica la capa de esmalte de fondo sobre la chapa de acero directamente y sin soporte de adherencia después del desengranado de dicha chapa de acero y/o se aplica el revestimiento de esmalte antiadherente, sin tratamiento previo, directamente sobre la capa de esmalte de fondo. Se pueden aplicar así las dos capas de esmalte de una manera muy económicas sin pasos de trabajo adicionales.
- Un procedimiento ventajoso prevé moler una frita o una mezcla de fritas del esmalte antiadherente para obtener una barbotina, aplicar la barbotina, mediante inmersión o pulverización, sobre el elemento de calentamiento dotado de esmalte de fondo y secarla y fundirla después en un horno de cocción. Gracias a esta medida se puede proceder muy económicamente de una manera convencional.
- Ventajosamente, el secado y la cocción de la capa de esmalte de fondo y/o de la capa de esmalte antiadherente se efectúan en un horno continuo. Este procedimiento se caracteriza por una alta efectividad y una alta eficiencia de la energía.
- Otra ventaja del procedimiento de la invención reside en que el esmalte antiadherente puede aplicarse con los equipos usuales para esmaltar chapas de calentamiento (esmalte de fondo) y, por tanto, no son necesarios aparatos y

equipos adicionales para la fabricación.

Ayudándose de un ejemplo se describen un elemento de calentamiento según la invención para un intercambiador de calor regenerativo y un procedimiento para fabricar este elemento de calentamiento.

Un elemento de calentamiento consiste en una chapa de acero que, después de su perfilado producido por medio de rodillos perfiladores, se prepara para el esmaltado de manera ventajosa por desengrasado o decapado, pero sin aplicación de un soporte de adherencia. A continuación, se aplica sobre la chapa de acero una capa de esmalte de fondo resistente a los ácidos que sirve de protección contra la corrosión. La capa de esmalte de fondo, que preferiblemente está construida con pocos poros y de manera especialmente preferida con un máximo de 15 poros por m^2 , consiste en un esmalte especialmente desarrollado para la protección de elementos de calentamiento contra la corrosión, el cual se ha acreditado durante años para su utilización en intercambiadores de calor regenerativos.

Después de la aplicación de la capa de esmalte de fondo se aplica una barbotina del esmalte antiadherente, por ejemplo por rociado o inmersión, ventajosamente sin tratamiento previo de la superficie esmaltada, y a continuación se seca y se cuece dicha barbotina. El espesor de capa del esmalte antiadherente sobre el esmalte de fondo es ventajosamente de 5 a 40 μm y, de manera especialmente ventajosa, de 15 a 25 μm . El esmalte de fondo y el esmalte antiadherente pueden aplicarse, según el caso de aplicación, en una o en varias capas, habiendo demostrado ser especialmente ventajoso un espesor de capa total de 80 a 300 μm .

Se ha visto también que una delgada capa de esmalte antiadherente conforme a los datos anteriores puede aplicarse de manera fuertemente adherente sobre la superficie del esmalte de fondo sin un tratamiento previo especial de esta superficie, y esta capa de esmalte antiadherente relativamente delgada rebaja la humectabilidad de la superficie del elemento de calentamiento hasta que se alcancen propiedades antiadhesivas comparables con los plásticos fluorados. Dado que ya solamente la capa de esmalte de fondo resistente a los ácidos y dotada de pocos poros protege el perfil de acero en grado suficiente contra la corrosión, la capa de cubierta de esmalte antiadherente no tiene que aportar contribución alguna como capa de protección contra la corrosión y, por tanto, puede hacerse muy delgada y, en su aplicación, no tiene que prestarse atención a poros u otros defectos del revestimiento. Debido a la baja humectabilidad o, en otras palabras, a la propiedad de alta repulsión de suciedad del revestimiento de esmalte antiadherente se impide o se aminora sensiblemente la acumulación de capas de ensuciamiento elevadoras de la pérdida de presión sobre los elementos de calentamiento. Se pueden prolongar así los intervalos de limpieza o se pueden utilizar menores cantidades de medios de limpieza.

Frente a revestimientos según el estado de la técnica, por ejemplo revestimientos de plástico fluorado, las capas de esmalte antiadherente tienen una resistencia a la abrasión netamente más alta y, además, el esmalte antiadherente se adhiere sobre el esmalte de fondo mejor que el plástico fluorado se adhiere sobre el esmalte.

Por tanto, dado que los esmaltes antiadherentes son relativamente caros, se tiene que en la realización indicada, es decir, con un espesor de capa relativamente pequeño, se pueden fabricar de manera especialmente rentable y barata elementos de calentamiento con un revestimiento resistente a la corrosión y a la erosión y repelente de la suciedad debido a que se usa poco material caro. Los defectos ópticos de la superficie, como, por ejemplo, huellas de deslizamiento, defectos de color y defectos de brillo, no desempeñan papel alguno en el producto técnico consistente en el elemento de calentamiento. La capa de esmalte antiadherente puede aplicarse ventajosamente con poco coste sin tener que prestar atención a la óptica y la estética de la superficie, y ello concretamente con los equipos de fabricación existentes de todos modos para el esmaltado de fondo, por ejemplo con hornos continuos. Dado que la solución anteriormente propuesta constituye una aplicación técnica, se tiene que en la composición de las dos capas de esmalte no se requiere ni es necesaria tampoco, por ejemplo, una pureza propia de los alimentos, es decir que el contenido de plomo y de cadmio de las capas de esmalte es menos crítico o no resulta crítico y, por este motivo, no tiene que ser limitado, lo que simplifica la selección de la materia prima y la fabricación de las fritas de esmalte y hace que el revestimiento sea en comparación netamente más barato. La capa de esmalte antiadherente influye solo en grado poco importante sobre la capacidad de transmisión de calor del elemento de calentamiento, y esta capacidad es incrementada aún de manera positiva por la alta capacidad calorífica del esmalte y por la masa adicional.

Los elementos de calentamiento para intercambiadores de calor regenerativos que son solicitados con gas de humo que contiene ácido, tienen que estar provistos de una capa de esmalte de fondo muy resistente y estable frente a los ácidos. Para satisfacer estos requisitos, la capa de esmalte de fondo tiene que presentar una resistencia enteramente determinada a los ácidos que se establece en base a la resolución DIN 2743+CEN, en un ensayo de cocción de varias horas realizado en ácido sulfúrico hirviendo corrosivo con una concentración del 30%. La erosión entonces medida deberá ser inferior a 10 g/m^2 al cabo de 18 horas de tiempo de cocción.

Los intercambiadores de calor regenerativos constan de un gran número de elementos de calentamiento o acumuladores de calor que se calientan por medio de un gas caliente, por ejemplo gas de humo, y que ceden seguidamente el calor almacenado a un fluido más frío, por ejemplo aire o gas. Tales intercambiadores de calor regenerativos pueden utilizarse, por ejemplo, como precalentadores de aire o precalentadores de gas en instalaciones de calderas, instalaciones de depuración de gases de humo, etc.

5 Por motivos de una mejor rentabilidad (mayor rendimiento) de una instalación de calderas se aspira en precalentadores de aire a alcanzar una temperatura de salida del gas de humo lo más baja posible (temperatura del gas de humo después de recorrer el intercambiador de calor regenerativo) y, por tanto, también a una temperatura lo más baja posible del extremo frío del intercambiador de calor regenerativo. En gases de humo que contienen SO_3 y polvo (gas bruto de un hogar de carbón: hasta más de $20 \text{ g de polvo/Nm}^3$ de gas de humo) se habían puesto hasta ahora límites para el nivel más bajo de la temperatura del extremo frío a causa de una formación demasiado rápida de incrustaciones y una deficiente capacidad de limpieza. Los precalentadores de aire se diseñan según el estado de la técnica de modo que la temperatura del extremo frío esté por encima de la llamada temperatura de ensuciamiento. Como temperatura de ensuciamiento se designa la temperatura a partir de la cual, como consecuencia de la caída por debajo del punto de rocío y la fijación de polvo volante (ceniza) en el condensado del gas de humo (ácido sulfúrico), ya no se pueden controlar las formaciones de incrustaciones con un coste económicamente tolerable. Los elementos de calentamiento que poseen propiedades antiadhesiva, por ejemplo con ayuda de revestimientos de plástico fluorado, o la masa acumuladora de plástico no han podido utilizarse con una vida útil satisfactoria a causa de las condiciones erosivas en los precalentadores de aire. En el caso de los plásticos, se añade todavía de manera desventajosa una temperatura admisible relativamente baja en funcionamiento permanente, lo que restringe aún más su utilización y, en caso de avería, representa un riesgo para la seguridad. Con un intercambiador de calor regenerativo que esté formado con elementos de calentamiento según la invención se impide una formación de incrustaciones incluso en caso de una caída extrema por debajo del punto de rocío o bien al menos se puede controlar sensiblemente mejor dicha formación de incrustaciones, lo que, en último término, admite un descenso de la temperatura del gas de humo por debajo del nivel usual hasta ahora. Una temperatura más baja del gas de humo significa un mayor rendimiento de la caldera y, por tanto, una menor emisión específica de CO_2 (cantidad de CO_2 emitida por unidad de energía eléctrica producida), y las instalaciones (filtro eléctrico, instalación de depuración de gas de humo) puestas al precalentador pueden ser de construcción más pequeña (menores inversiones, costes de explotación más bajos). Otra ventaja es que, debido a la caída por debajo del punto de rocío (descongelación de ácido sulfúrico) se produce una reducción de la concentración de $\text{SO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ en el gas de humo y, por tanto, se aminoran el riesgo de corrosión en las instalaciones puestas y el riesgo de formación de aerosoles.

Se sobrentiende que los elementos de calentamiento según la invención pueden utilizarse también para aplicaciones menos erosivas y corrosivas.

30

REIVINDICACIONES

- 5 1. Elemento de calentamiento para un intercambiador de calor regenerativo, que está configurado como una chapa de acero perfilada, **caracterizado** porque la chapa de acero perfilada está provista de una capa de esmalte de fondo resistente a los ácidos y la superficie de ésta está provista de un revestimiento de esmalte antiadherente.
2. Elemento de calentamiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el revestimiento de esmalte antiadherente se ha aplicado con un espesor de capa de 5 a 40 μm .
- 10 3. Elemento de calentamiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el revestimiento de esmalte antiadherente se ha aplicado con un espesor de capa de 15 a 25 μm .
- 15 4. Elemento de calentamiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la capa de esmalte de fondo, incluyendo el revestimiento de esmalte antiadherente, se ha aplicado con un espesor de capa de 80 a 300 μm .
- 20 5. Elemento de calentamiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la capa de esmalte de fondo resistente a los ácidos presenta un valor de erosión o una pérdida de peso de como máximo 10 g/m^2 al cabo de 18 horas de tiempo de ensayo en un ácido sulfúrico hirviendo con una concentración del 30%.
- 25 6. Elemento de calentamiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la capa de esmalte de fondo es de una construcción poco porosa.
- 30 7. Elemento de calentamiento según la reivindicación 6, **caracterizado** porque la capa de esmalte de fondo está construida en promedio con un máximo de 15 poros/ m^2 .
- 35 8. Elemento de calentamiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la capa de esmalte de fondo y el revestimiento de esmalte antiadherente están contruidos cada uno de ellos como al menos una sola capa.
9. Procedimiento de fabricación de un elemento de calentamiento para intercambiadores de calor regenerativos según la reivindicación 1, **caracterizado** porque se perfilan unas bandas de acero con ayuda de rodillos perfiladores y se corta en éstas el elemento de calentamiento de conformidad con las dimensiones requeridas, porque se cubre la chapa de acero con un esmalte de fondo resistente a los ácidos y porque se aplica la capa de esmalte antiadherencia sobre la capa de esmalte de fondo.
- 40 10. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado** porque, después del desengrasado de la chapa de acero, se aplica la capa de esmalte de fondo sobre la chapa de acero directamente y sin soporte de adherencia.
- 45 11. Procedimiento según la reivindicación 9 ó 10, **caracterizado** porque el revestimiento de esmalte antiadherente se aplica directamente sobre la capa de esmalte de fondo sin tratamiento previo.
- 50 12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, **caracterizado** porque se muelen una frita o una mezcla de fritas del esmalte antiadherente para obtener una barbotina a base de agua, se aplica la barbotina por inmersión o pulverización sobre el elemento de calentamiento dotado de un esmalte de fondo y seguidamente se seca y se funde dicha barbotina en un horno de cocción.
13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, **caracterizado** porque el secado y la cocción de la capa de esmalte de fondo y/o de la capa de esmalte antiadherente se efectúan en un horno continuo.
14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, **caracterizado** porque se aplica la capa de esmalte antiadherente con los equipos necesarios para aplicar la capa de esmalte de fondo.