

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 722 206**

51 Int. Cl.:

C23C 2/00 (2006.01)

F16C 13/02 (2006.01)

F16C 33/76 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.06.2012 PCT/EP2012/062729**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.01.2013 WO13007539**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2012 E 12743400 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.02.2019 EP 2729591**

54 Título: **Dispositivo para la reducción de presión en cuerpos huecos en fluidos a temperaturas más altas**

30 Prioridad:

08.07.2011 DE 102011078878

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

08.08.2019

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG (50.0%)
Kaiser-Wilhelm-Strasse 100
47166 Duisburg, DE y
FRAUNHOFER GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (50.0%)**

72 Inventor/es:

**GUSEK, CHRISTOPHER;
EISNER, FRANK;
HÜLSTRUNG, JOACHIM;
JINDRA, FRED;
WILLEKE, BERT-HEINER;
BLUMENAU, MARC;
KOVAC, MARKUS;
JENDRISCHIK, GERD;
PEITZ, ALFRED;
SCHÖNENBERG, RUDOLF;
ADLER, JÖRG y
HEYMER, HEIKE**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 722 206 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

Dispositivo para la reducción de presión en cuerpos huecos en fluidos a temperaturas más altas

5 La invención se refiere a los campos de las ciencias de materiales y de la metalurgia y se refiere a un dispositivo para la reducción de presión en cavidades en fluidos a temperaturas más altas como el que se puede utilizar, por ejemplo, en la industria de procesamiento de metal para dispositivos para el recubrimiento por inmersión en baño fundido de materiales metálicos.

10 El refinamiento por inmersión en baño fundido de materiales metálicos con un revestimiento metálico representa un procedimiento establecido y conocido de refinamiento de superficies para mejorar las características de uso y las propiedades de corrosión de productos. En este caso, el material de partida metálico a recubrir se sumerge durante un corto periodo de tiempo en un baño de recubrimiento metálico. En el caso del refinamiento por inmersión en baño fundido de productos en forma de barra o planos, como alambres o bandas, resulta apropiado un proceso continuo en el que el producto a recubrir pasa a través del baño de recubrimiento durante unos segundos. Una aplicación conocida a este respecto es el refinamiento continuo por inmersión en baño fundido de productos de acero planos con un revestimiento metálico a base de aleaciones de Zn o Al. Las condiciones estructurales de una instalación de recubrimiento por inmersión en baño fundido de este tipo requieren inevitablemente una desviación y una estabilización de la línea de montaje del producto plano. Esto se consigue normalmente mediante un dispositivo de rodillos suficientemente conocido (DE 19 511 943 A1; WO 2006/002 822 A1; EP 1 518 003 B1, US 3 645 589).

20 Debido a la obligación económica de mantener los costes de funcionamiento reducidos, evitar paradas de la planta y garantizar una alta calidad del producto, existen requisitos para minimizar el desgaste general y especialmente el desgaste del dispositivo de rodillos. Su vida útil está limitada por el alto desgaste mecánico y químico en combinación con la carga térmica durante el funcionamiento continuo en el baño de recubrimiento metálico. En este caso, la construcción del dispositivo de rodillos puede influir considerablemente en la resistencia a la rotación, en el momento de inercia de la masa y en la tendencia al deslizamiento que también influyen en el desgaste y la calidad del producto.

30 La experiencia ha demostrado que, en este sentido, los rodillos huecos tienen ventajas frente a los rodillos macizos o los rodillos abiertos. Sin embargo, el uso previsto de los rodillos huecos implica el riesgo de una sobrepresión en el espacio interior. Una sobrepresión como ésta es el resultado, por ejemplo, de la evaporación y de la expansión de gases y/o de líquido o de humedad que ha penetrado en el interior durante la fabricación del rodillo hueco como consecuencia de las altas temperaturas del baño de recubrimiento (~ 400 – 800°C). La expansión del volumen y la generación de presión se producen durante el calentamiento del espacio interior durante o después del empleo del rodillo hueco originalmente frío en el baño de fusión. Como consecuencia se puede producir una deformación no deseada o, en el peor de los casos, un reventamiento del rodillo hueco. Esto no sólo interrumpe considerablemente el proceso operativo, sino que también representa un peligro concreto para la vida del personal de la planta: la sobrepresión que se libera de forma repentina y abrupta sin previo aviso es capaz de lanzar el material de recubrimiento fundido fuera de la caldera.

35 La desviación específica de una sobrepresión a través de dispositivos de ventilación resulta especialmente complicada, puesto que se pretende evitar la penetración del baño de recubrimiento en el interior del rodillo hueco. Por esta razón, se suele prescindir con frecuencia del empleo de rodillos huecos en beneficio de la seguridad en el trabajo.

40 Sin embargo, más allá de la problemática representada de los rodillos huecos en las instalaciones de recubrimiento por inmersión de baño fundido, existe el problema de la reducción de la presión/del descenso de la presión en caso de emplear cuerpos huecos cerrados en un entorno con una temperatura más alta, especialmente en masas fundidas calientes, dado que se tienen que fabricar con gran esfuerzo y mantener dispositivos de ventilación habituales como, por ejemplo, válvulas o tuberías.

45 El estado de la técnica revela diferentes soluciones en relación con la ventilación de rodillos huecos para el empleo en un baño de recubrimiento metálico.

50 Por el documento DE 10 2007 045 200 A1 se conoce un rodillo hueco provisto de un canal de ventilación a través del pivote de rodillo. El canal de ventilación une el interior del rodillo a una zona llena de gas en el rodamiento de pivote. Esta zona se une además, a través de un segundo canal de ventilación, a la presión atmosférica por encima del nivel del baño de recubrimiento. La penetración de masa fundida metálica en el espacio de ventilación se impide por medio de la construcción cerrada del rodamiento del rodillo.

55 Por los documentos WO 2006002822 A1 y DE 10 319 840 B3 se conocen construcciones en las que el interior del rodillo también se une a través de canales de ventilación a una cámara de expansión en el rodamiento de rodillo. Esta cámara de expansión se puede ventilar, a su vez, a través de otros canales hacia la atmósfera del entorno. Se pretende que unas bobinas de inductor impidan la penetración de masa fundida metálica en la cámara de expansión.

Según el documento DE 43 07 282 C2 se conocen perforaciones de transferencia de gas en pivotes y brazos de soporte de rodillos huecos. Sin embargo, estas perforaciones no se especifican con más detalle.

Por el documento DE 10 2009 040 961 A1 se conoce en principio una posibilidad de sellar una perforación de ventilación en un cuerpo hueco con una pieza de cierre. No obstante, el procedimiento descrito no se puede aplicar a los rodillos huecos que se sumergen en un baño de recubrimiento.

5 La experiencia profesional para las instalaciones de recubrimiento por inmersión de baño fundido ha demostrado que la penetración del baño de recubrimiento fundido en el rodamiento de pivote no se puede evitar permanentemente, lo que conlleva extensos tiempos de interrupción y mantenimiento. Por lo tanto, las soluciones constructivas según los documentos DE 10 2007 045 200 A1 y DE 10 319 840 B3 sólo se pueden imponer de manera deficiente en la vida operativa cotidiana. La solución constructivamente más sencilla según el documento DE 10
 10 43 07 282 C2, en cambio, no evita eficazmente la penetración del baño de recubrimiento en la perforación de ventilación. Si se produce allí la formación de escoria, se puede producir un cierre de la perforación de ventilación difícil de reconocer. Esto supone un potencial de riesgo considerable, dado que sin saberlo se puede utilizar un rodillo hueco incapaz de desviar de forma controlada una sobrepresión que se produzca eventualmente en el espacio interior. Por esta razón se recomienda al operador de la instalación de forma urgente prescindir de la utilización de la propuesta de solución indicada en el documento DE 43 07 282 C2.

15 En resumen, todas las soluciones conocidas según el estado de la técnica para la ventilación de rodillos huecos o de otros cuerpos huecos para el empleo a temperaturas más elevadas y especialmente en un baño de recubrimiento metálico, presentan defectos notables.

El refinamiento continuo por inmersión de baño fundido de productos alargados se ve en principio ante el reto de alargar la vida útil del equipamiento del baño, así como de garantizar la calidad del producto.

20 La tarea de la invención consiste en proponer un dispositivo para la reducción de la presión en cuerpos huecos en fluidos a temperaturas más altas, especialmente en masas fundidas, mediante el cual se pueda realizar de forma segura y controlada una reducción de presión en el espacio interior de los cuerpos huecos y, al mismo tiempo, retrasar o incluso evitar por completo la penetración de fluidos a temperaturas más altas.

25 Esta tarea se resuelve por medio de la invención indicada en las reivindicaciones. Otras formas de realización ventajosas son objeto de las reivindicaciones dependientes.

En el dispositivo según la invención para la reducción de la presión en cuerpos huecos en fluidos a temperaturas más altas existe, en las zonas de los cuerpos huecos que no sirven para el uso previsto, al menos un orificio hacia el espacio hueco del cuerpo hueco cerrado frente al fluido del entorno del cuerpo hueco con al menos un componente de un material metálico o cerámico permeable al gas.

30 Ventajosamente se disponen cuerpos huecos metálicos y de manera aún más ventajosa se disponen como cuerpos huecos metálicos rodillos de instalaciones de recubrimiento por inmersión de baño fundido.

Más ventajosamente, los cuerpos huecos se disponen en masas fundidas, líquidos y/o gases a temperaturas que se sitúan como mínimo por encima del punto de fusión y/o del punto de reblandecimiento de los materiales.

35 De forma también ventajosa, los cuerpos huecos se disponen en masas fundidas de metales o aleaciones metálicas, vidrios o polímeros.

De manera igualmente ventajosa, el componente se dispone en zonas laterales y/o en zonas de almacenamiento.

También resulta ventajoso que, en caso de cuerpos huecos en forma de rodillo, el componente se disponga en las superficies frontales y/o en los pivotes para el apoyo de los cuerpos huecos en forma de rodillo, disponiéndose el componente de forma aún más ventajosa en el pivote de los cuerpos huecos en forma de rodillo, cuyo espacio hueco interior está unido al espacio hueco del cuerpo hueco en forma de rodillo.
 40

De un modo igualmente ventajoso, el componente se conforma como disco.

Además resulta ventajoso que varios componentes se dispongan en varios orificios o que en un orificio se dispongan uno detrás de otro varios componentes, consistiendo los distintos componentes ventajosamente en materiales diferentes en el caso de que en un orificio se dispongan sucesivamente varios componentes.

45 También resulta ventajoso que el componente presente zonas estructuradas, ventajosamente reducciones locales del grosor.

Se considera igualmente ventajoso que el componente sea de un material cerámico poroso, empleándose de manera aún más ventajosa como material cerámico materiales cerámicos porosos o materiales compuestos porosos de distintos materiales y empleándose de manera todavía más ventajosa como materiales cerámicos, cerámicas de óxido y silicato como óxido de aluminio, cordierita, esteatita, óxido de magnesio, óxido de circonio, silicato de circonio, titanato de aluminio o cerámicas sin óxido como nitruro de silicio, SiAlONe, nitruro de aluminio, carburo de silicio, carburo de titanio, diboruro de titanio o materiales de carbono como grafito o carbono de vidrio o materiales compuestos como óxidos carbonoligados o metales duros.
 50

También resulta ventajoso que el componente presente una permeabilidad al gas del orden de 10^{-14} m^2 a 10^{-8} m^2 , ventajosamente del orden de 10^{-13} a 10^{-10} m^2 .
 55

Según la invención, el dispositivo conforme a la invención se emplea como seguro de sobrepresión o seguro de reventamiento.

Ventajosamente, el empleo del dispositivo se lleva a cabo como seguro de reventamiento a presiones de reventamiento del orden de 0,5 a 2 MPa.

- 5 Con la solución según la invención se tiene por primera vez la posibilidad de realizar una reducción de la presión segura y controlada de cuerpos huecos en fluidos a temperaturas más altas, especialmente en masas fundidas. De este modo se mejora especialmente la seguridad en el trabajo en instalaciones con este tipo de cuerpos huecos.

Al mismo tiempo se retrasa o se evita por completo, según la invención, la penetración de los fluidos a temperaturas más elevadas, o sea, especialmente de las masas fundidas en el interior de los cuerpos huecos.

- 10 Por fluidos a temperaturas más elevadas han de entenderse según la invención masas fundidas, líquidos calentados y/o gases o vapores calentados.

Por fluidos en el marco de esta invención han de entenderse masas fundidas, líquidos o gases, utilizándose la solución según la invención especialmente para masas fundidas, más concretamente para masas fundidas de metales o aleaciones metálicas, vidrios o polímeros.

- 15 Por consiguiente, por temperaturas más elevadas para masas fundidas han de entenderse en el marco de esta invención las temperaturas a las que se han calentado los materiales al menos hasta por encima del punto de fusión y/o del punto de reblandecimiento. El término "temperaturas más elevadas" se relaciona con la temperatura inicial del cuerpo hueco antes de ponerlo en contacto con el fluido. El fluido tiene una temperatura más alta que la del cuerpo hueco, por lo que en el momento de la inserción del cuerpo hueco en el fluido se produce un aumento de temperatura en el cuerpo hueco como consecuencia de la compensación de temperaturas, lo que a su vez da lugar a una expansión del volumen del gas en el interior del cuerpo hueco que da lugar al aumento de presión no deseado en el interior. En la mayoría de los casos, el cuerpo hueco presenta una temperatura original de aproximadamente -5 a 40°C, mientras que las temperaturas más elevadas se sitúan por regla general por encima de los 80°C, en el caso de masas fundidas metálicas entre 350 a 800°C o más.

- 25 Sorprendentemente, el problema planteado se ha podido resolver disponiéndose en el cuerpo hueco, en el punto correspondiente, un componente según la invención. En estos puntos correspondientes, que se encuentran en zonas del cuerpo hueco que no sirven para el uso previsto, se practican o existen orificios en los que se introduce el componente según la invención.

- 30 El componente según la invención se configura ventajosamente en forma de disco y de manera aún más ventajoso en forma de disco cerámico de un material cerámico poroso que bajo fluidos y temperaturas más elevadas no muestra ningún síntoma de corrosión y/o destrucción, al menos durante un período de tiempo prolongado.

- 35 En el caso de un rodillo hueco en instalaciones de recubrimiento por inmersión de baño fundido, por zonas que sirven para el uso previsto se han de entender las superficies de camisa del rodillo hueco, dado que allí el material a recubrir entra en contacto con el rodillo hueco. En todos los demás puntos del rodillo hueco se puede montar el componente según la invención. El componente se ha montado ventajosamente en el pivote hueco, por lo que por uno de los lados del componente se registraban las condiciones ambientales del espacio hueco del rodillo hueco y por el otro lado las de la masa fundida. Hay que tener en cuenta que el componente según la invención se tenía que montar en el rodillo hueco de forma impermeable al gas en los bordes, para que el componente según la invención no se pueda empujar a presión fuera del pivote hueco durante el paso de gas y para que la masa fundida no pueda penetrar allí en el interior del pivote hueco. Esto se puede conseguir, por ejemplo, por medio de masas de obturación que contienen carbono. El componente según la invención de un material permeable al gas cierra, por lo tanto, el espacio hueco del cuerpo hueco frente a la masa fundida. El material permeable al gas según la invención es poroso y, por consiguiente, permeable a los gases que se escapan del interior y que, por lo tanto, dan lugar a una reducción y una descarga de presión.

- 45 El material poroso se caracteriza por propiedades de poro que impiden al mismo tiempo una penetración de la masa fundida a través del material en el espacio interior del cuerpo hueco y especialmente en el espacio interior del rodillo hueco.

- 50 Esto se consigue seleccionando las propiedades de humectación del material poroso de manera que una penetración de la masa fundida como consecuencia de una humectación insatisfactoria no se produzca o sólo se produzca de forma insuficiente o que, en el caso de una humectación, sí se produzca una penetración de la masa fundida en el material poroso, pero que la masa fundida se retenga allí como consecuencia de elevadas fuerzas capilares y no penetre en el espacio interior del cuerpo hueco. La penetración se evita cuando las fuerzas capilares son más altas que la así llamada presión hidrostática que actúa sobre el espacio hueco desde la masa fundida que, en el caso de los rodillos huecos de las instalaciones de recubrimiento por inmersión de baño fundido, viene determinada por la profundidad de inmersión del rodillo hueco en el baño de masa fundida, la densidad de la masa fundida y la fuerza de atracción terrestre.

- 55 La selección del material poroso se puede llevar a cabo fácilmente teniendo en cuenta el comportamiento de humectación, las condiciones ambientales, especialmente la tensión superficial de la masa fundida y la característica

de los poros (tamaño de los poros) del material poroso según la llamada ecuación de Washburn conocida y mediante una adaptación a la presión hidrostática que se produce durante el uso por parte de un experto.

La fuerza capilar de un material poroso en contacto con una masa fundida se describe por medio de la ecuación de Washburn:

$$5 \quad p_k = \frac{2\gamma}{r} \cdot \cos\phi$$

p_k = Presión capilar [Pa]

γ = Tensión de superficie [Jm^{-2}]

r = Radio capilar [m]

ϕ = Ángulo de humectación [°]

- 10 Tanto en caso de no humectación, como también en caso de humectación del material poroso con una masa fundida se garantiza un paso de gases desde el espacio interior del cuerpo hueco, a través del material poroso, a la masa fundida, tan pronto la presión del gas en el interior del cuerpo hueco supere la suma de presión hidrostática de la masa fundida, que es la resistencia al paso del material poroso (estimación según la ecuación de Darcy):

$$\Delta p = \frac{\eta}{k} \cdot d \cdot v \quad (1)$$

- 15 Δp = Pérdida de presión [Pa]

η = Viscosidad dinámica [Pa·s]

k = Permeabilidad específica [m^2]

d = Grosor de material [m]

v = Velocidad de flujo [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]

- 20 y en el caso de la humectabilidad, la presión capilar. El paso de los gases se produce hasta que se alcanza un equilibrio de presión, de manera que se pueda evitar de forma fiable una generación de presión peligrosa en el interior del cuerpo hueco.

- 25 Para mejorar la función de seguridad es ventajoso diseñar el componente del material poroso permeable al gas también en el sentido de un seguro de sobrepresión o disco de reventamiento. Es decir, en el caso de la superación no prevista de una presión determinada o de una gama de presión se produce una deformación fuerte o destrucción del componente de material poroso, por lo que la parte hasta entonces cerrada por el componente poroso se abre parcial o totalmente, pudiendo el gas escapar al entorno o a la masa fundida, con lo que se produce un descenso de la presión.

- 30 Esto ciertamente conduce a una destrucción del componente según la invención y posiblemente a continuación a una penetración de la masa fundida en el cuerpo hueco, pero impide daños de mayor importancia y no previsibles debido a una deformación o destrucción del propio cuerpo hueco en el sentido de la máxima seguridad posible en el trabajo.

- 35 También resulta ventajoso que la dirección, la cantidad y la presión del gas que sale del componente destruido se puedan prever y que otros daños se puedan evitar o reducir gracias a medidas de prevención adicionales en el campo técnico de la seguridad.

- 40 La concepción de la función de seguridad adicional para una presión de reventamiento determinada o una gama de presión de reventamiento es fácilmente posible teniendo en cuenta las características de resistencia del material poroso, la geometría y la fijación del componente poroso permeable al gas por parte de un experto. Mediante la aplicación de cambios específicos de la sección transversal en el componente se pueden prever uno o varios puntos de rotura controlada que permitan una rotura o un fraccionamiento de la pieza moldeada porosa en puntos predeterminados. De este modo se puede conseguir una fragmentación específica del componente, con lo que se evita un atascamiento involuntario de la sección transversal abierta después de la rotura debido a piezas desprendidas del componente.

Por medio de un sistema de control se puede garantizar que el caso de reventamiento que se produzca se pueda reconocer para poder extraer el cuerpo hueco a tiempo del baño de masa fundida y sustituir el componente.

Como material permeable al gas convendría elegir un material resistente a las condiciones de uso, es decir, a la temperatura de la masa fundida y a su corrosión, así como a las fuerzas mecánicas activas.

5 Según la invención se pueden emplear todos los materiales metálicos permeables al gas, materiales cerámicos permeables al gas o materiales compuestos permeables al gas de diferentes clases de material. En función de la masa fundida se pueden utilizar como materiales metálicos aceros de aleación alta, estelitas o materiales en general resistentes a altas temperaturas y a la corrosión, por ejemplo, a base de Ni, y como materiales cerámicos, por ejemplo, cerámicas de óxido y silicato como óxido de aluminio, cordierita, esteatita, óxido de magnesio, óxido de circonio, silicato de circonio, titanato de aluminio o cerámicas sin óxido como nitruro de silicio, SiAlONe, nitruro de aluminio, carburo de silicio, carburo de titanio, diboruro de titanio o también materiales de carbono como, por ejemplo, grafito o carbono de vidrio, así como materiales compuestos como, por ejemplo, óxidos carbonoligados o metales duros.

15 La permeabilidad específica k es una propiedad del material poroso en la que se influye fundamentalmente por medio del tamaño de los poros D y del volumen de los poros ϵ , así como de la tortuosidad de los canales de poros.

Una estimación simple de k según la ecuación de Ergun (sin tortuosidad) proporciona

$$k = \frac{\epsilon^3}{150 \cdot (1 - \epsilon)^2} \cdot D^2 \quad (3)$$

k = Permeabilidad específica [m^2]

ϵ = Porosidad [-]

20 D = Diámetro medio de poro [m]

Esta ecuación proporciona una estimación aproximada; en el material real, la tortuosidad, la distribución del diámetro de los poros y posibles anisotropías puede dar lugar a diferencias, por lo que en el caso concreto se tiene que recurrir a valores de medición.

25 Además, los materiales con una mala resistencia a la corrosión se pueden dotar de capas protectoras más resistentes a la corrosión, pudiéndose aplicar estas capas protectoras tanto en la zona de contacto con la masa fundida, como también por la superficie interior de los poros. El experto en la materia puede seleccionar fácilmente los materiales en base a las experiencias pertinentes en aplicaciones a temperaturas más elevadas y especialmente en caso de materiales resistentes en aplicaciones de masas fundidas.

30 Los materiales preferidos para el uso en fundiciones de zinc y aluminio con una temperatura de fusión de entre 400 - 800°C son sobre todo materiales cerámicos resistentes a la corrosión que son difíciles de humectar por la masa fundida como nitruro de silicio, SiAlONe, nitruro de aluminio, diboruro de titanio, pero también materiales de óxido de aluminio, carburo de silicio o carbono.

35 Para la realización de la permeabilidad al gas y, por lo tanto, de la porosidad de los materiales para el componente, se pueden utilizar procedimientos y métodos de estructuración conocidos. Estos incluyen, por ejemplo, la sinterización de polvos, manteniendo los espacios entre las partículas de polvo, la sinterización de fibras cortas o largas, el uso de materiales espaciadores, métodos de moldeo de plantillas, procedimientos de espumado, etc.

40 En el caso de la porosidad debe tratarse de la así llamada porosidad abierta que permite un paso de los gases. Esto es posible en caso de poros isotrópicos distribuidos uniformemente a partir de una proporción total de poros de aproximadamente >35%. Sin embargo, en el caso de los canales de poros dirigidos, también se puede lograr una capacidad de flujo suficiente con proporciones de poros más bajas.

45 El tamaño de los poros puede ser del orden de 1-1000 μm , utilizándose preferiblemente materiales con poros del orden de 5 a 200 μm . Los materiales porosos presentan por regla general una distribución del tamaño de poros determinada que normalmente se determina mediante el procedimiento de la porosimetría de mercurio o también de la porometría de permeabilidad. Para la aplicación se prefiere una distribución del tamaño de poros estrecha que (partiendo de unas funciones de distribución conocidas de la distribución del tamaño de poros (LNVT, RRSB-VT, GGS-VT)) se describe mediante un valor de relación de $d90/d10 \geq 0,5$.

50 Además es posible utilizar componentes con una así llamada porosidad asimétrica o graduada o proporción de poros y tamaño de poros. Por ejemplo, un material con una porosidad más gruesa puede utilizarse como soporte, sobre el que se aplica una capa delgada (membrana) de una capa fina porosa. También es posible utilizar dos o varias piezas moldeadas de diferentes materiales (diferentes en cuanto al material y/o a las características de los poros), unas detrás de otras con respecto a la dirección del flujo.

55 El material poroso permeable al gas puede utilizarse como componente en diversas formas geométricas. Éstas incluyen, por ejemplo, discos rectos o curvos, cilindros, cilindros cerrados por un lado (manguitos), conos truncados o formas más complejas como los conos. La elección depende de la disposición del material permeable al gas en el orificio del cuerpo hueco. Se prefiere una forma con un grosor de pared uniforme.

También es posible disponer varios componentes en varios orificios en el cuerpo hueco. Según la invención, también es posible que varios componentes se dispongan unos detrás de otros dentro de un orificio en el cuerpo hueco. En este caso, si en un cuerpo hueco se encuentran varios componentes, los materiales de los distintos componentes pueden ser diferentes y especialmente configurarse diferentes con respecto a la resistencia a la presión de reventamiento, porosidad y/o permeabilidad.

También es posible una estructuración de los componentes según la invención de manera que, por ejemplo, estén presentes reducciones de grosor locales que puedan representar un punto de rotura controlada en caso de reventamiento. Estas reducciones de grosor pueden ser del 5% o más del grosor.

La determinación de la superficie de paso depende del volumen de gas adicional previsible que se genera al calentarse el cuerpo hueco, por ejemplo, por medio de una inmersión en el baño de fusión o un paso de precalentamiento mediante la expansión del gas o de las sustancias contenidas en el cuerpo hueco o generadas como consecuencia del aumento de la temperatura. Esto depende fundamentalmente del volumen del espacio hueco del cuerpo hueco, de la diferencia de temperatura y de la composición del gas o del material. Después de la elección del material permeable al gas y de la determinación de su permeabilidad específica, un experto en la materia puede determinar fácilmente, con ayuda de la conocida ecuación de Darci, la superficie necesaria y el grosor de la pieza moldeada requerida para lograr un paso de gas suficiente a través del componente y reducir adecuadamente o limitar la presión interna en el cuerpo hueco. En cualquier caso, la superficie de sección transversal necesaria del componente será muy pequeña, es decir, <1%, en comparación con la superficie de camisa del cuerpo hueco, y el grosor por el que fluye el gas será sólo de unos pocos mm a cm. Por este motivo, en el caso de rodillos huecos en instalaciones de inmersión en baño fundido, el montaje puede llevarse a cabo ventajosamente en uno o en ambos pivotes huecos de rodamiento o en las caras frontales de los rodillos huecos, resultando preferible el uso del componente como disco plano o manguito cilíndrico.

En el caso del diseño simultáneo de la pieza moldeada en el sentido de un seguro de sobrepresión o de un disco de reventamiento, también es posible utilizar dos o varios componentes con diferentes propiedades mecánicas, diferente permeabilidad y/o diferente comportamiento de humectación. De este modo se puede lograr que sólo un componente pueda reventar bajo una carga de presión determinada, mientras que uno o varios componentes permanecen intactos en el dispositivo de ventilación y evitan o ralentizan la penetración de la masa fundida incluso después de la destrucción del primer disco. En este caso también se puede utilizar un material que reaccione específicamente con la masa fundida que penetra y que ralentice o impida su paso.

Para el montaje del/de los componente/s debe tenerse en cuenta que se utiliza un dispositivo o una sujeción impermeable al gas que también garantiza una estanqueidad contra la penetración de la masa fundida.

También hay que tener en cuenta que en caso de una elección de materiales porosos con diferentes coeficientes de dilatación térmica en comparación con el material del cuerpo hueco, no se producen o sólo se producen tensiones mecánicas menores en caso de cambios de temperatura. Para la fijación se pueden utilizar técnicas de unión por adherencia de materiales como soldaduras, uniones soldadas y uniones adhesivas, o también se pueden utilizar uniones no adherentes como uniones de abrazadera, uniones por contracción o uniones atornilladas, pudiéndose utilizar también materiales de obturación adicionales. En caso de uso de materiales cerámicos porosos con un coeficiente de dilatación térmica reducido, resultan preferibles las uniones de abrazadera planas utilizando materiales de obturación elásticos. En este caso, como material obturador resultan preferibles, por ejemplo, los materiales de obturación que contengan carbono, fibra cerámica o mica.

Aquí resulta ventajoso que la unión se pueda separar, de manera que la pieza moldeada del material poroso y el material de obturación puedan reemplazarse fácilmente durante una revisión o corrección, por ejemplo, de los rodillos huecos.

La solución según la invención se diferencia del estado conocido de la técnica, especialmente con respecto a los dispositivos de rodillos para instalaciones de recubrimiento por inmersión en baño fundido, en que:

- no es necesaria ninguna impermeabilización del pivote frente al baño de recubrimiento,
- se puede prescindir de orificios adicionales que unen la cavidad en el pivote a la atmósfera ambiental,
- la penetración del baño de recubrimiento en el espacio hueco del pivote puede evitarse eficazmente,
- por primera vez, un material permeable al gas, en especial una cerámica permeable al gas, se utiliza como componente para el cierre del orificio en los rodillos.

La solución según la invención tiene las siguientes ventajas significativas frente al estado de la técnica:

- Un principio constructivo considerablemente más sencillo con un desgaste reducido. Esto tiene como consecuencia un aumento notable de la vida útil del equipamiento del baño con una reducción de los costes de mantenimiento.
- La posibilidad de un uso seguro de rodillos huecos en un baño de recubrimiento metálico. De este modo es posible obtener las mejores propiedades de funcionamiento y, al mismo tiempo, aumentar considerablemente la seguridad en el trabajo.

La solución según la invención se explica a continuación más detalladamente en un ejemplo de realización.

Ejemplo

En un baño de fusión de aluminio a 680°C se introduce un rodillo de fondo hueco para el recubrimiento por inmersión en baño fundido de una banda de acero. El espacio hueco interior cilíndrico del rodillo tiene un diámetro de 680 mm, una longitud de 1670 mm, lo que da un volumen de 0,606 m³ que se rellena de aire a 20°C antes de su uso. Al sumergir el rodillo en el baño de fusión, el aire se calienta igualmente hasta el estado estacionario a una temperatura de baño de 680°C, con lo que se produce una expansión del volumen del aire en 1,394 m³. El rodillo se baja a una profundidad de 2,5 metros en el baño de fusión, de manera que con una densidad de aluminio de 2,38 g/cm³ actúe sobre el rodillo una presión hidrostática de 0,06 MPa.

En un pivote del rodillo se practica para su apoyo una perforación cilíndrica de paso con un diámetro de 40 mm que une el espacio hueco interior del rodillo al entorno exterior. La perforación cilíndrica en el pivote de rodamiento se amplía a una longitud de 30 mm en una cavidad cilíndrica con un diámetro de 50 mm. En esta cavidad se introduce un disco de cerámica porosa con un diámetro de 48 mm y un grosor de 5 mm que se apoya por ambos lados en una junta anular con una anchura de 4 mm de una lámina de grafito de 1 mm de grosor y se presiona por medio de un anillo tensor metálico. Así resulta una sección transversal del disco cerámico poroso de 40 mm que se puede atravesar libremente. Después de la inmersión del rodillo hueco, la masa fundida penetra en la perforación cilíndrica del pivote hasta el disco cerámico poroso.

El disco cerámico se compone de una cerámica de nitruro de silicio poroso con una porosidad total del 51% y un tamaño medio de poro de 12 µm, configurándose la distribución del tamaño de poros estrecha con una relación d90/d10 de 3 (valores determinados con la porosimetría de mercurio). La permeabilidad específica de esta cerámica, determinada mediante porometría de permeabilidad, es de 1,7x10⁻¹² m². Con una permeabilidad como ésta y la geometría existente, el volumen de gas que se expande en el interior del rodillo hueco se reduce dentro de un plazo de 600 segundos al fluir hacia la masa fundida, generándose brevemente según la ecuación de Darcy una contrapresión máxima de 0,18 MPa.

El ángulo de humectación del nitruro de silicio con masa fundida de aluminio a 700°C es de 160° (D. A. Weirauch Jr., Technologically significant capillary phenomena in hightemperature materials processing - Examples drawn from the aluminium industry, Current Opinion in Solid State & Material Science 9 (2005) 230-240), la tensión superficial de la masa fundida de aluminio a 680°C es de 1,07 J/m² (Kh.Kh. Kalazhokov, Z.Kh. Kalazhokov, Kh.B. Khokonov, Surface Tension of Pure Aluminium Melt, Technical Physics Vol 48, N° 2, 2003, 272-273). Si la cerámica porosa entra en contacto con la masa fundida de aluminio caliente a 680°C resulta, según la ecuación de Washburn, una presión capilar negativa de -0,35 MPa, es decir, el disco no se humedece y tampoco se produce en el disco ninguna infiltración a la presión hidrostática de la masa fundida.

La resistencia a la presión de reventamiento del disco se determina mediante ensayos previos con una sujeción análoga. Ésta es aproximadamente de 1,2 MPa, de manera que, en caso de un aumento imprevisto de la presión en el interior del rodillo, se consiga un reventamiento del disco y una descarga de presión mediante el flujo del gas a través de la perforación de pivote a la masa fundida.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo para la reducción de la presión en cuerpos huecos en fluidos a temperaturas más altas, en el que, para una reducción de la presión segura y controlada en el espacio interior de los cuerpos huecos, se practica en las zonas de los cuerpos huecos que no sirven para el uso previsto, al menos un orificio hacia el espacio hueco del cuerpo hueco que está cerrado frente al fluido del entorno del cuerpo hueco con al menos un componente de un material metálico o cerámico permeable al gas.
- 10 2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que se disponen cuerpos huecos metálicos, estando disponibles ventajosamente como cuerpos huecos metálicos rodillos de instalaciones de recubrimiento por inmersión en baño fundido.
- 15 3. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que los cuerpos huecos se disponen en masas fundidas, líquidos y/o gases a temperaturas que se sitúan como mínimo por encima del punto de fusión y/o del punto de reblandecimiento de los materiales.
- 20 4. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que los cuerpos huecos se disponen en masas fundidas de metales o aleaciones de metales, vidrios o polímeros.
- 25 5. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el componente se dispone en zonas laterales y/o en zonas de almacenamiento.
- 30 6. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el componente se dispone, en caso de cuerpos huecos en forma de rodillo, en las superficies frontales y/o en los pivotes para el apoyo de los cuerpos huecos en forma de rodillo, disponiéndose ventajosamente el componente en el pivote de los cuerpos huecos en forma de rodillo, cuyo espacio hueco interior está unido al espacio hueco del cuerpo hueco en forma de rodillo.
- 35 7. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el componente se configura como disco.
- 40 8. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que varios componentes se disponen en varios orificios o en el que varios componentes se disponen en un orificio unos detrás de otros, componiéndose los distintos componentes de diferentes materiales.
- 45 9. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el componente presenta zonas estructuradas, ventajosamente reducciones de grosor locales.
- 50 10. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el componente se compone de un material cerámico poroso, estando disponibles ventajosamente como material cerámico materiales cerámicos porosos o materiales compuestos porosos de diferentes materiales.
11. Dispositivo según la reivindicación 10, en el que como materiales cerámicos se utilizan cerámicas de óxido y de silicato como óxido de aluminio, cordierita, esteatita, óxido de magnesio, óxido de circonio, silicato de circonio, titanato de aluminio o cerámicas sin óxido como nitruro de silicio, SiAlONe, nitruro de aluminio, carburo de silicio, carburo de titanio, diboruro de titanio o materiales de carbono como grafito o carbono de vidrio o materiales compuestos como óxidos carbonoligados o metales duros.
12. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el componente presenta una permeabilidad al gas del orden de 10^{-14} m^2 a 10^{-8} m^2 , ventajosamente del orden de 10^{-13} a 10^{-10} m^2 .
13. Uso del dispositivo según al menos una de las reivindicaciones 1 a 12 como seguro de sobrepresión o como seguro contra el reventamiento.
14. Uso del dispositivo según la reivindicación 13 como seguro de reventamiento con una presión de reventamiento del orden de 0,5 a 2 MPa.