

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 463 484**

51 Int. Cl.:

B05B 7/14 (2006.01)

B05B 7/16 (2006.01)

C23C 24/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.01.2008 E 08701266 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.04.2014 EP 2108051**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la pulverización de gas frío de partículas de diferente resistente y/o ductilidad**

30 Prioridad:

09.01.2007 DE 102007001477

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

28.05.2014

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
WITTELSBACHERPLATZ 2
80333 MÜNCHEN, DE**

72 Inventor/es:

**ARNDT, AXEL;
PYRITZ, UWE;
SCHIEWE, HEIKE y
ULLRICH, RAYMOND**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 463 484 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para la pulverización de gas frío de partículas de diferente resistente y/o ductilidad

5 La invención se refiere a un procedimiento para la pulverización de gas frío, en el que partículas de un primer tipo son alimentadas junto con partículas de un segundo tipo a una cámara de estancamiento y son aceleradas junto con un gas portador a través de una tobera conectada a continuación de una de las cámaras de estancamiento sobre un sustrato a recubrir. En este caso, las partículas del primer tipo se deforman y permanecen adheridas bajo la configuración de una capa, siendo incorporadas las partículas del segundo tipo, que presentan una resistencia más alta y/o una ductilidad más reducida que las partículas del primer tipo, en la capa.

10 El procedimiento mencionado al principio se conoce, por ejemplo, a partir del documento US 2003/0126800 A1. De acuerdo con este procedimiento, a través de pulverización de gas frío se separan partículas de un material duro junto con partículas de un material metálico sobre la superficie de palas de turbinas. En este caso, se incrusta una porción de 15 a 20 % de las partículas de material duro en la matriz que se configura durante la pulverización de gas frío del material metálico de la matriz. Las partículas de material duro permanecen inalteradas en la matriz en virtud de su alta resistencia y reducida ductilidad. De esta manera se puede explicar también el hecho de que no es posible la tasa de incorporación de materiales duros con porciones de más del 20 %. Las partículas de material duro no permanecen adheridas, en efecto, de forma autónoma sobre la superficie del sustrato a recubrir, puesto que a tal fin no es suficiente la entrada de energía cinética de la pulverización de gas frío y las partículas no presentan una ductilidad suficiente. En su lugar, las partículas de material duro son incorporadas al mismo tiempo en la matriz que se está configurando precisamente del material metálico, de modo que se garantiza la adhesión indirectamente a través del componente con la resistencia más reducida o bien con la ductilidad más elevada.

15 De acuerdo con el documento EP 1 925 693 A2, que ha sido publicado después de la fecha de solicitud de la presente solicitud, se describe una instalación de pulverización en frío, que presenta varios lugares de alimentación para diferentes polvos. Un lugar de alimentación desemboca en la cámara de estancamiento, en la que es posible una mezcla fiable con el gas el proceso. Todos los otros lugares de inyección se encuentran en la zona supersónica de la tobera o bien detrás de la tobera.

25 De acuerdo con el documento EP 1 712 657 A2 se describe, además, que se pueden utilizar varios lugares de alimentación en un procedimiento de recubrimiento también con el propósito de que de forma alterna se separe un polvo y el otro polvo.

30 El cometido de la invención consiste en indicar un procedimiento para la pulverización de gas frío, con el que en el caso de utilización de partículas de diferente tipo, se dejan entrar aquellas partículas con la resistencia más elevada y/o con la ductilidad más reducida con una porción de capa comparativamente alta en la capa.

35 Este cometido se soluciona de acuerdo con la invención porque las partículas del primer tipo son alimentadas en una primera zona a la cámara de estancamiento, que está más cerca de la tobera que una segunda zona, en la que se alimentan las partículas del segundo tipo. De esta manera se consigue con ventaja que las partículas del segundo tipo, que en virtud de la resistencia más elevada y/o de la ductilidad más reducida son problemáticas con respecto a una separación en tasas altas, experimenten una entrada más fuerte de energía en la cámara de estancamiento. Esta entrada de energía se realiza con prioridad a través del gas portador precalentado del chorro de gas frío. Entre las moléculas del gas portador y las partículas que se encuentran en la cámara de estancamiento tiene lugar, en efecto, una compensación de la temperatura. Ésta aparece más fuertemente cuanto más tiempo permanecen las partículas en la cámara de estancamiento. Puesto que la segunda zona, en la que se alimentan las partículas del segundo tipo, está más alejada de la tobera en la dirección el flujo del gas portador, la entrada de energía en las partículas del segundo tipo es mayor. De esta manera se mejoran de forma ventajosa las condiciones previas para una separación de las partículas del segundo tipo.

45 El calentamiento adicional de las partículas más resistentes o bien menos dúctiles puede influir, como se ha mostrado, en el proceso de recubrimiento de diferentes maneras. De acuerdo con una configuración de la invención, las partículas del segundo tipo se pueden fabricar a partir de un material frágil, en particular de un material cerámico. Como material cerámico se contempla especialmente carburo de volframio, de manera que éste se puede separar sobre las palas de un compresor o una turbina, para elevar su tiempo de actividad.

50 El calentamiento adicional de materiales frágiles en la cámara de estancamiento no modifica, en principio, sus propiedades. No obstante, se ha mostrado que las partículas calientes permiten tasas de incorporación más elevadas en una matriz dúctil. Esto se explica porque las partículas del segundo tipo se emplean como acumulador de energía térmica, de manera que esta energía térmica mejora, en el momento de la incorporación de las partículas frágiles en la matriz dúctil, la colaboración entre las partículas del primero y del segundo tipo. La aportación de energía introducida en las partículas frágiles es proporcionada en este caso indirectamente a la formación de la capa con las partículas dúctiles.

55 De acuerdo con otra configuración de la invención, está previsto que las partículas del segundo tipo sean fabricadas

de un metal o de una aleación de metal, que son dúctiles por encima de una temperatura de transición y son frágiles por debajo de esta temperatura, en el que las partículas del segundo tipo son calentadas en la cámara de estancamiento hasta el punto de que éstas se comportan como dúctiles. Si se consigue a través de un calentamiento previo de las partículas del segundo tipo que éstas se vuelvan igualmente dúctiles, entonces es posible de manera ventajosa una separación de estas partículas, sin que éstas deben incorporarse en una matriz de otro material. De esta manera resulta de forma ventajosa que se puede incrementar opcionalmente la porción del material frágil en sí, puesto que no es necesaria ya una matriz, que rodea estas partículas, del otro componente de la capa. Esto conduce de manera ventajosa a que con la pulverización de gas frío se pueda separar una anchura de banda mayor de composiciones de aleación.

De acuerdo con una configuración especial de la invención, está previsto que el gas portador sea calentado en la cámara de estancamiento. A tal fin, se puede prever en la cámara de estancamiento, por ejemplo, una pared exterior calentable. A través del calentamiento adicional del gas portador en la cámara de estancamiento se puede sustituir al menos en parte la aportación de energía, que se introduce en las partículas del segundo tipo, antes de la expansión del gas portador en la tobera. También se puede conseguir una cierta entrada de energía desde la calefacción en las partículas del segundo tipo.

Además, la invención se refiere a un dispositivo para la pulverización de gas frío. Tales dispositivos se conocen, en general y se conocen, por ejemplo, a partir del documento US 2004/0037954 A1. Un dispositivo de este tipo presenta una cámara de estancamiento con un orificio de alimentación para un gas portador y con un conducto de alimentación para partículas previstas para el recubrimiento, de manera que estas partículas se designan a continuación como primeras partículas. Además, a continuación de la cámara de estancamiento, vista en la dirección del flujo del gas de soporte, está conectada una tobera, a través de la cual se expande el gas portador con las partículas en la dirección de un sustrato a recubrir. En este caso, el gas portador se refrigera adiabáticamente, siendo convertida la aportación de energía, que se libera de esta manera, en una aceleración del gas portador así como de las partículas previstas para el recubrimiento.

Como ya se ha explicado, solamente es posible una separación de partículas con resistencia y/o ductilidad de diferente altura con limitaciones.

El cometido de la invención consiste en indicar un dispositivo para la pulverización de gas frío, con el que se pueden fabricar capas, en las que se pueden incorporar una porción comparativamente alta de partículas con una resistencia más elevada y/o con una ductilidad más reducida que las partículas del primer tipo (a continuación mencionadas como partículas del segundo tipo).

Este cometido se soluciona porque en la cámara de estancamiento está previsto un segundo conducto de alimentación, en el que el primer conducto de alimentación desemboca en una primera zona de la cámara de estancamiento, que está más cerca de la tobera que una segunda zona de la cámara de estancamiento, en la que desemboca el segundo conducto de alimentación. Este dispositivo es adecuado para un funcionamiento de acuerdo con el procedimiento descrito con precisión anteriormente, puesto que éste presenta dos conductos de alimentación, y de esta manera se pueden conducir las partículas del segundo tipo para que recorran un camino a través de la cámara de estancamiento distinto que las partículas del primer tipo. De esta manera se puede conseguir un calentamiento previo de las partículas del segundo tipo junto con las ventajas ya mencionadas anteriormente.

De acuerdo con otra configuración de esta invención, el dispositivo está provisto con una instalación de calefacción, que está colocado en la cámara de estancamiento. De esta manera se puede calentar directamente la pared de la cámara de estancamiento o bien el interior de la cámara de estancamiento, con lo que se puede introducir una aportación de calor adicional en las partículas del segundo tipo o bien del gas portador.

Otra configuración de la invención prevé que la instalación de calefacción esté integrada en la pared de la cámara de estancamiento. Esto tiene la ventaja de que las relaciones de la circulación en el interior de la cámara de estancamiento no se perjudican y, por otra parte, se garantiza una vía más corta de transmisión de calor desde la instalación de calefacción hasta la pared de la cámara de estancamiento.

Se consigue una configuración mejorada de la invención cuando el primer conducto de alimentación y/o el segundo conducto de alimentación se pueden desplazar en el dispositivo de tal forma que la distancia desde la primera zona y/o la segunda zona hasta la tobera es variable. Esto tiene la ventaja de que la cantidad de calor que se puede transmitir a través del gas portador se puede controlar porque los lugares de alimentación para las partículas son variables en la dirección de la corriente de gas portador. Éstos influyen directamente en la longitud del camino que deben recorrer las partículas a través de la cámara de estancamiento hasta la tobera, siendo este camino decisivo para la cantidad de calor que se puede transmitir.

Otros detalles de la invención se describen a continuación con la ayuda del dibujo. En este caso:

La figura 1 muestra la sección transversal esquemática a través de un ejemplo de realización del dispositivo para la

pulverización de gas frío, y

La figura 2 muestra un diagrama del trabajo de impacto en probeta entallada sobre la temperatura en metales, que tienen una temperatura de transición.

5 Una pistola de pulverización de gas frío 11 como dispositivo para la pulverización de gas frío representa la pieza central de un dispositivo de pulverización térmica, como se describe, por ejemplo, en el documento US 2004/00347954 A1. La pistola de pulverización de gas frío 11 está constituida esencialmente por una única carcasa 13, en la que están configuradas una tobera Laval 14 y una cámara de estancamiento 15.

10 En la zona de la cámara de estancamiento 15 está incrustada en la pared de la carcasa 13 una espiral calefactora 16, que provoca el calentamiento de un gas portador, que es alimentado a través de un orificio de alimentación 17 a la cámara de estancamiento 15.

15 El gas portador llega a través del orificio de alimentación 17 en primer lugar a la cámara de estancamiento 15 y la abandona a través de la tobera Laval. En este caso, el gas portador puede ser calentado en la cámara de estancamiento hasta 800°C. A través de un segundo conducto de alimentación 18a así como un primer conducto de alimentación 19 se alimentan las partículas previstas para el recubrimiento. Por medio de la alimentación de la corriente de gas portador a través de la tobera Laval 14 se provoca una refrigeración de la corriente de gas portador, que presenta en la zona del orificio de tobera temperaturas inferiores a 300°C. Esta reducción de la temperatura se puede atribuir a una expansión esencialmente adiabática del gas portador, que presenta en la cámara de estancamiento, por ejemplo, una presión de 30 bares y se expande fuera del orificio de la tobera a presión atmosférica.

20 El primer conducto de expansión 19 desemboca en una zona muy próxima a la tobera en la cámara de estancamiento. Como tobera se entiende en el marco de esta solicitud la parte de la pistola de pulverización fría, que se estrecha en primer lugar en la sección transversal y luego se ensancha de nuevo (se indica por medio de la llave del signo de referencia 14). La zona de la pistola de pulverización fría, que sirve como cámara de estancamiento, está identificada con la llave del signo de referencia 15. A partir de la figura 1 se deduce claramente que la zona cónica, que se conecta en la zona cilíndrica de la cámara de estancamiento, puede pertenecer tanto a la cámara de estancamiento 15 como también a la tobera 14. Las relaciones de la circulación entre la cámara de estancamiento y la tobera se pasan unas a las otras, de manera que las partes de la pared cónica que se conectan en la zona cilíndrica forman todavía una sección transversal tan grande que las relaciones de la circulación corresponden más bien a las de la cámara de estancamiento, es decir, que se produce una aceleración significativa del gas portador y de las partículas ya en la zona cónica esencialmente más estrecha. Por lo tanto, el primer conducto de alimentación 19 desemboca también en esta zona cónica, con lo que las partículas alimentadas son aceleradas posiblemente sin demora de tiempo en la parte que actúa de manera significativa como tobera 14.

35 El segundo conducto de alimentación 18a desemboca en la parte de la cámara de estancamiento 15 alejada de la tobera 14, de manera que las partículas deben recorrer toda la cámara de estancamiento y en este caso son calentadas de forma prioritaria por el gas portador. A través de los dos lugares de alimentación de los conductos de alimentación 18a, 19 aparece una primera zona 20 y una segunda zona 21 para la alimentación de las partículas del primer tipo 22 y de las partículas del segundo tipo 23 (indicado sólo en la figura 1). En el chorro de gas frío 24 generado en la tobera se encuentran las partículas del primer tipo 22 y del segundo tipo 23 mezcladas entonces y son separadas sobre un sustrato 25 como capa 26.

40 De manera alternativa al conducto de alimentación 18aa se puede prever también un conducto de alimentación 18b, que es desplazable axialmente. A través de un desplazamiento en la dirección de la doble flecha indicada se puede mover de esta manera el lugar de alimentación 21 hacia la tobera 14 y fuera de ella. De este modo se puede adaptar la pistola de pulverización fría 11 al caso de aplicación respectivo y a la cantidad de calor necesaria para el calentamiento previo de las partículas 23.

45 En la figura 3 se representa de forma esquemática el comportamiento en función de la temperatura de metales con una temperatura de transición $T_{\bar{u}}$. Sobre el eje-X se representa la temperatura T y sobre el eje-Y se representa el trabajo de impacto en probeta entallada A_v . Éste se calcula en el llamado ensayo de flexión de choque en probeta entallada, en el que una probeta entallada es expuesta a una sollicitación de choque (por ejemplo DIN EN 10045). El comportamiento de los metales se puede dividir en tres zonas en función del comportamiento de rotura. En la zona I se realiza una rotura frágil, puesto que el metal pierde sus propiedades dúctiles a bajas temperaturas. En la zona III, el metal se comporta como dúctil y, por lo tanto, despliega las propiedades mecánicas conocidas para metales. Entre la zona I y la zona III se encuentra la zona II, en la que aparecen las llamadas roturas mixtas, que presentan porciones frágiles y porciones dúctiles. Como se puede deducir a partir de las líneas de puntos y trazos, en la zona II existe una dispersión grosera durante el cálculo el trabajo de choque en probeta entallada, puesto que las relaciones en la textura son caóticas. En las zonas I y III se pueden calcular más exactamente los valores para el trabajo de choque en probeta entallada. Por lo tanto, la temperatura de transición $T_{\bar{u}}$ es un valor, que no se puede calcular exactamente.

Metales típicos, que presentan una temperatura de transición, son los siguientes:

metales con rejilla cúbica centrada en el espacio (aceros no aleados y de baja aleación, cromo, molibdeno), metales con rejillas hexagonales (aluminio).

- 5 Por ejemplo, los aceros no aleados con una porción de más de 0,6 % en masa de carbono tienen ya una temperatura de transición vítrea entre 100 y 200°, de manera que éstos están predestinados para el procedimiento de acuerdo con la invención. Otro ejemplo es la generación de una aleación de cobre y cromo. Además, se pueden recubrir también palas de turbinas, de manera que se separa, por ejemplo, carburo de wolframio como material duro junto con una aleación de MCrAlY.

Lista de signos de referencia

| | | |
|----|----------|--------------------------|
| 10 | 11 | Partículas 1 |
| | 12 | Partículas 2 |
| | 14 | Tobera |
| | 15 | Cámara de estancamiento |
| | 16 | Espiral calefactora |
| 15 | 17 | Orificio de alimentación |
| | 18a, 18b | Conducto de alimentación |
| | 19 | Conducto de alimentación |
| | 20 | Primera zona |
| | 21 | Segunda zona |
| 20 | 22 | Primeras partículas |
| | 23 | Segundas partículas |
| | 25 | Sustrato |
| | 26 | Capa |

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Procedimiento para la pulverización de gas frío, en el que partículas (22) de un primer tipo son alimentadas junto con partículas (23) de un segundo tipo a una cámara de estancamiento (15) y son aceleradas junto con un gas portador a través de una tobera (14) conectada a continuación de una de las cámaras de estancamiento (15) sobre un sustrato (25) a recubrir, en el que las partículas (22) del primer tipo se deforman y permanecen adheridas sobre el sustrato (25) bajo la configuración de una capa (26), siendo incorporadas las partículas (23) del segundo tipo, que presentan una resistencia más alta y/o una ductilidad más reducida que las partículas (22) del primer tipo, en la capa (26), caracterizado porque las partículas (22) del primer tipo son alimentadas en una primera zona (20) a la cámara de estancamiento (15), que está más cerca de la tobera (14) que una segunda zona (21) de la cámara de estancamiento (15), en la que se alimentan las partículas (23) del segundo tipo.
- 10 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque las partículas (23) del segundo tipo se fabrican a partir de un material frágil, en particular de un material cerámico.
- 15 3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque las partículas (23) del segundo tipo se fabrican de una resina, en particular carburo de wolframio (W₆C) y porque como sustrato se recubre una pala para un compresor o una turbina.
- 20 4.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque las partículas (23) del segundo tipo se fabrican de un metal o de una aleación de metal, que son dúctiles por encima de una temperatura de transición y son frágiles por debajo de esta temperatura, en el que las partículas (23) del segundo tipo son calentadas en la cámara de estancamiento hasta el punto de que éstas se comportan como dúctiles.
- 5.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el gas portador se calienta en la cámara de estancamiento (15).
- 25 6.- Dispositivo para la pulverización de gas frío, que presenta
- una cámara de estancamiento (15) con un orificio de alimentación (17) para un gas portador y con un primer conducto de alimentación (19) para partículas (22) previstas para el recubrimiento de un primer tipo y
 - una tobera (14) conectada a continuación de las cámaras de estancamiento (15)
- 30 caracterizado porque en la cámara de estancamiento (15) está previsto un segundo conducto de alimentación (18a, 18b), en el que el primer conducto de alimentación (19) desemboca en una primera zona (20) de la cámara de estancamiento (15), que está más cerca de la tobera (14) que una segunda zona (21) de la cámara de estancamiento (15), en la que desemboca el segundo conducto de alimentación.
- 7.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque la cámara de estancamiento está provista con una instalación de calefacción.
- 8.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque el dispositivo de calefacción está integrado en la pared de la cámara de estancamiento.
- 35 9.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizado porque el primer conducto de alimentación (19) y/o el segundo conducto de alimentación (18a, 18b) se pueden desplazar en el dispositivo de tal forma que la distancia desde la primera zona (20) y/o la segunda zona (21) hasta la tobera es variable.

40

FIG 1

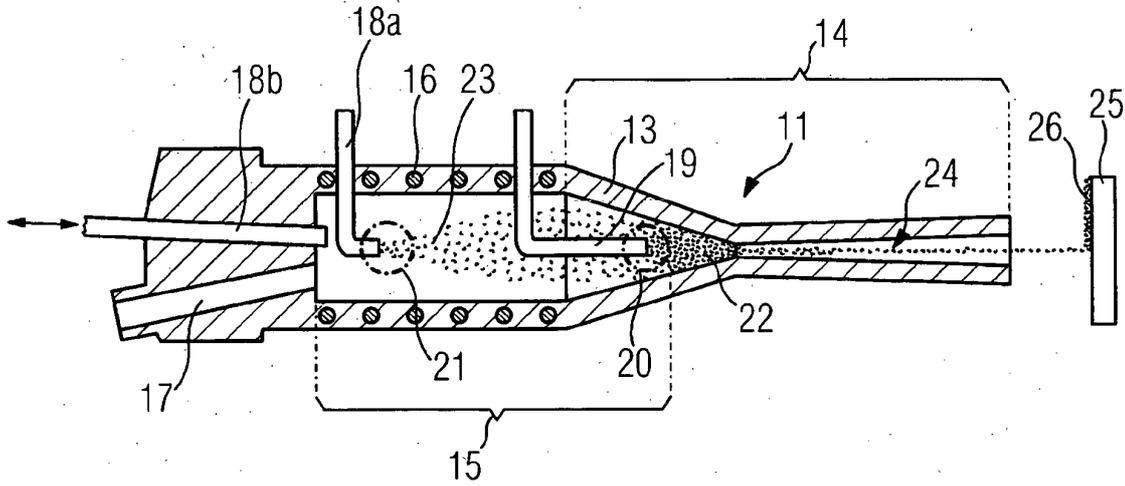


FIG 2

