

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 698 098**

51 Int. Cl.:

B23P 6/00 (2006.01)

C23C 4/01 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.12.2004 PCT/US2004/040765**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.12.2005 WO05122713**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.12.2004 E 04822117 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.06.2018 EP 1694463**

54 Título: **Procedimiento para eliminar revestimientos de barreras térmicas**

30 Prioridad:

15.12.2003 US 736019

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

31.01.2019

73 Titular/es:

**TURBOCOMBUSTOR TECHNOLOGY, INC.
(100.0%)
3651 S.E. Commerce Avenue
Stuart, Florida 34997, US**

72 Inventor/es:

HANLEY, GARY LYNN

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 698 098 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para eliminar revestimientos de barreras térmicas

Antecedentes de la invención

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para eliminar un revestimiento cerámico de barrera térmica de los orificios de enfriamiento de un componente de motor de turbina de gas, tal como un revestimiento de la cámara de combustión.

10 Los motores de turbina de gas (aeroespaciales e industriales) están diseñados de tal manera que sus componentes de la superaleación a base de aluminio y cobalto operan a temperaturas muy cercanas a sus puntos de fusión. Los revestimientos de barrera térmica (TBC por sus siglas en inglés) cumplen la importante función de aislar componentes que operan a temperaturas elevadas. Los componentes típicos de la turbina son la cámara de combustión (véase la cámara de combustión 10 en la FIGURA 1), conductos, boquillas de descarga, paletas de turbina y álabes guía de boquillas. Los TBC se caracterizan por su conductividad térmica muy baja, y el revestimiento tiene un gran gradiente de temperatura cuando se expone al flujo de calor.

15 El material de TBC aplicado más comúnmente es zirconia estabilizada con itria (YSZ), que exhibe resistencia al choque térmico y fatiga térmica hasta 1150 grados C. Típicamente, la capa cerámica se puede depositar mediante pulverización con plasma de aire (APS por sus siglas en inglés), pulverización de plasma a presión baja (LPPS) o un procedimiento de deposición física de vapor (PVD por sus siglas en inglés), tal como deposición física de vapor por haz de electrones (EB – PVD por sus siglas en inglés). Es una práctica común recubrir previamente el material del sustrato con una capa adhesiva. La capa adhesiva admite las tensiones residuales que de otro modo se pueden desarrollar en el sistema de revestimiento, causadas por el sustrato metálico y la cerámica TBC que tienen diferentes coeficientes de expansión térmica, así como por proporcionar oxidación y resistencia a la corrosión. Las capas adhesivas típicas incluyen, pero sin limitación, MCrAlY, en que M es Ni, Co, Fe o mezclas de los mismos, o un revestimiento de aluminio de difusión o aluminio de platino.

25 El deseo de aumentar la eficiencia de los motores de turbina de gas ha conducido a un aumento de la temperatura en la cámara de combustión y la sección caliente del motor de turbina. Con el fin de compensar la temperatura adicional, el enfriamiento del orificio de efusión se utiliza a menudo donde hay una carga de calor significativa. El enfriamiento del orificio de efusión de un componente del motor, tal como una cámara de combustión 10 como se muestra en la FIGURA 1, se lleva a cabo mediante la perforación láser de orificios de enfriamiento de diámetro pequeño (0,25 a 1,52 mm (0,010 a 0,060 pulgadas) de diámetro) en ángulos y patrones específicos que administran el aire de enfriamiento requerido al componente del motor. Los sistemas de enfriamiento de orificios de efusión se usan generalmente junto con los recubrimientos TBC en los componentes del motor para lograr el máximo beneficio resultante de su capacidad para mantener altos gradientes térmicos. La reducción de la temperatura del sustrato de metal prolonga la vida del componente del motor. Además, estos orificios de enfriamiento y sistemas de TBC reducen los gradientes térmicos en el sustrato de metal, de este modo se reduce la fuerza impulsora de la fatiga térmica. El beneficio de estos sistemas se obtiene en una mayor durabilidad de los componentes, una mayor temperatura del gas, un mejor rendimiento y eficiencia.

40 La perforación láser (por ejemplo, láser Nd: YAG) se usa para perforar y fabricar orificios de enfriamiento en los componentes de la sección caliente del motor de la turbina de gas. Estas partes están preferiblemente protegidas por revestimientos de barrera térmica (TBC). El procedimiento de perforación láser puede fabricar los orificios de enfriamiento mediante la perforación a través del sustrato metálico del componente y el TBC al mismo tiempo; sin embargo, el daño inducido por láser ocurre durante este procedimiento de fabricación. El daño microestructural se genera en la interfaz TBC con la capa adhesiva metálica y el sustrato metálico que produce la separación de TBC y la subsiguiente pérdida de revestimiento de aislamiento cerámico (espalación) que es perjudicial para el sustrato metálico debido a las altas cargas de calor que afectan negativamente parte durabilidad y vida útil.

45 Se han desarrollado diversas técnicas para eliminar los revestimientos de barrera térmica de los componentes durante la fabricación y reparación, que incluyen los componentes enfriados por aire. La Patente U.S. Núm. 6.004.620, EP 1340587 A2 y la Patente U.S. Núm 6.620.457 B2 describen un sistema de chorro de agua con o sin medios particulados (abrasivos o no abrasivos) utilizando un chorro que contiene líquido que opera a altas presiones de fluidos que van desde $3,4e. +7$ a $3,4e + 8$ Pa (5000 libras por pulgada cuadrada a 50.000 libras por pulgada cuadrada) para eliminar los depósitos del recubrimiento de la barrera térmica. El procedimiento de chorro de agua crea un desgaste "mínimo" y la erosión del sustrato subyacente después de un ciclo único a $3,4e + 7$ Pa (5000 libras por pulgada cuadrada) de presión. Los ciclos adicionales y/o presiones aumentados proporcionan desgaste y erosión más allá de lo que se considera mínimo.

55 El documento EP 1 317 995 A (Siemens AG) publicado el 11 de junio de 2003 describe un procedimiento para eliminar material cerámico de la superficie de una paleta de la turbina de gas que tiene una capa metálica de protección contra la corrosión a alta temperatura sobre la que se aplica una capa aislante cerámica. El procedimiento comprende dirigir un chorro de partículas de hielo seco sobre la superficie, de modo que el material de la capa aislante se elimina por la acción de las partículas de hielo seco.

El documento US 5 976 265 A (Sangeeta D et al) publicado el 2 de noviembre de 1999 describe un procedimiento eliminar selectivamente un revestimiento que contiene aluminio de la superficie de un sustrato a base de metal. Incluye poner en contacto la superficie del sustrato con al menos una composición de extracción para degradar el revestimiento sin picar gravemente el sustrato, y eliminar el revestimiento degradado sin dañar el sustrato.

- 5 El documento US 2003/148710 A1 (Esser Winfried et al), publicado el 7 de agosto de 2003, describe un método para eliminar una capa metálica de un sistema de capas. Una capa metálica se enfría por debajo de la temperatura ambiente, lo que lleva a la fragilización. Posteriormente, la capa metálica se extrae mediante la realización de un procedimiento de chorreado que tiene una alta eficiencia debido a la fragilidad. Además, se evita que el sustrato se dañe mediante el uso de energía de chorreado comparativamente baja.

10 **Sumario de la invención**

La presente invención proporciona un procedimiento que comprende las características de la reivindicación 1.

- 15 Brevemente, la presente invención proporciona un procedimiento que usa un chorro de aire que contiene medios particulados no abrasivos a una presión baja que elimina selectivamente los revestimientos de barrera térmica de los componentes sin dañar el sustrato metálico. Este procedimiento elimina selectivamente los revestimientos de barrera térmica de los orificios de enfriamiento de los componentes.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 representa una vista lateral del aparato usado para llevar a cabo el procedimiento de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

- 20 La presente invención proporciona un procedimiento que utiliza un chorro de solo aire a baja presión con medios particulados no abrasivos que es efectivo para la eliminación de depósitos de revestimiento de barrera térmica y no produce una erosión por desgaste del sustrato metálico subyacente debida al aire del procedimiento de baja presión y las características inherentes de los medios no abrasivos que se usan. El presente procedimiento se puede usar un número ilimitado de veces en un componente sin desgaste y erosión significativos.

- 25 Este procedimiento utiliza un medio particulado no abrasivo, preferiblemente un medio seco de perlas esféricas, bajo aire a presión baja controlada que mecaniza y elimina efectivamente, los revestimientos de barrera térmica sin afectar adversamente al sustrato metálico componente. Este procedimiento es efectivo para eliminar el revestimiento de TBC que se puede depositar en o sobre las características de los componentes, que incluye, pero sin limitación, los orificios de enfriamiento del aire de efusión y los orificios de enfriamiento del aire en general, así como cualquier
30 componente que no requiera o se necesite TBC.

- Este procedimiento permite que los componentes sean fabricados o reparados mediante un procedimiento de perforación con láser (si es necesario) que produce o restaura orificios de enfriamiento de aire antes de la aplicación o restauración del revestimiento de barrera térmica. Un atributo beneficioso principal de este procedimiento es la capacidad de aplicar el revestimiento de barrera térmica después de cualquier perforación láser requerida, de este modo se elimina el daño inducido por el láser que contribuye a la pérdida de TBC (espalación) y el posterior daño
35 térmico o deterioro al sustrato metálico del componente que afecta adversamente la durabilidad y vida útil de la pieza.

- Un beneficio adicional de este procedimiento es la mejora de la superficie de los interiores del orificio de enfriamiento del aire y los bordes del orificio al alisar y redondear cualquier borde áspero o afilado lo que mejora
40 significativamente las características del flujo de aire de los orificios de enfriamiento del aire. La prueba de flujo de aire de una pared de la cámara de combustión ha demostrado un aumento del 14,6 por ciento del flujo de aire másico después de este procedimiento. Los resultados de la prueba de flujo de aire de una pared de revestimiento de la cámara de combustión después de la perforación y desbarbado con láser mostraron un caudal másico de 0,151088 kg/s (0,333093 LBM/S, (libras por segundo de flujo másico) mientras que los resultados de la prueba de
45 flujo de aire de la misma pared después de la aplicación TBC y el uso de este procedimiento mostró una tasa de caudal másico de la pieza de 0.173430 kg/s (0.382348 LBM/S).

- El procedimiento se lleva a cabo usando un sistema de chorro de aire seco 1 como se muestra en la FIGURA 1 que consiste, pero no se limita a, un recinto (no mostrado), mesa giratoria 2, múltiples boquillas de chorro de aire 3, un recipiente a presión de suministro de aire seco y la unidad de procesamiento del medio 4, un mecanismo para el
50 movimiento de la boquilla de chorro de aire 5, una unidad de procesamiento/recuperación de medios para filtración y separación de partículas esféricas (no mostrada), y un controlador programable (no mostrado). El aparato del sistema de chorro de aire seco utiliza una unidad de recuperación del medio que proporciona filtración de medios continua y separación de las partículas esféricas durante el procedimiento para mantener la eficiencia del procedimiento y producir la mejora de la superficie óptima en y adyacente a los orificios de enfriamiento de aire que
55 es deseable para aumentar el coeficiente de descarga del orificio de enfriamiento de aire.

El procedimiento emplea un sistema de administración solo de aire a baja presión, preferiblemente de aproximadamente 140.000 a 690.000 Pa (20 libras por pulgada cuadrada (PSIG) a aproximadamente 100 PSIG) para hacer fluir una corriente concentrada de medios particulados no abrasivos en el área de trabajo para mecanizar lejos y eliminar los depósitos del revestimiento de barrera térmica sin afectar adversamente la superficie del sustrato metálico del componente. El medio no abrasivo preferido es un medio esférico con al menos 70%, preferiblemente al menos 95% de las partículas en un tamaño en el intervalo de aproximadamente 0,05 a 0,25 mm (0,002 a 0,010 pulgadas) de diámetro. Se pueden usar medios esféricos de vidrio con un tamaño de aproximadamente 0,08 mm (0,003 pulgadas) de diámetro como medio no abrasivo.

Debido a la variación de la geometría y el diseño de los componentes, las boquillas del sistema de chorro de aire seco se pueden articular de cualquier manera para alcanzar cualquier posición requerida para administrar la corriente concentrada de los medios esféricos al área de trabajo para mecanizar lejos y eliminar los depósitos de revestimiento de barrera térmica del componente que incluyen, pero sin limitación, el interior, los bordes y las superficies de los orificios de enfriamiento de aire con diferentes ángulos de incidencia. También se puede utilizar una boquilla soplante de aire seco manual según sea necesario para realizar el procedimiento. Al eliminar el TBC de los orificios de enfriamiento, el chorro de aire se puede dirigir al orificio de enfriamiento hacia la superficie opuesta a la superficie que tiene el revestimiento de barrera térmica, por ejemplo, con una cámara de combustión 10 que se muestra en la Figura 1 con un revestimiento de TBC en la superficie exterior 12, el chorro de aire puede estar dirigido a los orificios de enfriamiento 11 desde la superficie interior. Además de eliminar el TBC del orificio de enfriamiento, el chorro de aire está alineado coaxialmente con el eje del orificio de enfriamiento (es decir, sustancialmente en el mismo ángulo que el orificio de enfriamiento).

La presente invención se puede aplicar a componentes revestidos con barrera térmica durante la fabricación o reparación. Para la fabricación de nuevos componentes, TBC se puede aplicar después de que se ha completado todo el otro procesamiento, que incluyen después de la perforación láser y el mecanizado. Debido a que la aplicación de TBC se puede realizar como uno de los procedimientos finales de fabricación usando la presente invención, se asegura la calidad e integridad del TBC aplicado al componente y poseerá el mismo nivel de calidad y características que el cupón de prueba representativo que normalmente se procesa con el componente durante la aplicación del TBC. Durante la fabricación del componente, este procedimiento se puede usar para eliminar el TBC según se requiera a fin de llevar a cabo cualquier modificación y/o reparación que pueda ser necesaria para producir el componente. Para las reparaciones de los componentes del servicio, este procedimiento se puede usar para eliminar cuidadosamente el TBC a fin de preparar la pieza para inspección y reparación. Después de completar el procedimiento de reparación, que incluye, pero sin limitación, soldadura, rectificado, tratamiento térmico y perforación láser y el mecanizado, el TBC se puede volver a aplicar y este procedimiento se utiliza según se requiera para eliminar cualquier TBC no deseado.

El procedimiento de chorreado por medio de perlas a baja presión con aire solamente es un sistema controlado que utiliza medios esféricos de muy pequeño diámetro (en el intervalo de 0,08 mm) (0,03 pulgadas) de diámetro) a bajas presiones de aire en el intervalo de aproximadamente 140.000 a 690.000 Pa (20 PSIG a 100 PSIG) para la mayoría de las aplicaciones de eliminación de TBC. Algunas aplicaciones de eliminación de TBC pueden requerir cambios en parámetros y/o medos del procedimiento dentro del alcance de las reivindicaciones de la presente invención. El procedimiento es no agresivo y no causa desgaste ni erosión en los sustratos metálicos, es económico y produce resultados consistentes. La prueba del flujo de aire de los orificios de enfriamiento después de la aplicación de este procedimiento también ha demostrado características del flujo de aire de componentes significativamente mejoradas.

Ejemplo

Se fabrica una cámara de combustión de sección caliente de motor a reacción (fabricada a partir de un material de superaleación a base de cobalto o níquel) que tiene orificios de enfriamiento de aire perforados con láser. La superficie de la trayectoria del gas (lado caliente) del componente se reviste primero con una capa adhesiva metálica que es predominantemente níquel y que contiene cromo, aluminio e itrio (u otro elemento reactivo). La capa adhesiva metálica se aplica por pulverización de plasma a un espesor que típicamente es de aproximadamente 0,13 a 0,020 mm (0,005 a 0,008 pulgadas). Después de la aplicación de la capa adhesiva, los orificios de enfriamiento de aire se fabrican utilizando un procedimiento de perforación por láser para crear el ángulo de incidencia deseado con el fin de lograr las características de enfriamiento de flujo de aire requeridas para el componente. Después de la perforación con láser, el componente se limpia para eliminar cualquier escoria o material desplazado por láser resultante del procedimiento de perforación con láser.

Después de la perforación con láser y limpieza, se puede aplicar una capa de revestimiento adhesiva opcional del mismo material mediante el procedimiento de pulverización de plasma a un espesor de aproximadamente 0,03 a 0,8 mm (0,001 a 0,003 pulgadas). Una capa de revestimiento final de cerámica que es predominantemente zirconia parcialmente estabilizada con 6 a 8 por ciento de itria se aplica luego mediante un procedimiento de pulverización de plasma hasta un espesor de aproximadamente 0,13 a 0,50 mm (0,005 a 0,020 pulgadas). Durante la aplicación de la capa de revestimiento final cerámico, los orificios de enfriamiento de aire del componente están parcialmente bloqueados por el revestimiento de barrera térmica (capa de revestimiento final cerámico), de este modo se restringe el flujo de aire de enfriamiento.

ES 2 698 098 T3

5 Un sistema de chorro de aire seco Guyson modelo RSSA-8 configurado como se muestra en la Figura 1 se utiliza para proporcionar un chorro de aire seco a una presión de (40 a 60 PSIG) utilizando medios de vidrio esféricos en el intervalo de 0,8 mm (0,003 pulgadas) de diámetro (en al menos el 70 por ciento de las partículas esféricas tienen un diámetro de 0,8 mm (0,003 pulgadas)). El chorro de aire seco se dirige hacia el lado de la superficie metálica (no revestido) del componente (opuesto a la superficie revestida de la barrera térmica) sustancialmente con el mismo ángulo de incidencia que el orificio de enfriamiento del aire para eliminar los depósitos del revestimiento de barrera térmica restringen el flujo de aire de enfriamiento.

10 Los depósitos del revestimiento de barrera térmica se eliminan por completo de los orificios de enfriamiento de aire, de este modo se proporciona el flujo de aire de enfriamiento deseado requerido para el componente. Además, las superficies y los bordes de los orificios de enfriamiento de aire están acondicionados (alisados y redondeados), lo que proporciona un aumento aproximado del 15% en el flujo de aire másico mediante el aumento del coeficiente de descarga de los orificios de enfriamiento de aire.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para eliminar un revestimiento cerámico de barrera térmica de un orificio de enfriamiento (11) de un componente metálico de motor de turbina (10) que comprende:
- 5 dirigir un chorro de aire en el orificio de enfriamiento del componente, conteniendo el chorro medios particulados no abrasivos y que se emite a partir de una boquilla (3) a una presión baja insuficiente para dañar una superficie metálica del orificio de enfriamiento (11) pero suficiente para eliminar el revestimiento cerámico de barrera térmica,
- 10 en el que la presión del chorro de aire es de aproximadamente 140.000 a 690.000 Pa, y en que el chorro de aire se dirige al orificio de enfriamiento (11) hacia una superficie del componente que se opone a la superficie (12) que tiene el revestimiento de barrera térmica.
2. Procedimiento de la reivindicación 1, en el que el medio tiene una forma sustancialmente esférica.
3. Procedimiento de la reivindicación 2, en el que las partículas esféricas del medio tienen un diámetro de aproximadamente 0,05 a 0,25 mm.
4. Procedimiento de la reivindicación 3, en el que el medio son perlas de vidrio.
- 15 5. Procedimiento de la reivindicación 4, en el que el componente del motor de turbina (10) es una cámara de combustión.
6. Procedimiento de la reivindicación 1, en el que el chorro de aire se dirige al orificio de enfriamiento (11) en sustancialmente el mismo ángulo que el orificio de enfriamiento.
- 20 7. Procedimiento de la reivindicación 1, en el que el chorro de aire redondea los bordes metálicos del orificio de enfriamiento (11).
8. Procedimiento de la reivindicación 1, en el que los orificios de enfriamiento (11) se perforan en el componente de turbina (10) mediante un proceso de perforación láser.
9. Procedimiento para formar orificios de enfriamiento (11) en un componente metálico de motor de turbina (10) revestido con una barrera térmica, que comprende:
- 25 perforación de orificios de enfriamiento (11) en el componente (10) después de la aplicación de una capa adhesiva metálica
- revestimiento de una superficie del componente (12) que contiene los orificios de enfriamiento (11) con un revestimiento cerámico de barrera térmica; y
- 30 remoción del revestimiento cerámico de barrera térmica de los orificios de enfriamiento (11) mediante un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1.

FIG. 1

