

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 372 579**

51 Int. Cl.:  
**B23K 20/02** (2006.01)  
**B23K 20/10** (2006.01)  
**B23P 6/00** (2006.01)  
**F01D 5/00** (2006.01)  
**B23K 20/16** (2006.01)  
**B22F 3/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **10170933 .5**  
96 Fecha de presentación: **27.07.2010**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2286953**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.02.2011**

54 Título: **UN MÉTODO PARA UNIR COMPONENTES USANDO POLVO SINTERIZABLE Y DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE LOS COMPONENTES.**

30 Prioridad:  
**10.08.2009 GB 0913887**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**24.01.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**24.01.2012**

73 Titular/es:  
**Rolls-Royce plc**  
**65 Buckingham Gate**  
**London SW1E 6AT, GB**

72 Inventor/es:  
**Clark, Daniel y**  
**Tuppen, Stephen**

74 Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 372 579 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

Un método para unir componentes usando polvo sinterizable y desplazamiento relativo de los componentes.

5 La presente invención se refiere a un método para unir un primero y un segundo componentes (véase la reivindicación 1), y se refiere en particular, aunque no exclusivamente, a un método para reparar una estructura, como un disco con álabes de un motor de turbina a gas, uniendo un componente de parche a la estructura dañada.

10 Los compresores y turbinas de motores de turbina a gas, como aquellos utilizados en motores de aviación, típicamente incluyen una pluralidad de ensamblajes de paletas de rotor y estator. Los ensamblajes de rotor están diseñados para impartir trabajo a los gases que pasan por el compresor y extraer trabajo de los gases que pasan por la turbina. Los ensamblajes de paletas del rotor ayudan a dirigir los gases de trabajo que ingresan o salen de los ensamblajes de rotor y aumentan de este modo la eficiencia del motor.

15 Cada ensamblaje de rotor incluye un disco y una pluralidad de álabes conectados al disco como para extenderse radialmente hacia fuera desde allí. Convencionalmente, los álabes se conectaban al disco mediante conexiones mecánicas tales como conexiones del tipo "abeto" en las que una raíz del álabe con forma de abeto es recibida dentro de un rebajo con forma complementaria en el disco. Esto significa que el álabe puede reemplazarse fácilmente en caso de daño.

Los avances recientes han resultado en ensamblajes de rotor integralmente conformados por álabes o "blisks" en los que los álabes se forman integralmente con el disco. Estos poseen la ventaja de menor peso en comparación con un ensamblaje de rotor estándar, y de mayor eficiencia aerodinámica. Dichos blisks son particularmente aplicables en el diseño de motores de aviación militares.

20 En vista de la naturaleza de sus aplicaciones, los blisks son susceptibles de daño. Los blisks de motores de turbina a gas son estructuras de gran valor. Si un blisk se daña durante el proceso de fabricación, es económicamente conveniente que el blisk dañado sea reparado, en lugar de ser desechado y reemplazado por un blisk completamente nuevo.

25 El daño leve con frecuencia puede rectificarse con procedimientos convencionales de labrado y mezclado a mano. No obstante, el daño más sustancial, por ejemplo en el que se daña o destruye más de 20% de un volumen de superficie aerodinámica, la reparación puede ser dificultosa. En algunas circunstancias, el daño puede requerir el reemplazo de todo o parte del álabe. Con el fin de reemplazar el álabe, debe ser extraído a máquina para generar un encastre, y fijar un nuevo álabe en el encastre mediante un procedimiento adecuado.

30 Se conoce la extracción de una sección de superficie aerodinámica dañada y la reparación con un "parche" uniendo un parche de reparación a la parte restante de la superficie aerodinámica original. Si la junta está hecha por soldadura por fusión, la junta resultante puede tener malas propiedades mecánicas que resultan de defectos y discontinuidades en la soldadura propiamente dicha. Además, se crean grandes zonas afectadas por calor en el parche de reparación y en la parte aerodinámica original, donde las propiedades del material pueden alterarse.

35 También se han efectuado reparaciones usando técnicas de deposición de material tales como Deposición por láser directa o deposición de metales con forma para regenerar la geometría de los componentes dañados. Dichos procedimientos son costosos y también resultan en una zona afectada por el calor.

Se considera que el documento WO 2099/001026 representa el estado más relevante de la técnica, y describe un método para unir el primero y el segundo componentes, colocando un polvo adecuado en una ranura utilizada como recipiente.

40 También se ha propuesto, por ejemplo en el documento US 5788142, unir las partes metálicas de una parte intermedia de un metal en polvo compatible. La parte intermedia se dispone entre las partes que se han de unir, y se somete a una sinterización por reacción y a un procedimiento de consolidación para formar la junta. Dicho procedimiento requiere la creación separada de la parte intermedia, y el requerimiento de la alineación precisa de las partes que se han de unir y la parte intermedia, que es difícil de lograr.

45 De acuerdo con la presente invención, se provee un método para unir un primero y un segundo componentes, que comprende:

(a) disponer un dispositivo de contención en contacto con el primer componente de modo que una superficie de contacto del primer componente esté expuesta al interior del dispositivo de contención;

50 (b) introducir un polvo sinterizable en el dispositivo de contención de modo que el polvo sinterizable se acumule en la superficie de contacto del primer componente;

(c) fluidizar el polvo sinterizable;

(d) desplazar el primero y el segundo componentes relativamente uno hacia el otro para mover la superficie de contacto del segundo componente y la superficie de contacto del primer componente una hacia la otra dentro del

dispositivo de contención, para comprimir así el polvo fluidificado en una región de unión entre las superficie de contacto del primero y el segundo componentes; y

(e) efectuar un procedimiento de consolidación en el polvo comprimido para consolidar el polvo en la región de unión para formar una junta entre los componentes.

- 5 El método se puede llevar a cabo con por lo menos las superficies de contacto dispuestas en un cerramiento que se vacía o que contiene un gas inerte durante por los menos las etapas (b) a (e).

El dispositivo de contención puede adaptarse al perfil de por lo menos uno de los componentes.

- 10 Después de la etapa (b) del método, el polvo acumulado en el dispositivo de contención puede ser nivelado para proveer una capa de polvo de espesor uniforme en la superficie de contacto del primer componente. La orientación del primero y el segundo componentes puede cambiarse después de la etapa (b) y antes de la etapa (d). La orientación de la superficie de contacto del primer componente puede cambiarse después de la etapa (b) y antes de la etapa (d). Por ejemplo, la superficie de contacto del primer componente puede ser sustancialmente horizontal durante la etapa (b), y luego rotarse a una orientación vertical, de modo que la etapa (d) se lleve a cabo con las superficies de contacto del primero y segundo componentes dispuestas sustancialmente verticales.

- 15 La fluidización del polvo en la etapa (c) puede realizarse, p. ej., por agitación ultrasónica del polvo, por ejemplo mediante transductores sónicos de contacto o sin contacto acoplados al primer componente o al dispositivo de contención. Por ejemplo, la fluidización se puede lograr por aplicación pulsada de por lo menos un haz de polvo o vibrador sónico electromagnético).

- 20 El segundo componente puede alinearse con respecto al primer componente durante la etapa (d) mediante un soporte, que permite la dirección precisa del segundo componente con respecto al primer componente. La velocidad de desplazamiento del segundo componente con respecto al primer componente en la etapa (d) puede ser relativamente lenta, por ejemplo no mayor que 1 mm/s, y posiblemente aproximadamente 0,5 mm/s.

- 25 El procedimiento de consolidación de la etapa (e) puede comprender la aplicación de calor al segundo componente, por ejemplo a una superficie plana del segundo componente paralela a la superficie de contacto del segundo componente. Después del procedimiento de consolidación, los componentes unidos pueden enfriarse a un índice de enfriamiento lento, por ejemplo un índice no superior a 10° C/min, y posiblemente en el orden de 5°C/min.

Después de la etapa (e), puede ser necesario realizar otras operaciones en los componentes unidos y en el polvo consolidado. Por ejemplo, el segundo componente y/o el polvo consolidado pueden requerir maquinación para igualar el perfil de la superficie aerodinámica original.

- 30 En una realización de acuerdo con la presente invención, los componentes son componentes metálicos y pueden estar hechos a partir de aleaciones típicamente utilizadas en la industria aeroespacial, como aleaciones basadas en titanio, níquel, aluminio o acero. Se contempla que el método de la presente invención podría emplearse exitosamente con componentes hechos a partir de aleación alfa, alfa+beta (Ti6-4, Ti6242, Ti6246, Ti550), beta (titanio resistente a altas temperaturas - BurTi) y aleaciones intermetálicas a base de titanio (aluminuros de titanio gamma/Ti<sub>3</sub>Al), y pueden ser aplicables a todas las superaleaciones refractarias.

- 35 El polvo sinterizable puede comprender partículas del mismo material que el primero y el segundo componentes o, si el primero y el segundo componentes están hechos de diferentes materiales, como por lo menos uno de ellos.

- 40 Si bien una aplicación de un método según la presente invención consiste en la reparación o regeneración de superficies aerodinámicas dañadas de una estructura de blisk, el método se puede emplear en la reparación o la fabricación del equipo original de otros componentes de motores de turbina a gas, o de componentes de ensamblajes que no sean motores de turbina a gas.

También es posible emplear un método de acuerdo con la presente invención en la fabricación o reparación de estructuras no metálicas, en el que el primero y el segundo componentes, y el polvo, están hechos de cerámica o materiales compuestos.

- 45 Para entender mejor la presente invención, y para demostrar más claramente cómo se puede poner en práctica, se hará referencia ahora, a modo de ejemplo, a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es una vista en perspectiva diagramática de parte de un ensamblaje de rotor con álabes integrados, o blisk;

La Figura 2 muestra dos componentes que se han de unir;

- 50 La Figura 3 muestra los componentes en una orientación diferente; y

La Figura 4 muestra los componentes de la Figura 2 soportados en un soporte;

Las Figuras 5 a 7 muestran tres etapas en un procedimiento de unión de los componentes.

El blisk 10 representado en la Figura 1 se puede usar en el compresor o la turbina de un motor de aviación de turbina a gas. El blisk 10 posee una pluralidad de álabes 12 integralmente conectados a un disco 14 como para extenderse radialmente hacia afuera de allí. Los álabes 12 son típicamente de una aleación de titanio, níquel o acero (comúnmente se emplea una aleación de titanio 6-4) y, durante la fabricación inicial del blisk, pueden conectarse al disco 14 por soldadura de fricción lineal.

Durante la vida del blisk 10, es infrecuente que un álabe individual 12A sufra daños significativos y deba ser cambiado completa o parcialmente. Para reemplazar el álabe 12A, o una parte dañada de éste, se debe conectar un nuevo álabe o un parche. El álabe dañado 12A o parte de éste se extrae como para proveer una superficie de contacto 6 (Figura 5) a la que se enlaza el álabe de repuesto o parche.

La Figura 2 muestra, en forma esquemática, un primer componente 2 y un segundo componente 4. Como se representa en la Figura 2, los componentes 2, 4 son placas planas. En una realización práctica, el primer componente 2 puede ser el buje del blisk 10 de la Figura 1, y el blisk 10 puede incluir un encastre 18. El segundo componente 4 representa por lo tanto una parte de un parche en la forma de un álabe de repuesto que se ha de unir al buje 2 como repuesto del álabe 12A, o parte de ese álabe, que se ha desprendido del buje 2. El buje 2 tiene, en realidad, una superficie superior arqueada (con respecto a la orientación que se muestra en la Figura 2).

Por lo tanto, en una primera etapa del método de reparación, el segmento dañado de la superficie aerodinámica 12A se extrae, por ejemplo por maquinación CNC, para proveer una superficie de contacto 6 (Figura 5) que tiene un acabado de superficie de aproximadamente 1 micrómetro Ra. La superficie de contacto 6 se limpia mediante un procedimiento adecuado, tal como una erosión selectiva localizada que usa reactivo a base de HF+HNO<sub>3</sub> (para aleaciones de titanio), seguido de acetona.

El blisk 10 y la parte de parche 4 se disponen en una cámara externa que se vacía o se llena con un gas inerte. La parte de parche 4 está soportada de manera precisa con respecto al buje 2 mediante un soporte 8, como se muestra en la Figura 4. Se apreciará que la disposición se muestra solo diagramáticamente en la Figura 4. La parte de parche 4 está espaciada de la superficie de contacto 6 del buje 2. Un cerramiento interno (no se muestra) como un recipiente, envoltura, recubrimiento o bolsa encierra la parte de parche 4, el soporte 8 y la región del buje 2 que contiene la superficie de contacto 6. El cerramiento interno, al igual que la cámara externa que contiene la totalidad del blisk 2, o bien se vacía o se llena con un gas inerte para asegurar la minimización del contenido de oxígeno. El gas inerte puede ser, por ejemplo, argón, y debe ser de alta pureza. El propósito de vaciar los cerramientos, o de llenarlos con gas inerte, es prevenir la oxidación de los diversos componentes durante el siguiente procedimiento.

Haciendo referencia a la Figura 5, se dispone un dispositivo de contención en la forma de un receptáculo adaptable 16 en el buje 2 para cercar la superficie de contacto 6. El receptáculo 16 está precisamente formado para tener un contorno interno complementario al perfil de los álabes 12. El receptáculo 16 se adaptará por lo tanto al perfil del encastre 18 y se extenderá por encima del encastre, adaptándose al perfil de la parte de parche 4, que se adapta a la periferia del área de unión de los componentes sin encorvarse hacia el espacio entre la parte de parche 4 y la superficie de apoyo 6.

El receptáculo 16 puede estar hecho de un material polimérico tal como aquel disponible con el nombre MICROSET® 101.

Como se muestra en la Figura 6, se introduce un polvo sinterizable 20 en el receptáculo 16 y se acumula en la superficie de contacto 6 dentro del receptáculo 16. El polvo se puede transportar al receptáculo como una suspensión en un flujo de gas inerte, o en un líquido volátil que puede evaporarse posteriormente en forma sencilla. Alternativamente, el polvo puede dispensarse mecánicamente al receptáculo 16. Por consiguiente, podría emplearse cualquier medio adecuado para suministrar el polvo al receptáculo 16. Por ejemplo, la administración podría realizarse mediante una pulverización dinámica de gas frío a baja velocidad, o el polvo 20 podría suministrarse a través de un tubo de alimentación desde un crisol que contenga polvo sónico u oscilante sónico.

En una realización práctica de acuerdo con la invención, el polvo tiene la misma composición química nominal que el primero y el segundo componentes 2, 4. El polvo puede fabricarse mediante cualquier procedimiento adecuado, por ejemplo por atomización de gas. Las partículas del polvo pueden ser esféricas con un diámetro de partícula no inferior a 10 micrómetros y no superior a 50 micrómetros. El tamaño de partícula, o la distribución de tamaño, deben ser uniformes en todo el polvo como para ayudar a la fluidización del polvo. Se puede utilizar una distribución de tamaño de polvo bi-modal, es decir, el polvo puede consistir en fracciones de tamaño de partícula de dos o más tamaños promedio distintos para aumentar la densidad de empaquetamiento del polvo y minimizar así los tamaños de los espacios vacíos. La fluidización es asistida minimizando las aglomeraciones de las partículas, cuyo grado se puede evaluar por difracción de tamaño láser. La aglomeración de partículas se puede minimizar si se utiliza un polvo PREP (Procedimiento de producción de polvo en electrodos rotativos o Plasma Rotating Electrode Process).

Puede ser conveniente que el polvo 20 se introduzca en el receptáculo 16 con la superficie de contacto 6 en una orientación, y luego para las etapas subsiguientes del proceso que se realice con la superficie de contacto 6 en una orientación diferente. Por ejemplo, como se muestra en las Figuras 2 y 3, el primer componente 2 puede estar

5 dispuesto de modo tal que la superficie de contacto 6 sea horizontal, como se muestra en la Figura 2, durante la introducción del polvo 20, y posteriormente el primer componente 2 puede rotarse de manera que la superficie de contacto 6 esté en orientación vertical, como se muestra en la Figura 3, para las etapas subsiguientes del procedimiento. Esta medida puede ayudar a asegurar un flujo de polvo adecuado a todas las regiones de la superficie de contacto 6, sin aglomeración. Por lo tanto, cambiando la orientación de los componentes, se puede usar la gravedad para ayudar al flujo de polvo. Esto puede ser particularmente conveniente si los componentes 2 y 4 tienen grandes áreas transversales en las superficies de contacto. En algunas circunstancias, se pueden emplear orientaciones distintas a la horizontal que se muestra en la Figura 2 y la vertical que se muestra en la Figura 3. Por ejemplo, puede ser conveniente que las etapas subsiguientes del procedimiento se lleven a cabo con las superficies de contacto 6,22 inclinadas en ángulos que no sean las orientaciones horizontal y vertical que se muestran en las Figuras 2 y 3.

10 Las Figuras 5, 6 y 7 muestran un receptáculo de extremo abierto 16, abierto en el extremo superior, como se observa en las Figuras 5 a 7. Esto proporciona una abertura 28 para la admisión del polvo 20. En algunas variantes del procedimiento, la abertura 28 puede cerrarse, después de que el polvo ha sido introducido, por un componente adicional del receptáculo (no se muestra) para limitar el polvo 20 alrededor de toda la junta. Antes de la aplicación del polvo, se puede realizar una evaluación de conformidad reológica para verificar las características del flujo de polvo y asegurar que fluya de manera uniforme.

15 Después de la introducción del polvo 20, se nivela hasta el borde superior del receptáculo 16 mediante una herramienta de nivelación o dispositivo de disposición / administración de polvo, unido a un sistema de visualización, o un rodillo o álabe para asegurar un espesor uniforme del polvo sobre la superficie de contacto 6. En una realización particular, es conveniente un espesor de polvo de aproximadamente 1150 micrómetros a 1500 micrómetros.

20 La parte de parche 4 se ofrece luego al buje 2. Como se mencionó anteriormente en la presente memoria, la parte de parche 4 está soportada en el soporte 8, que sirve como marco de alineación para asegurar la dirección precisa de la parte de parche 4 hacia la superficie de contacto 6. La correspondiente superficie de contacto 22 (Figura 4) de la parte de parche 4 es mantenida por el soporte 8 precisamente paralela a la superficie de contacto 6 del buje 2. La parte de parche 4 avanza hacia el buje 2 con presión mínima. El polvo 20 se agita mediante un dispositivo de agitación adecuado, como transductores ultrasónicos piezoeléctricos 24 (Figura 4). Los transductores 24 se aplican al buje 2, en posiciones próximas a la superficie de contacto 6. La frecuencia y amplitud de los desplazamientos creados por los transductores 24 se sintonizan a las características de flujo de la morfología del polvo y al tamaño y orientación de la geometría de la junta. La sintonización de los transductores 24 se puede lograr, por ejemplo, mediante un sistema de control del procedimiento de retroalimentación de circuito cerrado de base óptica, que incluya un algoritmo apropiado para aplicar parámetros de vibración apropiados para el polvo particular que se esté utilizando.

25 Los transductores se disponen en posiciones repetibles y definidas en el ensamblaje. En la Figura 4, los transductores se muestran montados sobre el buje 2, pero podrían proveerse sobre características terrestres adecuadas provistas en flancos del receptáculo 16 usando un medio de acoplamiento no abrasivo. Es conveniente que los transductores estén posicionados lo más próximos posible a la ubicación de la junta entre los componentes 2 y 4.

30 Tras el contacto con la superficie nivelada del polvo 20, la parte de parche 4 avanza a una velocidad relativamente lenta, por ejemplo en el orden de 0,5 mm/s, en una distancia de aproximadamente 1 mm. Esto causa que el polvo agitado se comprima de forma uniaxial de modo que se deforme en estado fluido. El polvo se comprime entre la superficie de contacto 6 del buje 2 y la superficie de contacto 22 de la parte de parche 4 para lograr un polvo empaquetado de alta densidad 20 en una región de enlace entre el buje 2 y la parte de parche 4. El polvo se adapta estrechamente a las superficies de contacto 6, 22 sin cambio significativo en la alineación axial de los componentes. El polvo comprimido mantiene por lo tanto un espesor consistente en la región de enlace.

35 Una vez completada la compactación, el receptáculo 16 y las sondas ultrasónicas 24 se quitan, y se aplica calor a la parte de parche 4, por ejemplo en una superficie plana 26 fuera de la superficie de contacto 22, mientras se mantiene la presión en el polvo 20 entre las superficies de contacto 6, 22. El calor puede aplicarse a través de cualquier medio, y la transferencia de calor se monitorea, por ejemplo mediante termocuplas o pirometría dispuestas en ubicaciones adecuadas en la parte de parche 4 y el buje 2.

40 Aplicando el calor principal al polvo 20 indirectamente a través de la parte de parche 4, es posible evitar el recalentamiento del polvo 20, que podría provocar la generación de alpha-case en las partículas de polvo. Además, la intrusión térmica a los álaves circundantes 12 puede minimizarse. Durante esta etapa de calentamiento, el polvo se calienta hasta una temperatura de elaboración de aproximadamente 300°C (para titanio) para permitir la deformación plástica de las partículas de polvo bajo la presión aplicada. Esta deformación plástica puede ayudarse precalentando el primero y el segundo componentes 2, 4 y el polvo 20, a una temperatura inferior a la temperatura de elaboración del procedimiento. Dicho precalentamiento, particularmente el precalentamiento del polvo 20, ayuda a adaptar el polvo a la superficie de contacto 6, 22 por deformación progresiva.

Aplicando calor a la superficie plana 26, donde la parte de parche 4 tiene una geometría relativamente simple, como cuboidal, tal como se muestra en la Figura 4, se puede obtener un índice de calentamiento y una distribución térmica uniformes, conduciendo a propiedades uniformes en la junta formada por el polvo 20.

- 5 La sinterización final del polvo 20 se logra aplicando posteriormente presión uniaxial, ejercida bajo condiciones que aseguran que las superficies de contacto 6 y 22 permanezcan paralelas, de modo que se obtiene un espesor uniforme del polvo 20 en la región de enlace. La temperatura en la región de enlace se eleva como para lograr la sinterización total del polvo tanto entre las partículas de polvo como entre el polvo y las superficies de contacto 6, 22. Las condiciones de sinterización típicas consisten en una temperatura en el intervalo de 850 a 1200°C, y una presión aplicada de 10 a 100 MPa (para titanio).
- 10 El procedimiento de sinterización causa mayor deformación de las partículas de polvo y el enlace de difusión entre partículas adyacentes, y entre las partículas y el buje 2 y la parte de parche 4. Una cantidad pequeña del polvo 20 puede extruirse desde la región de enlace, dejando un residuo en los bordes de la junta, que puede eliminarse en un procedimiento posterior.
- 15 Después del procedimiento de sinterización, los componentes se dejan enfriar en forma relativamente lenta, por ejemplo a una velocidad de aproximadamente 5°C/minuto, para minimizar las tensiones residuales en la región de la junta, y evitar cualquier requerimiento de tratamiento térmico subsiguiente.
- 20 En muchas aplicaciones del método, la parte de parche 4 tendrá un tamaño algo excesivo, en comparación con la geometría eventual del álabe terminado 12. En consecuencia, se requerirá una operación de equiparación final para lograr el perfil aerodinámico final y, como se mencionó anteriormente, eliminar cualquier residuo de polvo extruido de la región de enlace.
- El procedimiento descrito precedentemente en este documento puede llevarse a cabo manualmente o puede ser automático, por lo menos parcialmente.
- 25 Para propósitos ilustrativos, la Figura 7 muestra la parte de parche 4 rodeada por el polvo 20. Se contempla que, en un procedimiento práctico, la parte de parche 4 sería un ajuste relativamente apretado en el receptáculo 16, de modo que el polvo 20 será restringido dentro de la región de enlace entre las superficies de contacto 6 y 22.
- El eje de oscilación creado por los transductores ultrasónicos 24 puede orientarse en cualquier dirección para lograr la agitación óptima del polvo 20. En una realización, la oscilación puede tener lugar a lo largo del eje X (Figura 4) paralelo a las superficies de contacto 6, 22, y alineado con la dirección cordal de la parte de parche 4.
- 30 El procedimiento descrito anteriormente provee una solución relativamente simple y económica de reparar superficies aerodinámicas con distorsión mínima, a la vez que mantiene excelentes propiedades de los materiales. Las juntas resultantes entre los componentes 2, 4 pueden ser tan fuertes como el material de los componentes 2, 4 propiamente dichos. Si bien la invención se ha descrito con referencia a la reparación de un blisk, el procedimiento puede aplicarse a superficies aerodinámicas individuales que se conectan a discos de rotores o bujes a través de medios mecánicos convencionales.
- 35 El uso de un polvo 20 puro sin el uso de un aglutinante, tal como un aglutinante orgánico, produce juntas con propiedades mecánicas superiores, ya que se presenta menor riesgo de contaminación en las interfaces entre las partículas.
- 40 En el procedimiento descrito, los componentes 2 y 4, y el polvo 20 tienen la misma composición unos que otros. No obstante, el procedimiento puede adaptarse para unir componentes de materiales disímiles, manteniendo a la vez el control de las propiedades mecánicas de la junta.
- El procedimiento es particularmente adecuado para reparar los componentes hechos de aluminuros de titanio gamma y otras composiciones intermetálicas, actualmente difíciles de reparar con procedimientos de soldadura convencionales.
- 45 El procedimiento provee así un medio para obtener reparaciones de gran integridad de componentes costosos, minimizando de este modo el costo total del ciclo de vida del componente. En algunas circunstancias, el procedimiento puede emplearse con el blisk u otro componente dañado *in situ*, sin requerir la extracción de su entorno operativo.
- 50 Se ha de apreciar que pueden efectuarse diversas modificaciones al procedimiento, sin desviarse del alcance de la presente invención. Las regiones de los componentes 2, 4 alrededor de la junta pueden encapsularse, con encapsulación vítrea o a base de cobresoldadura, de modo que el método de reparación puede incluir un procedimiento de presión isotáctica en caliente sobre el polvo 20 para ayudar en la eliminación de porosidad de la junta resultante. Puede ser conveniente, en algunas circunstancias, retener el receptáculo 16 en posición durante la aplicación de calor y presión a la junta, y en consecuencia, puede ser conveniente que el receptáculo 16 esté hecho de un material que pueda soportar las condiciones del procedimiento. Por ejemplo, podría emplearse un recubrimiento cerámico, en lugar del receptáculo polimérico 16 descrito. El recubrimiento, si es compatible con los
- 55

materiales de sustrato a temperatura, puede retenerse en todo el enlace para proveer restricción adicional, si se requiere.

- 5 En el procedimiento anteriormente descrito, las superficies de contacto 6, 22 tienen perfiles en general planos. Es posible adaptar los perfiles de las superficies de contacto 6, 22 para satisfacer los requerimientos de la junta, y facilitar la compactación de polvo y el llenado. En el procedimiento descrito, la parte de parche 4 se desplaza uniaxialmente hacia el buje 2 y aplica presión uniaxial al polvo 20. En algunas circunstancias, puede ser conveniente que haya un desplazamiento entre los componentes 2 y 4 a lo largo de múltiples ejes o bien secuencial o concurrentemente. El desplazamiento relativo podría comprender oscilación lineal, o movimientos circulares o con figuras geométricas.
- 10 Se ha de apreciar que la agitación del polvo podría obtenerse mediante cualquier clase de motor, en lugar de los transductores ultrasónicos piezoeléctricos 24 anteriormente descritos. Por ejemplo, podrían emplearse transductores acústicos electromagnéticos (EMATS).

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para unir un primero y un segundo componentes (2,4) que comprende:
  - (a) disponer un dispositivo de contención (16) en contacto con el primer componente (20) de modo que una superficie de contacto (6) del primer componente (2) se exponga al interior del dispositivo de contención (16);
  - 5 (b) introducir un polvo sinterizable (20) en el dispositivo de contención (16) de modo que el polvo sinterizable (20) se acumule en la superficie de contacto (6) del primer componente (2);
  - (c) fluidizar el polvo sinterizable (20);
  - (d) desplazar el primero y el segundo componentes (2,4) relativamente uno hacia el otro para mover una superficie de contacto (22) del segundo componente (4) y la superficie de contacto (6) del primer componente (2) una hacia la otra dentro del dispositivo de contención (16), para comprimir así el polvo fluidizado (20) en una región de enlace entre las superficies de contacto (6,22) del primero y el segundo componentes (2,4); y
  - 10 (e) realizar un procedimiento de consolidación en el polvo comprimido (20) para consolidar el polvo (20) en la región de enlace para formar una junta entre los componentes (2,4).
- 15 2. Un método según la reivindicación 1, en el que por lo menos las superficies de contacto (6,22) de los componentes (2,4) están dispuestas durante por lo menos las etapas (b) a (e) en un cerramiento que se vacía o contiene un gas inerte.
3. Un método según la reivindicación 1 ó 2, en el que el dispositivo de contención (16) se adapta al perfil de por lo menos uno de los componentes (20).
- 20 4. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la orientación de la superficie de contacto (6) del primer componente (2) se cambia después de la etapa (b) y antes de la etapa (d).
5. Un método según la reivindicación 4, en el que la superficie de contacto (6) del primer componente (2) se mueve desde una orientación horizontal hacia una orientación vertical.
6. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el polvo sinterizable (20) se fluidiza en la etapa (c) por agitación sónica o agitación ultrasónica.
- 25 7. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa (e) comprende la aplicación de calor y presión al polvo comprimido (20).
8. Un método según la reivindicación 7, en el que el calor se aplica al segundo componente (4) y se transfiere a través del segundo componente (4) al polvo comprimido (20).
- 30 9. Un método según la reivindicación 8, en el que el calor se aplica a una superficie plana (26) del segundo componente (4) paralela a la superficie de contacto (22) del segundo componente (4).
10. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que, después de la etapa (e), el segundo componente (4) se maquina hasta un perfil final deseado.
11. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el primero y el segundo componentes (2,4) están hechos de material metálico.
- 35 12. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el polvo sinterizable (20) está hecho de material metálico.
13. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, utilizado para la reparación de un componente (10) de un motor de turbina a gas.
- 40 14. Un método según la reivindicación 13, utilizado para la reparación de un álabe dañado (12A) de un blisk (10), comprendiendo el blisk (10) una pluralidad de álabes (12) integralmente conectados al disco (14).
15. Un método según la reivindicación 2, en el que el cerramiento está dispuesto en una cámara externa que se vacía o contiene un gas inerte.

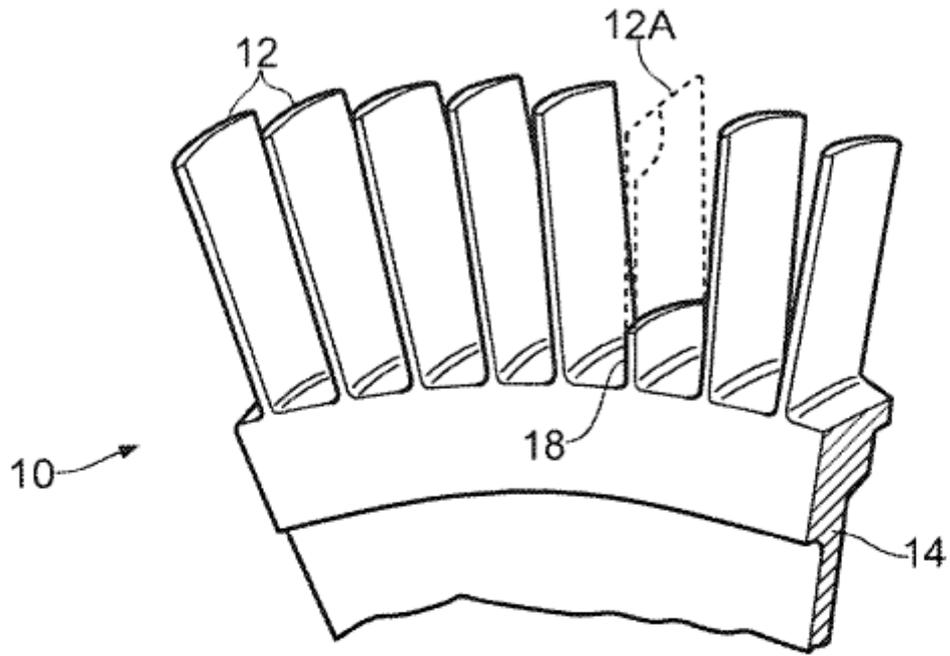


FIG. 1

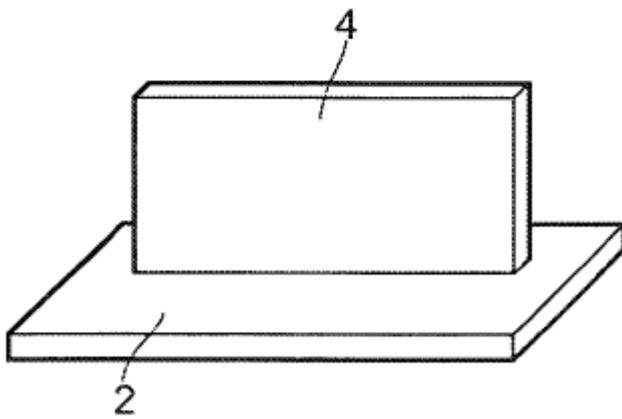


FIG. 2

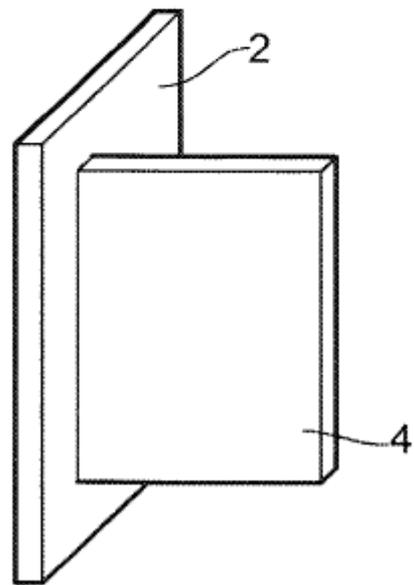


FIG. 3

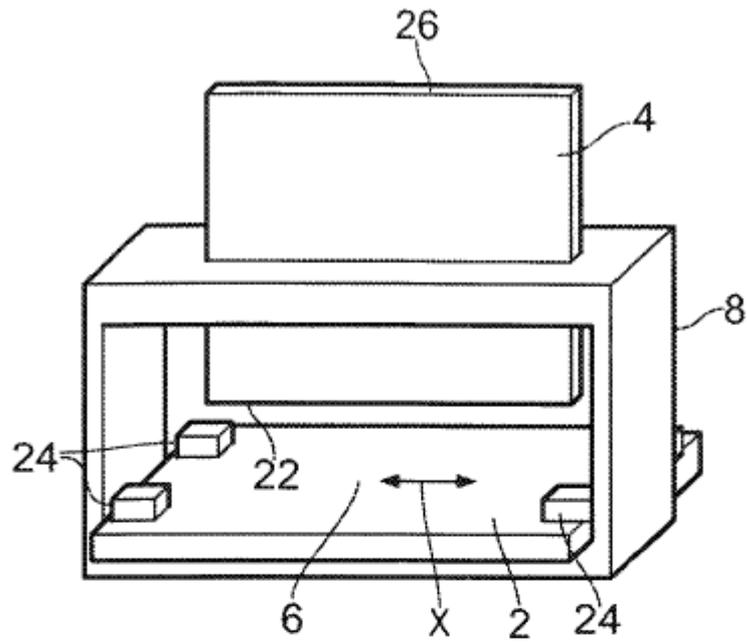


FIG. 4

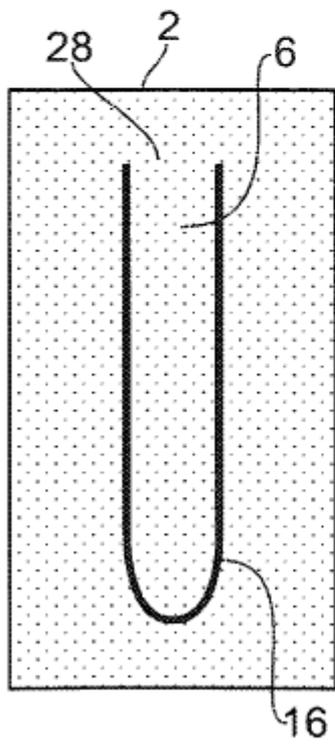


FIG. 5

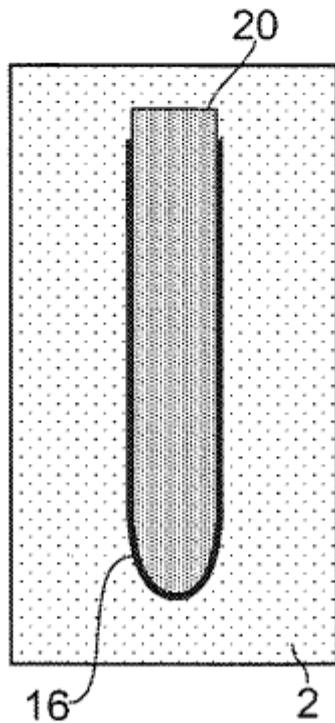


FIG. 6

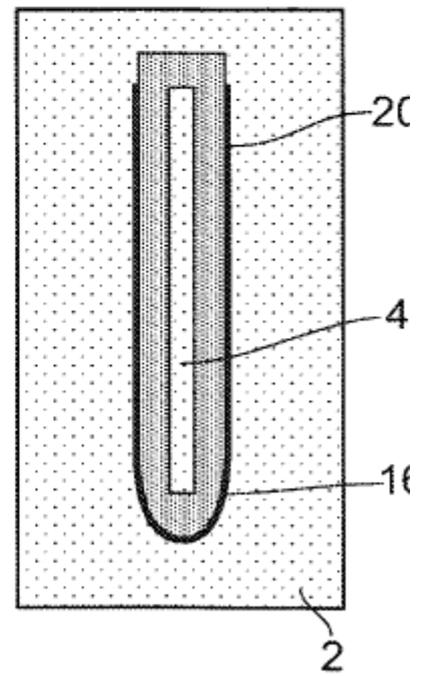


FIG. 7