



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 342 552**

51 Int. Cl.:

C23C 4/08 (2006.01)

C23C 28/02 (2006.01)

C23C 30/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06017533 .8**

96 Fecha de presentación : **23.08.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1892311**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **27.02.2008**

54 Título: **Álabe de turbina con un sistema de recubrimiento.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
08.07.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
08.07.2010

73 Titular/es: **SIEMENS AKTIENGESSELLSCHAFT
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es: **Barnikel, Jochen y
Schmitz, Friedhelm**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

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

Álabe de turbina con un sistema de recubrimiento.

5 La invención se refiere a un álabe de turbina con un sistema de recubrimiento, que presenta al menos una capa adhesiva aplicada directamente a la pieza constructiva y una capa de protección calorífuga configurada sobre la capa adhesiva.

10 Las piezas constructivas que se exponen a temperaturas elevadas y a condiciones corrosivas tienen que dotarse de recubrimientos especiales, para protegerlas contra daños y de este modo garantizar una vida útil más larga. Hoy en día se utilizan, en especial para álabes de turbina de turbinas de vapor o gas, sistemas de recubrimiento que se componen de varias capas aplicadas unas sobre otras. Con frecuencia se trata con ello al menos de una capa adhesiva, que está aplicada directamente al álabe de turbina, y una capa de protección calorífuga configurada sobre la misma.

15 La capa adhesiva tiene en muchos casos la composición general $McrAlY$, en donde M significa al menos uno de los elementos del grupo que comprende hierro, cobalto y níquel e Y es itrio u otro elemento equivalente del grupo que comprende escandio y los elementos de las tierras raras. Las tareas de la capa adhesiva son, por un lado protección contra corrosión y/o oxidación y, por otro lado, garantizan una fuerte adhesión de la capa de protección calorífuga sobre el álabe de turbina.

20 La capa de protección calorífuga se compone a su vez con frecuencia de materiales cerámicos, que pueden contener óxido de circonio. Sólo su capacidad para un fuerte aislamiento térmico permite el uso de las piezas constructivas en márgenes de temperatura $> 1.000^{\circ}C$.

25 Se describen capas de protección y sistemas de capas correspondientes en los documentos EP 1 541 713 A1 y US 6,306,524 B1.

30 En el caso de las capas adhesivas conocidas puede producirse, en un margen de temperaturas $> 550^{\circ}C$, fenómenos de interdifusión entre la aleación metálica del material base del álabe de turbina y los componentes de la capa adhesiva, con lo que puede producirse una formación de fase indeseada. Como consecuencia de ello se produce una limitación de las características del material base, que reducen la vida útil del álabe de turbina. A pesar de ello es deseable una interdifusión mínima, que no limita las características del material base, de los elementos de aleación entre la capa adhesiva y el material base, ya que por medio de esto se mejora notablemente la adhesión entre el material base y la capa adhesiva. Aparte de esto puede mejorarse de este modo el comportamiento de oxidación y corrosión del material base en la región próxima a la superficie.

35 La tarea de la presente invención consiste en aprontar un álabe de turbina con un sistema de recubrimiento, que minimice de tal modo la interdifusión de los componentes de aleación entre el material base del álabe de turbina y los componentes de la capa adhesiva que, precisamente, se consiga el grado necesario de mezclado para una adhesión óptima de la capa adhesiva sobre el álabe de turbina y, al mismo tiempo, no se limiten las características del material base.

45 Esta tarea es resuelta conforme a la invención por medio de que la capa adhesiva contiene como base entre el 22% y el 36% en peso de Cr, entre el 15% y el 30% en peso de Ni, como máximo 55 ppm de Al, opcionalmente entre el 1% y el 3% en peso de Si y Fe como base. Por lo tanto se utiliza una capa adhesiva que contiene sobre todo hierro, cromo y níquel y en la que sólo está contenida una pequeña cantidad de aluminio.

50 La ventaja del álabe de turbina conforme a la invención es que la capa adhesiva está configurada como capa de bloqueo, que minimiza la interdifusión entre los componentes del cuerpo base y los de la capa adhesiva. Con ello es responsable de que no se forme ninguna fase ni estructura mixta indeseada, pero por otro lado permite una cierta medida de interdifusión que hace posible una adhesión óptima de la capa adhesiva sobre el material base. Aparte de esto no se limitan las características del material base del álabe de turbina.

55 Conforme a una forma de ejecución preferida de la invención, la capa adhesiva puede contener además del 1% al 3% en peso de Si. Todos estos aditivos conducen a una mejora de la resistencia a la oxidación de la capa adhesiva.

Conforme a otra forma de ejecución, la capa adhesiva puede contener el 25% en peso de Cr y el 20% en peso de Ni. También es posible prever una capa adhesiva con el 30% en peso de Cr y el 30% en peso de Ni.

60 La capa adhesiva está configurada de forma ventajosa como capa de bloqueo, que minimiza la interdifusión entre el álabe de turbina y la capa adhesiva. De este modo se garantiza que no se forme ninguna fase ni estructura mixta indeseada en el material base.

65 Conforme a otra forma de ejecución de la invención está previsto que la capa adhesiva esté configurada en varias capas. En este caso la primera capa aplicada directamente al álabe de turbina actúa como capa de bloqueo para las otras capas, configuradas sobre la primera capa. Esto se produce por medio de que la primera capa minimiza la interdifusión entre los componentes del álabe de turbina y los de la otra capa.

ES 2 342 552 T3

Ha quedado demostrado que puede obtenerse una pieza constructiva conforme a la invención con una elevada resistencia a la temperatura, corrosión y oxidación, si la capa de protección calorífuga se compone de una cerámica, por ejemplo sobre base de óxido de circonio.

5 A continuación se explica con más detalle la invención, con base en dos ejemplos de ejecución y haciendo referencia a los dibujos adjuntos. Aquí muestran:

la figura 1 una sección transversal esquemática a través de una primera pieza constructiva conforme a la invención,
10 la figura 2 una sección transversal esquemática a través de una segunda pieza constructiva conforme a la invención,
la figura 3 una vista en perspectiva de un álabe de paleta o de un álabe guía de una turbo-máquina,
la figura 4 una turbina de vapor en un corte parcial longitudinal.

15

La figura 1 muestra una sección transversal esquemática a través de un primer álabe de turbina conforme a la invención. El álabe de turbina 1 se compone de un cuerpo básico 2, que se compone aquí de una aleación base de níquel. A este cuerpo básico 2 se ha aplicado en plano una capa adhesiva 3, que se compone de entre 22% y el
20 36% en peso de Cr, entre el 15% y el 30% en peso de Ni, como máximo 50 ppm de Al y Fe como base. La capa adhesiva 3 puede ser adicionalmente también de entre el 1% y el 3% en peso de Si. Sobre la capa adhesiva 3 se ha configurado a su vez una capa de protección calorífuga 4 en plano, que en este caso contiene una cerámica sobre base de óxido de circonio. La capa adhesiva 3 está configurada como capa de bloqueo, que minimiza la interdifusión entre los componentes del cuerpo base y los de la capa adhesiva. Con ello es responsable de que no se forme ninguna fase
25 ni estructura mixta indeseada en el material base, pero por otro lado permite una cierta medida de interdifusión que hace posible una adhesión óptima de la capa adhesiva sobre el material base.

Para producir el álabe de turbina 1 conforme a la invención, en un primer paso se aplica la capa adhesiva 3 en plano con ayuda de los procedimientos de recubrimiento conocidos en el estado de la técnica sobre el cuerpo básico
30 2, en donde por ejemplo son adecuados APS, HVOF y LPPS. A continuación se aplica en un segundo plano la capa de protección calorífuga como recubrimiento exterior, en plano, a la capa adhesiva. También para esto son adecuados los procedimientos conocidos en el estado de la técnica, ya citados.

La figura 2 muestra una segunda forma de ejecución de una pieza constructiva 1 conforme a la invención en un
35 corte esquemático. Aquí se trata de una hoja de turbina 120, 130 de una turbina de gas 100, que presenta un cuerpo básico 2 que se compone de una super-aleación de níquel. Sobre la superficie del cuerpo básico 2 está configurada una capa adhesiva 3 multi-capas, en donde una primera capa 5 está dispuesta directamente sobre el cuerpo básico 2. Otra capa 6 puede aplicarse a la primera capa 5. La primera capa 5 actúa como capa de bloqueo para la otra capa 6, por medio de que minimiza la interdifusión entre los componentes del cuerpo básico 2 y los de la otra capa 6. La primera
40 capa 5 tiene una composición de entre el 22% y el 36% en peso de Cr, entre el 15% y el 30% en peso de Ni, como máximo 55 ppm de Al, entre el 1% y el 3% en peso de Si y Fe como base. La otra capa 6 está recubierta en plano con una capa de protección calorífuga, que se compone de una cerámica y contiene óxido de circonio.

Para producir el álabe de turbina 1 conforme a la invención se aplica en primer lugar al cuerpo básico 2 del
45 álabe de turbina 1, en plano, la primera capa 5 de la capa adhesiva 3. Para ello pueden usarse los procedimientos de recubrimiento conocidos en el estado de la técnica y ya citados anteriormente. De forma análoga se aplica en primer lugar a la primera capa 5 la otra capa 6 así como sobre ésta, a su vez, la capa de protección calorífuga 4 con ayuda de procedimientos de recubrimiento.

50 En ambos casos la capa adhesiva 3 presenta de forma preferida una densidad $\geq 95\%$ de la densidad teórica.

La figura 3 muestra en una vista en perspectiva un álabe de paleta 120 o álabe guía 130 de este tipo de una turbo-máquina, que se extiende a lo largo de un eje longitudinal 121.

55 La turbo-máquina puede ser una turbina de gas de un avión o de una central de energía para producir electricidad, una turbina de vapor o un compresor.

El álabe 120, 130 presenta a lo largo del eje longitudinal 121 consecutivamente una región de fijación 400, una
60 plataforma de álabe 403 adyacente a la misma así como una hoja de álabe 406 y una punta de álabe 415.

Como álabe guía 130, el álabe 130 puede presentar en su punta de álabe 415 otra plataforma (no representada).

En la región de fijación 400 está formado un pie de álabe 183, que sirve para fijar los álabes de paleta 120, 130 a
65 un árbol o a un disco (no representado).

El pie de álabe 183 está configurado por ejemplo como cabeza de martillo. Son posibles otras configuraciones como pie de abeto o de cola de milano.

ES 2 342 552 T3

El álabe 120, 130 presenta para un medio, que pasa circulando por la hoja de álabe 406, una arista de corriente de ataque y una arista de arrastre por corriente 412.

5 En los álabes usuales 120, 130 se utilizan en todas las regiones 400, 403, 406 del álabe 120, 130 por ejemplo materiales metálicos macizos, en especial super-aleaciones.

Estas super-aleaciones se conocen por ejemplo de los documentos EP 1 204 776 B1, EP 1 306 454, EP 1 319 729 A1, WO 99/67435 o WO 00/44949.

10 El álabe 120, 130 puede estar fabricado aquí mediante un procedimiento de fundición, también mediante una solidificación dirigida, mediante un procedimiento de fresado o combinaciones de ellos.

15 Se usan piezas de trabajo con estructura monocristalina o estructuras como piezas constructivas para máquinas que, en funcionamiento, están expuestas a elevadas cargas mecánicas, térmicas y/o químicas.

La fabricación de piezas de trabajo monocristalinas de este tipo se realiza, por ejemplo, mediante una solidificación dirigida a partir del caldo. Con ello se trata de procedimientos de colada, en los que la aleación metálica líquida se solidifica para formar una estructura monocristalina, es decir una pieza de trabajo monocristalina, o de forma dirigida.

20 Con ello se preparan cristales dentríticos a lo largo del flujo térmico y forman o bien una estructura granular cristalina de tipo tallo (de tipo columna, es decir, granos que discurren todo a lo largo de la pieza de trabajo y aquí, según el léxico general, reciben el nombre de solidificados de forma dirigida), o una estructura monocristalina, es decir, que toda la pieza de trabajo se compone de un único cristal. En este procedimiento es necesario evitar la transición a una solidificación globulítica (policristalina), ya que a causa de un crecimiento no dirigido se configuran necesariamente 25 límites de granulación transversales y longitudinales, que anulan las buenas características de la pieza constructiva solidificada de forma dirigida o monocristalina.

30 Si hablamos en general de estructuras solidificadas de forma dirigida queremos decir con ello tanto monocristales, que no presentan límites de granulación o como mucho límites de granulación de pequeño ángulo, así como estructuras cristalinas de tipo tallo que sí presentan límites de granulación que discurren en dirección longitudinal, pero no límites de granulación transversales. En el caso de estas estructuras cristalinas citadas en segundo lugar se habla también de estructuras solidificadas de forma dirigida (directionally solidified structures).

35 Estos procedimientos se conocen de los documentos US-PS 6,024,792 y EP 0 892 090 A1.

Del mismo modo los álabes 120, 130 pueden presentar recubrimientos contra corrosión u oxidación.

40 Sobre la capa de protección contra corrosión (como capa intermedia o capa más externa) se forma una capa oxídica protectora (TGO = thermal grown oxide layer), en especial una capa de óxido de aluminio.

Sobre la capa de protección contra corrosión puede disponerse también de una capa de protección calorífuga, que es de forma preferida la capa más externa, y se compone por ejemplo de ZrO_2 , $Y_2O_3-ZrO_2$, es decir, no está estabilizada parcial- ni totalmente mediante óxido de itrio y/o óxido de calcio y/u óxido de magnesio.

45 La capa de protección calorífuga cubre toda la capa de protección contra corrosión.

Mediante procedimientos de recubrimiento apropiados, como por ejemplo vaporización por rayos electrónicos (EB-PVD) se generan granos en forma de tallo en la capa de protección calorífuga.

50 Puede pensarse en otros procedimientos de recubrimiento, por ejemplo inyección atmosférica de plasma (APS), LPPS, VPS o CVD. La capa de protección calorífuga puede presentar granos porosos, afectados por micro- o macro-grietas para una mejor resistencia al choque térmico. La capa de protección calorífuga es también de forma preferida más porosa que la capa de protección contra corrosión.

55 El álabe 120, 130 puede estar ejecutado de forma hueca o maciza.

Si se pretende refrigerar el álabe 120, 130 es hueco y presenta además, dado el caso, orificios de refrigeración por película 418 (indicados a trazos).

60 En la figura 4 se ha representado una turbina de vapor 300, 303 con un árbol de turbina 309 que se extiende a lo largo de un eje de rotación 306.

65 La turbina de vapor presenta una turbina parcial de alta presión 300 y una turbina parcial de presión media 303, en cada caso con una carcasa interior 312 y una carcasa exterior 315 que abraza la misma. La turbina parcial de alta presión 300 está ejecutada por ejemplo en modo constructivo de cubeta. La turbina parcial de presión media 303 está ejecutada por ejemplo con doble flujo. También es posible que la turbina parcial de presión media 302 esté ejecutada con un solo flujo.

ES 2 342 552 T3

A lo largo del eje de rotación 306 está dispuesto entre la turbina parcial de alta presión 300 y la turbina parcial de presión media 303 un cojinete 318, en donde el árbol de turbina 309 presenta en el cojinete 318 una región de cojinete 321. El árbol de turbina 309 está apoyado sobre otro cojinete 324 junto a la turbina parcial de alta presión 300. En la región de este cojinete 324 la turbina parcial de alta presión 300 presenta un anillo de obturación 345. El árbol de turbina 309 está obturado respecto a la carcasa exterior 315 de la turbina parcial de presión media 303 mediante otros dos anillos de obturación 345. Entre una región de afluencia de vapor a alta presión 348 y una región de salida de vapor 351, el árbol de turbina 309 presenta en la turbina parcial de alta presión 300 el sistema de álabes de paleta de alta presión 357. Este sistema de álabes de paleta de alta presión 357 representa, con los álabes de paleta correspondientes no representados con más detalle, una primera región de sistema de álabes 360.

La turbina parcial de presión media 303 presenta una región de afluencia de vapor central 333. El árbol de turbina 309 presenta, asociado a la región de afluencia de vapor 333, un blindaje de árbol 363 con simetría radial, una placa de cubierta, por un lado para dividir la corriente de vapor en los dos flujos de la turbina parcial de presión media 303, así como para impedir un contacto directo del vapor caliente con el árbol de turbina 309. El árbol de turbina 309 presenta en la turbina parcial de presión media 303 una segunda región de sistema de álabes 366 con los álabes de paleta de presión media 354. El vapor caliente que circula a través de la segunda región de sistema de álabes 366 fluye hacia fuera de la turbina parcial de presión media 303, desde un racor de arrastre por corriente 369, hasta una turbina parcial de baja presión no representada, postconectada según técnica de flujo.

El árbol de turbina 309 se compone por ejemplo de dos árboles de turbina parcial 309a y 309b, que están unidos fijamente entre sí en la región del cojinete 318. Cada árbol de turbina parcial 309a, 309b presenta un conducto de refrigeración 372 configurado a lo largo del eje de rotación 306. El conducto de refrigeración 372 está unido a la región de salida de vapor 351 a través de un conducto de alimentación 375 que presenta un taladro radial 375a. En la turbina parcial de presión media 303 el conducto de refrigerante 372 está unido a un hueco no representado con más detalle por debajo del blindaje de árbol. Los conductos de alimentación 375 están ejecutados como taladro radial 375a, con lo que puede afluir vapor “frío” desde la turbina parcial de alta presión 300 en el taladro central 372a. A través del conducto de arrastre por corriente, configurado en especial también como taladro 375a dirigido radialmente, el vapor llega a través de la región de cojinete 321 hasta la turbina parcial de presión media 303 y allí, sobre la superficie de envuelta 330 del árbol de turbina 309, hasta la región de afluencia de vapor. El vapor que circula a través del conducto de refrigeración tiene una temperatura claramente menor que el vapor sobrecalentado de forma intermedia que afluye en la región de afluencia de vapor 333, de tal modo se garantiza una refrigeración eficaz de las primeras filas de álabes de paleta 342 de la turbina parcial de presión media 303 así como de la superficie de envuelta 330 en la región de estas filas de álabes de paleta 342.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Álabes de turbina (120, 130) de una turbina con un sistema de recubrimiento, que presenta al menos una capa adhesiva (3) aplicada directamente a la pieza constructiva (1) y en especial una capa de protección calorífuga (4) configurada sobre la capa adhesiva (3), **caracterizado** porque la capa adhesiva (3) se compone de entre el 22% y el 36% en peso de Cr, entre el 15% y el 30% en peso de Ni, Fe como base, como máximo 55 ppm de Al, opcionalmente entre el 1% y el 3% en peso de Si.
- 10 2. Álabes de turbina (120, 130) de una turbina según la reivindicación 1, cuya capa adhesiva (3) se compone de cromo (Cr), níquel (Ni), silicio (Si), hierro (Fe) y opcionalmente aluminio (Al).
- 15 3. Álabes de turbina (120, 130) de una turbina según la reivindicación 1, cuya capa adhesiva (3) se compone de cromo (Cr), níquel (Ni), hierro (Fe) y opcionalmente aluminio (Al).
- 20 4. Álabes de turbina (120, 130) de una turbina según la reivindicación 1, cuya capa adhesiva (3) se compone de cromo (Cr), níquel (Ni), silicio (Si), hierro residual, opcionalmente: aluminio (Al).
- 25 5. Álabes de turbina (120, 130) de una turbina según la reivindicación 1, cuya capa adhesiva (3) se compone de cromo (Cr), níquel (Ni), hierro residual (Fe), opcionalmente: aluminio (Al).
6. Álabes de turbina (120, 130) de una turbina según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque la capa adhesiva (3) contiene un 25% en peso de Cr y un 20% en peso de Ni.
7. Álabes de turbina (120, 130) de una turbina según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque la capa adhesiva (3) contiene un 30% en peso de Cr y un 30% en peso de Ni.
- 30 8. Álabes de turbina (120, 130) de una turbina según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque la capa adhesiva (3) está configurada como capa de bloqueo, que minimiza la interdifusión entre la pieza constructiva (1) y la capa adhesiva (3).
- 35 9. Álabes de turbina (120, 130) de una turbina según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque la capa adhesiva (3) está configurada en varias capas.
- 40 10. Álabes de turbina (120, 130) de una turbina según la reivindicación 9, **caracterizado** porque la primera capa (5) aplicada a la pieza constructiva de la capa adhesiva (3) actúa como capa de bloqueo para al menos otra capa (6) configurada sobre la primera capa (5), por medio de que minimiza la interdifusión entre la pieza constructiva (1) y la otra capa (6).
- 45 11. Álabes de turbina (120, 130) de una turbina según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** porque la capa de protección calorífuga (4) contiene una cerámica.
- 50 12. Álabes de turbina (120, 130) de una turbina según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** porque la capa de protección calorífuga (4) se compone de una cerámica.
13. Álabes de turbina (120, 130) de una turbina según la reivindicación 11 ó 12, **caracterizado** porque la pieza constructiva se compone de un sustrato (2), de una capa adhesiva (3) y de una capa de protección calorífuga.
- 55 14. Álabes de turbina (120, 130) de una turbina según la reivindicación 11, 12 ó 13, **caracterizado** porque la cerámica es sobre base de óxido de circonio.

FIG 1

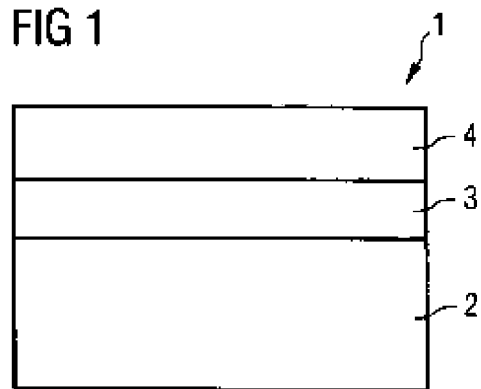


FIG 2

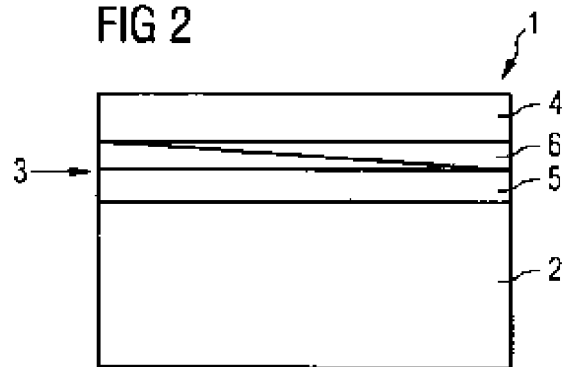
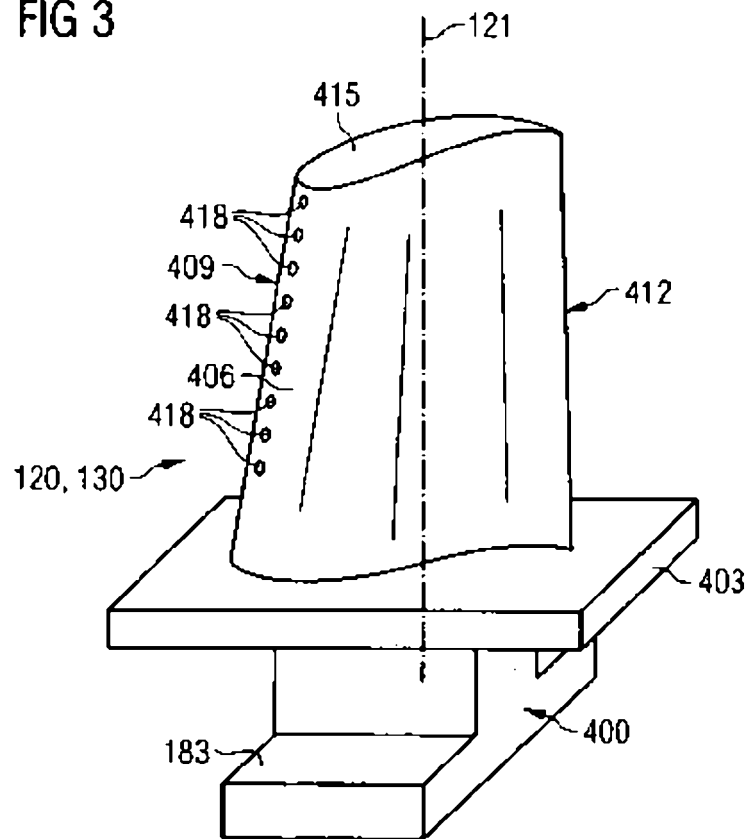


FIG 3



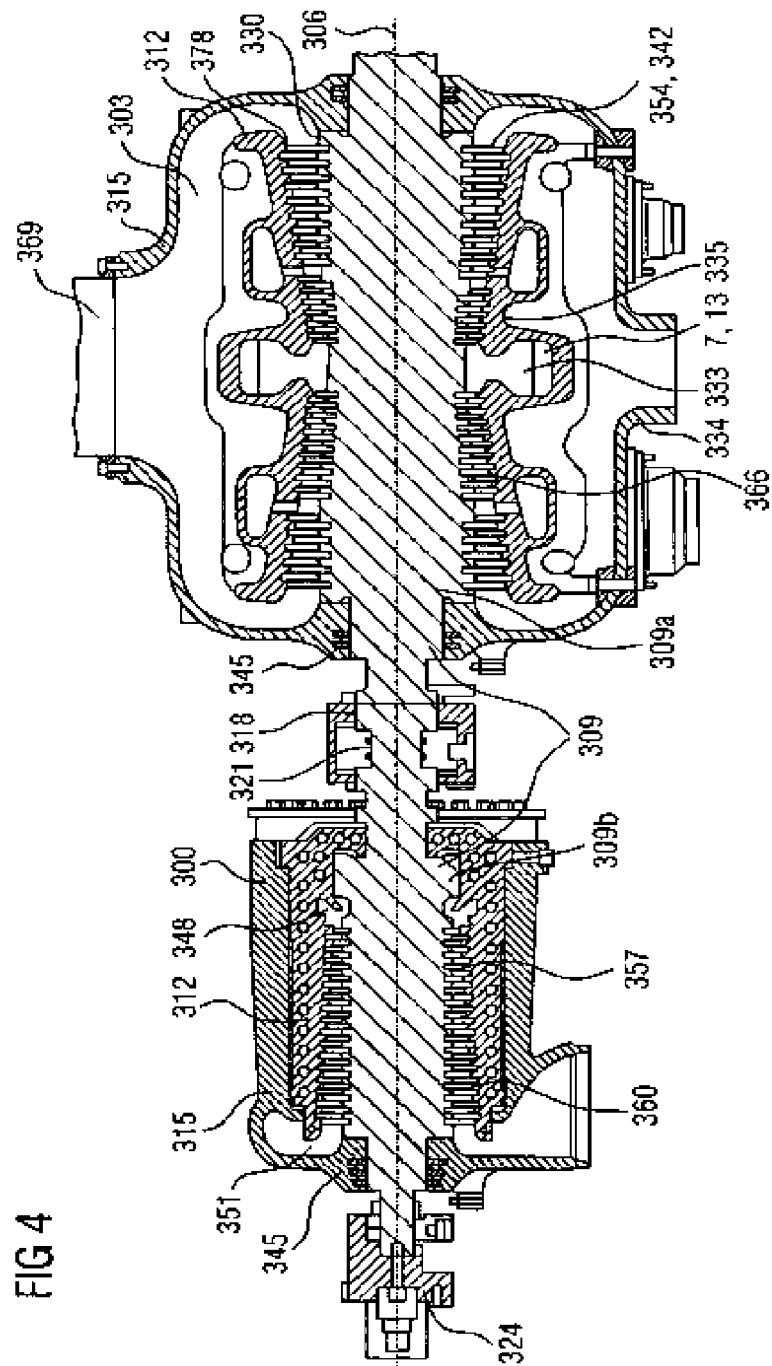


FIG 4