

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 824 523**

51 Int. Cl.:

F01D 25/28 (2006.01)
F01D 5/00 (2006.01)
F01D 5/30 (2006.01)
B23P 6/00 (2006.01)
F01D 25/00 (2006.01)
F01D 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.09.2017 PCT/EP2017/072052**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.03.2018 WO18046423**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.09.2017 E 17768699 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.08.2020 EP 3510255**

54 Título: **Método de asignación de posición e identificación inequívocas de un álabe de turbina**

30 Prioridad:

06.09.2016 DE 102016216895

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

12.05.2021

73 Titular/es:

**LUFTHANSA TECHNIK AG (100.0%)
Weg beim Jäger 193
22335 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

ZIPPEL, TIM FREDERIK

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 824 523 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

Método de asignación de posición e identificación inequívocas de un álabe de turbina

La invención se refiere a un método de asignación de posición e identificación inequívocas de un álabe de turbina de una etapa de turbina de alta presión de una turbina de gas, en especial, de un motor de avión.

5 Los álabes de la turbina de alta presión pertenecen a los componentes constructivos más solicitados de una turbina de gas o bien de un motor de avión. Al mismo tiempo, ya pequeños deterioros o divergencias de su respectiva forma original de los álabes de turbinas de alta presión tienen una influencia no despreciable en el rendimiento de la turbina de gas, lo que afecta finalmente al consumo de combustible.

10 Debido a la carga especial, los álabes de las turbinas de alta presión se revisan regularmente o, siempre que esto no sea posible, se sustituyen por piezas nuevas. Para ello, se ha de desarmar la turbina de gas al menos en tanto que se puedan desmontar los álabes de la turbina de alta presión. Los álabes de turbina previamente retirados pueden volver a montarse tras una revisión, dado el caso, intensiva en tiempo. Alternativamente a ello, pueden montarse otros álabes de turbina ya revisados en otra parte o piezas nuevas para mantener lo más breve posible el tiempo de mantenimiento necesario para la turbina de gas. Esto último es de importancia especialmente para motores de aviones.

15 Los álabes de turbina están provistos regularmente de un número de serie unívoco. Para álabes de turbina de motores de avión, eso es incluso obligatoriamente necesario debido a las disposiciones de autorización. Los números de serie se disponen además en la raíz de los álabes de turbina con las que se fijan los álabes al soporte de los álabes del motor, para evitar que entren en contacto directamente con la corriente de gas caliente y se hagan irreconocibles debido a ella.

20 Resulta inconveniente en la colocación de los números de serie en la raíz de un álabe de turbina que los números de serie ya no sean legibles tras el montaje de los álabes de turbina. Así, pues, no es posible comprobar, en una turbina de gas completamente montada o bien en un motor de avión completamente montado, el número de serie de un determinado álabe del motor. Para determinar el número de serie de un determinado álabe de motor, se necesita según el estado actual de la técnica más bien desarmar casi completamente toda la turbina de gas.

25 En especial con el empleo de álabes de turbina reparados, en el caso de efectuada una comprobación de los álabes de turbina antes y durante el montaje, se puede presentar de por sí ya poco después de la puesta en marcha de la turbina de gas de nuevo montada, ya parcialmente tras una primera marcha de prueba, un rendimiento por lo menos ligeramente reducido, que acaba teniendo como consecuencia un consumo de combustible elevado en la utilización de la turbina de gas. Incluso cuando un rendimiento relativamente reducido no justifique con frecuencia un nuevo desmontaje de la turbina de gas, puede desearse por diversas razones que se identifique inequívocamente el componente de la turbina de gas causante de la pérdida de rendimiento. Por ejemplo, es deseable una identificación adecuada para poder plantear eventuales reivindicaciones de devolución al fabricante de un componente inequívocamente identificable o a la empresa de mantenimiento, que ha revisado el componente cuestionado.

35 Si se localizase además un álabe de la turbina de alta presión del motor de avión como posible causa de la pérdida de rendimiento, no es posible identificar sin duda inequívocamente, en el estado actual de la técnica sin desarmar casi completamente la turbina de gas, el álabe de turbina cuestionado o bien a base de su número de serie. A continuación, se puede aclarar no sin más dificultad también la procedencia del álabe de turbina de un fabricante o del taller de reparación.

40 A partir del estado actual de la técnica – por ejemplo de los documentos DE 10 2011 114 541 A1, EP 1 609 957 A2, US 2013/0 113 915 A1, US 2014/0 188 423 A1 o del WO 2015/130 870 A1 – se conocen diversos métodos, incluso en parte automatizados para la inspección boroscópica de álabes de turbina u otros componentes en un motor de avión completamente montado. Aunque no se describe una posibilidad de la identificación de los álabes de turbina visibles por el boroscopio.

45 Los documentos DE 10 2011 103 003 A1 y US 9 016 560 B2 publican métodos ópticos automatizados para revisar álabes de motores desmontados, pudiendo formarse de modo mecánicamente legible el número de serie previsto.

50 En el documento EP 2 597 273 A2, se publica un método para la inspección de una turbomáquina, donde tiene lugar, mediante baroscopios, en una primera y una segunda aberturas de boroscopio aguas arriba y aguas abajo de un alabe de rotor, una captación gráfica del álabe de rotor y los gráficos se envían a un procesador para ulterior análisis.

Una misión de la presente invención es crear métodos, con los cuales sea posible una asignación de posición e identificación unívocas de un álabe de turbina de una etapa de turbina de alta presión de una turbina de gas sin que sea necesario desmontar la turbina de gas para la identificación.

55 Se resuelve esa misión por métodos según las reivindicaciones 1 y 5. Perfecciones ventajosas son objeto de las reivindicaciones dependientes.

Así, pues, la invención se refiere a un método para la asignación de posición unívoca de un álabe de turbina de una etapa de turbina de alta presión de una turbina de gas conectada con un compresor de alta presión por medio de un árbol, especificándose cada álabe de turbina de la turbina de alta presión unívocamente por su posición relativa en un plano de dispositivos, con las etapas de:

- 5 a. Determinación de la posición de un cerrojo de álabe predeterminado de una etapa prefijada del compresor de alta presión, donde la etapa del compresor de alta presión se elige de tal modo que el cerrojo de álabe, en estado completamente montado de la turbina de gas, se pueda llevar por rotación del árbol al campo de visión de un primer boroscopio conducido en la turbina de gas a través de una primera abertura de baroscopio y se pueda identificar unívocamente; y
- 10 b. Marcado del álabe de turbina en el plano de dispositivos que, en el estado completamente montado de la turbina de gas, sea un segundo baroscopio conducido en el campo de visión a través de una segunda abertura de boroscopio en la turbina de gas, cuando el cerrojo de álabe predeterminado está en el campo de visión del primer boroscopio.

La invención se refiere además a un método para identificar unívocamente el álabe de la turbina de alta presión de una turbina de gas marcado en el plano de dispositivos con el método precedente según la invención, con las etapas de:

- a. Introducción de un primer baroscopio a través de una primera abertura de baroscopio en la turbina de gas y de un segundo baroscopio a través de una segunda abertura de baroscopio en la turbina de gas; y
- 20 b. Rotación del árbol, que une el compresor de alta presión y la etapa de la turbina de alta presión, hasta que el cerrojo de álabe predeterminado esté en el campo de visión del primer boroscopio, con lo que el álabe de turbina marcado en el plano de dispositivos esté en el campo de visión del segundo baroscopio.

En primer lugar, se explicarán algunos conceptos utilizados en el marco de la invención.

- 25 Se conocen en las turbinas de gas y son habituales en los motores de avión "mapas de dispositivos", en los cuales se indican la "posición relativa" de los distintos álabes de turbinas o compresores de una etapa de la turbina de gas. En el mapa de dispositivos, se listan todos los álabes montados en la etapa de la turbina de gas por medio de su número de serie. Además, resulta del mapa de dispositivos la sucesión de los distintos álabes en dirección
- 30 perimetral. Con otras palabras, a base del mapa de dispositivos, se puede determinar para cada álabe de la etapa de la turbina de gas qué dos álabes se han dispuesto en cada caso vecinos al mismo. Aunque el mapa de dispositivos proporciona, en este caso, exclusivamente información sobre la posición relativa de los álabes, pero no la posición absoluta, por ejemplo, respecto del árbol.

Los álabes de las turbinas de gas y de los motores de avión constan de una hoja de álabe y una raíz de álabe. La raíz de álabe presenta regularmente, en este caso, una conformación tal que posibilita una inserción de la raíz de álabe en una ranura de álabe del soporte de álabes de una etapa de turbina. Para asegurar uno o varios álabes en la ranura de álabe, se han previsto uno o varios "cerrojos de álabe", con los que se fijan los álabes en su posición respecto del soporte de los álabes.

- 35 Los álabes de las turbinas de gas y de los motores de avión constan de una hoja de álabe y una raíz de álabe. La raíz de álabe presenta regularmente, en este caso, una conformación tal que posibilita una inserción de la raíz de álabe en una ranura de álabe del soporte de álabes de una etapa de turbina. Para asegurar uno o varios álabes en la ranura de álabe, se han previsto uno o varios "cerrojos de álabe", con los que se fijan los álabes en su posición respecto del soporte de los álabes.
- 40 Se le plantea a la invención el reconocimiento de que las zonas de la turbina de alta presión visibles por un segundo boroscopio en una turbina de gas completamente montada, están sometidas a la carga especial debida al aire caliente procedente de la cámara de combustión, por lo que todas las marcas efectuadas en esta zona se eliminarían o bien se quemarían lo más tardar con una primera marcha de prueba de la turbina de gas. Debido a la carga especial de esa zona, las turbinas de alta presión se configuran también regularmente de tal manera que las superficies de la turbina de alta presión, visibles por un segundo boroscopio con la turbina de gas completamente montada, no permitan residuos en su posición angular o similares.

- 45 Aunque la invención ha reconocido que el compresor de alta presión, unido a prueba de giro con la turbina de alta presión por medio de un árbol, presenta mediante un primer boroscopio también con la turbina de gas completamente montada cerrojos de álabe identificables unívocamente, que pueden servir como distintivo de reconocimiento para las posiciones angulares del compresor de alta presión y, con ello, de la turbina de alta presión. Con conocimiento de la posición de las aberturas de boroscopio para los boroscopios primero y segundo, se puede
- 50 fijar con precisión, qué álabe de turbina está en el campo visual del segundo baroscopio, cuando el cerrojo del álabe predeterminado está en el campo visual del primer boroscopio.

En tanto que esa relación se indica en el plano de dispositivos según la invención durante el montaje de la turbina de alta presión, se puede identificar unívocamente a base de esa información en el mapa de dispositivos, con la turbina de gas completamente montada, en primer lugar un primer álabe de turbina. Por giro subsiguiente del compresor de alta presión en un ángulo predeterminado o por observación simultánea mediante el segundo baroscopio, también se pueden identificar unívocamente, a base de la posición relativa de los álabes de la turbina indicada en el mapa de dispositivos, los restantes álabes de la turbina.

Para facilitar la determinación del álabe de turbina a marcar en el mapa de dispositivos, se prefiere, cuando se marca primero en el árbol la posición angular del cerrojo de álabe predeterminado del compresor de alta presión respecto del árbol y se determina partiendo de esa marca el álabe de turbina a marcar en el mapa de dispositivos. La marca puede conducirse, en este caso, a lo largo del árbol hasta la turbina de alta presión, con lo cual se simplifica la identificación del álabe de turbina en cuestión. La marca puede realizarse, por ejemplo, con un lápiz marcador según la norma DIN LN 9051.

La determinación del álabe de turbina a marcar en el mapa de dispositivos puede facilitarse alternativa o adicionalmente cuando los álabes de turbina presentan distintivo de identificación temporal visible tras el montaje. Así puede aplicarse, por ejemplo, el número de serie de los distintos álabes de turbina directamente en la hoja del álabe, por tanto en un lugar que también sea visible tras el montaje del álabe de turbina. Con un distintivo de identificación semejante, visible también en estado montado, se trata básicamente de un distintivo de identificación temporal, que tras una primera marcha de prueba de la turbina de gas se quema ya sin residuos debido a las cargas especiales en la zona de la turbina de gas.

Si existen más de dos cerrojos de álabe en la etapa predeterminada del compresor de alta presión, se pueden identificar por lo regular unívocamente unos cerrojos de álabe primero y segundo. La distancia en dirección perimetral contra una dirección de giro prefijada entre el primer cerrojo de álabe y el segundo cerrojo de álabe es por lo general ciertamente menor que la correspondiente distancia entre el último cerrojo de álabe – que también puede ser el segundo cerrojo de álabe – y el primer cerrojo de álabe. Partiendo del primer cerrojo de álabe así identificable unívocamente, el segundo cerrojo de álabe es el cerrojo de álabe subsiguiente al primer cerrojo de álabe en la dirección de giro predeterminada en dirección perimetral. Como se explica a continuación, puede facilitarse con ello la identificación ulterior de la turbina marcada en el plano de dispositivos.

Si un álabe de turbina se marca según la invención en el plano de dispositivos, se puede identificar unívocamente dicho álabe de turbina también con la turbina de gas completamente montada.

Para ello, se conducen en la turbina de gas un primer boroscopio a través de una primera abertura de boroscopio y un segundo boroscopio a través de una segunda abertura de boroscopio. La primera abertura de boroscopio se ha dispuesto además de modo que, por medio un boroscopio conducido a través de ella, se pueda examinar el cerrojo de álabe predeterminado de la etapa prefijada del compresor de alta presión, mientras que la segunda abertura de boroscopio permite, con la ayuda de un boroscopio, una observación de los álabes de la turbina de la etapa relevante de la turbina de alta presión.

Tras la inserción de al menos el primer boroscopio – el segundo boroscopio se puede insertar también más tarde – se gira el árbol sobre el que están tanto el compresor de alta presión como también la etapa de la turbina de alta presión hasta que el cerrojo de álabe predeterminado esté en el campo visual del primer boroscopio. El álabe de turbina, que es visible entonces por el segundo boroscopio insertado lo más tarde ahora, es entonces el álabe de turbina marcado en el plano de dispositivos.

Si se tratase, en el caso del cerrojo de álabe predeterminado, del segundo cerrojo de álabe de la etapa prefijada del compresor de alta presión, puede reducirse preferiblemente la velocidad de rotación tras reconocer al primer cerrojo de álabe por el primer boroscopio, para poder detener el árbol lo más libre de retraso posible, tan pronto como el segundo cerrojo de álabe esté en el campo visual del primer boroscopio. Con otras palabras, la velocidad de rotación puede ser primero comparativamente elevada para girar el árbol continuamente en la zona en la que queda el segundo cerrojo de álabe, para poder detener inmediatamente entonces el árbol a base de una velocidad de rotación comparativamente más baja, tan pronto como el segundo cerrojo de álabe llegue al campo visual del primer boroscopio.

Si se identifica unívocamente el álabe de turbina marcado en el plano de dispositivos, puede identificarse preferiblemente por giro subsiguiente del árbol, que conecta el compresor de alta presión y la etapa de turbina de alta presión, al menos un álabe de turbina a base del plano de dispositivos observando los álabes de turbina mediante el segundo boroscopio u observando la variación de la posición angular del árbol. Puesto que del plano de dispositivos resulta la posición relativa de los distintos álabes de turbina, pueden identificarse, partiendo del álabe de turbina marcado identificado unívocamente, los álabes de turbina respectivamente adyacentes y consecutivamente los álabes de turbina adyacentes a ellos. Puesto que se conoce la configuración geométrica básica de los álabes de turbina de una turbina de gas, también puede identificarse inmediatamente por la posición angular del árbol, partiendo de la posición angular que adopta el árbol en la identificación del álabe de turbina marcado, un álabe de turbina no adyacente al álabe de turbina marcado.

La invención se describe ahora a modo de ejemplo a base de un ejemplo de realización con referencia a los dibujos adjuntos. Lo muestran las figuras:

Figura 1 una etapa de turbina de alta presión con un compresor de alta presión unidos por un árbol;

Figura 2 una representación detallada del compresor de alta presión de la figura 1; y

Figura 3 un motor de avión con la etapa de la turbina de alta presión y el compresor de alta presión según figura 1.

La figura 1 es una representación esquemática de una etapa 10 de turbina de alta presión de una turbina 1 de gas o bien de un motor 1 de avión (véase la figura 3). La etapa 10 de turbina de alta presión presenta una multiplicidad de álabes 11 de turbina, cuyo respectivo número de serie se ha grabado en la raíz del álabe y se ha detallado con su posición relativa en un plano de dispositivos. Un plano de dispositivos puede presentar también la forma de una lista de números de serie, correspondiendo la secuencia del listado a la disposición de los álabes de turbina en dirección

5 perimetral de la etapa de turbina de alta presión.

La etapa 10 de turbina de alta presión está conectada a prueba de giro con un compresor 30 de alta presión de dos etapas por medio de un árbol 20. Cada una de las dos etapas del compresor 30 de alta presión comprende una multiplicidad de álabes 31 de compresor, que están asegurados mediante dos cerrojos 32 de álabe respectivamente (en la representación según la figura 1, únicamente se puede ver un cerrojo 32 de álabe) en su posición respecto del soporte de álabes de la correspondiente etapa del compresor 30 de alta presión.

10

En la figura 2, se ha representado el compresor 30 de alta presión de la figura 1 de forma ampliada. Entre los álabes 31 de una etapa del compresor 30 de alta presión pueden identificarse dos cerrojos 32, 32' de álabe. Además, la distancia en dirección perimetral entre el primer cerrojo 32' de álabe y el segundo cerrojo 32 de álabe en contra de la dirección 90 de rotación prefijada – que no ha de coincidir en funcionamiento con la dirección de rotación del motor 1 de avión – es menor que la distancia entre el segundo cerrojo 32 de álabe y último en la dirección de rotación y el primer cerrojo 32' de álabe.

15

El cerrojo 32 de álabe identificado así como segundo cerrojo 32 de álabe sirve como base para la marca 21 a lo largo del árbol 20, que se aplica con un lápiz marcador certificado para aeronáutica. La marca 21 muestra en este caso la posición angular del cerrojo 32 de álabe respecto del eje del árbol 20. Partiendo de esa marca, se puede marcar el álabe 11' de turbina en el plano de dispositivos, el cual – como se explicará a continuación en la figura 3 – en estado completamente montado del motor 1 de avión está en el campo visual de un segundo boroscopio 42, conducido a través de una segunda abertura 5 de baroscopio en el motor 1 de avión, cuando el cerrojo 32 de álabe predeterminado está en el campo visual de un primer boroscopio 41 conducido a través de una primera abertura 4 de boroscopio del motor 1 de avión

20

En la figura 3, se ha representado el motor 1 de avión en estado completamente montado. Únicamente, la cubierta 2 de la turbina está abierta (y por eso se ha representado de trazos) para tener acceso al motor 3 del núcleo.

Para identificar unívocamente el álabe 11' de turbina marcado en el plano de dispositivos de la turbina 10 de alta presión, se gira el árbol 20 con una primera velocidad de rotación en la dirección 90 de rotación. Tan pronto como a través del primer boroscopio 41 se pueda reconocer el primer cerrojo 32' de álabe, se reduce la velocidad de rotación y el árbol 20 se para tan pronto como el segundo cerrojo 32 de álabe esté en el campo visual del primer boroscopio 41.

30

Si el segundo cerrojo 32 de álabe está en el campo visual del primer baroscopio 41, el álabe 11 de turbina marcado en el plano de dispositivos se encuentra, debido a la asignación de posición realizada antes del álabe 11 de turbina en cuestión, inmediatamente en el campo visual del segundo boroscopio 42. Los restantes álabes 11 de turbina pueden identificarse entonces partiendo del álabe 11' de turbina marcado a base del plano de dispositivos.

35

Durante el montaje, dado el caso, marcas previstas en los álabes 11 de turbina, que también pueden simplificar la asignación posicional del álabe 11' de turbina a marcar, se eliminan totalmente lo más tarde tras la primera marcha de prueba del motor 1 de avión. Pero mediante el método según la invención es posible, primero, identificar un álabe 11' de turbina – a saber, el marcado antes en el plano de dispositivos – sin otras características de posición en el álabe 11' de turbina o de la propia turbina 10 de alta presión. Partiendo de ese álabe 11' de turbina, también se pueden identificar unívocamente los restantes álabes 11 de turbina con ayuda del plano de dispositivos.

40

REIVINDICACIONES

1. Método para la asignación de posición unívoca de un álabe (11) de turbina de una etapa (10) de turbina de alta presión de una turbina (1) de gas conectada con un compresor (30) de alta presión por medio de un árbol (20), donde cada álabe (11) de turbina de la turbina (10) de alta presión se puede identificar unívocamente con su posición relativa detallada en un plano de dispositivos, con las etapas:
 - a. Determinación de la posición de un cerrojo (32) de álabe predeterminado de una etapa predeterminada del compresor (30) de alta presión, donde la etapa del compresor (30) de alta presión se ha elegido de tal modo que el cerrojo (32) de álabe, en estado completamente montado de la turbina (1) de gas, se pueda llevar girando el árbol (20) al campo visual de un primer boroscopio (41) conducido en la turbina (1) de gas a través de una primera abertura (4) de boroscopio y se pueda identificar unívocamente; y
 - b. Marcado del álabe (11') de turbina en el plano de dispositivos, que en estado completamente montado de la turbina (1) de gas esté en el campo visual de un segundo boroscopio (42) conducido en la turbina (1) de gas a través de una segunda abertura (5) de boroscopio, cuando el cerrojo (32) de álabe esté en el campo visual del primer boroscopio (41).
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que, en el caso de la existencia de más de un cerrojo (32, 32') de álabe en una etapa predeterminada del compresor (30) de alta presión, el segundo cerrojo (32) de álabe es el cerrojo de álabe predeterminado, siendo la distancia en dirección perimetral, en contra de una dirección (90) de rotación predeterminada, entre el primer cerrojo (32') de álabe y el segundo cerrojo (32) de álabe menor que la distancia en dirección perimetral, en contra de una dirección (90) de rotación predeterminada, entre el segundo cerrojo (32) de álabe y el primer cerrojo (32') de álabe.
3. Método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la posición angular del cerrojo (32) de álabe predeterminado respecto del árbol (20) se marca en el árbol (20) y, partiendo de esa marca (21), se determina en el plano de dispositivos el álabe (11') de turbina a marcar.
4. Método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que los álabes (11) de turbina presentan una señal de identificación visible tras el montaje en la etapa (10) de la turbina de alta presión, que se elimina por el funcionamiento de la turbina (1) de gas.
5. Método para la identificación unívoca del álabe (11') de la turbina (10) de alta presión de una turbina (1), marcado en el plano de dispositivos mediante un método según las reivindicaciones precedentes, con las etapas de:
 - a. Introducción de un primer boroscopio (41) a través de una primera abertura (4) de boroscopio en la turbina (1) de gas y de un segundo boroscopio (5) a través de una segunda abertura (42) de boroscopio en la turbina de gas (1); y
 - b. Rotación del árbol (20), que conecta el compresor (30) de alta presión y la turbina (10) de alta presión, hasta que el cerrojo (32) de álabe predeterminado esté en el campo visual del primer boroscopio (41), con lo que el álabe (11') de turbina marcado en el plano de dispositivos está en el campo visual del segundo boroscopio (42).
6. Método según la reivindicación 5, caracterizado por que en un segundo cerrojo (32) de álabe como cerrojo de álabe predeterminado, la velocidad de rotación es reducida tras reconocer el primer cerrojo (32') de álabe por el primer boroscopio (41) para detener el árbol libre de retrasos cuando el segundo cerrojo (32) de álabe está en el campo visual del primer boroscopio (41).
7. Método según la reivindicación 5 o 6, caracterizado por que, tras la identificación unívoca del álabe (11') de turbina marcado en el plano de dispositivos por subsiguiente rotación del árbol (20), que une el compresor (30) de alta presión y la etapa (10) de la turbina de alta presión, se identifica por lo menos otro álabe (11) de turbina más a base del plano de dispositivos, observando los álabes (11) de turbina mediante el segundo boroscopio (42) y/o observando la variación de la posición angular del árbol (20).

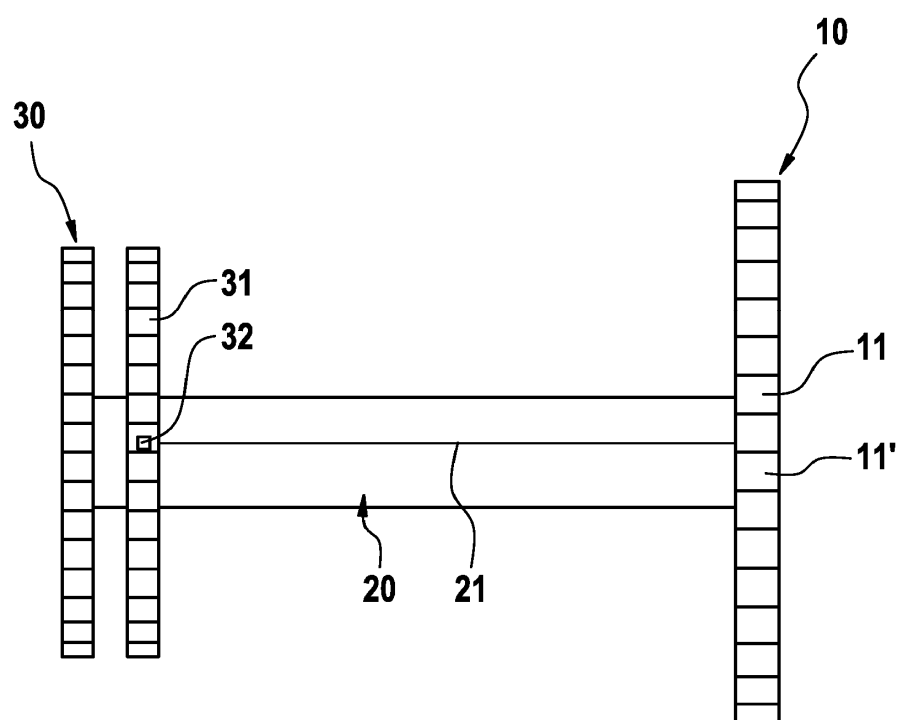


Fig. 1

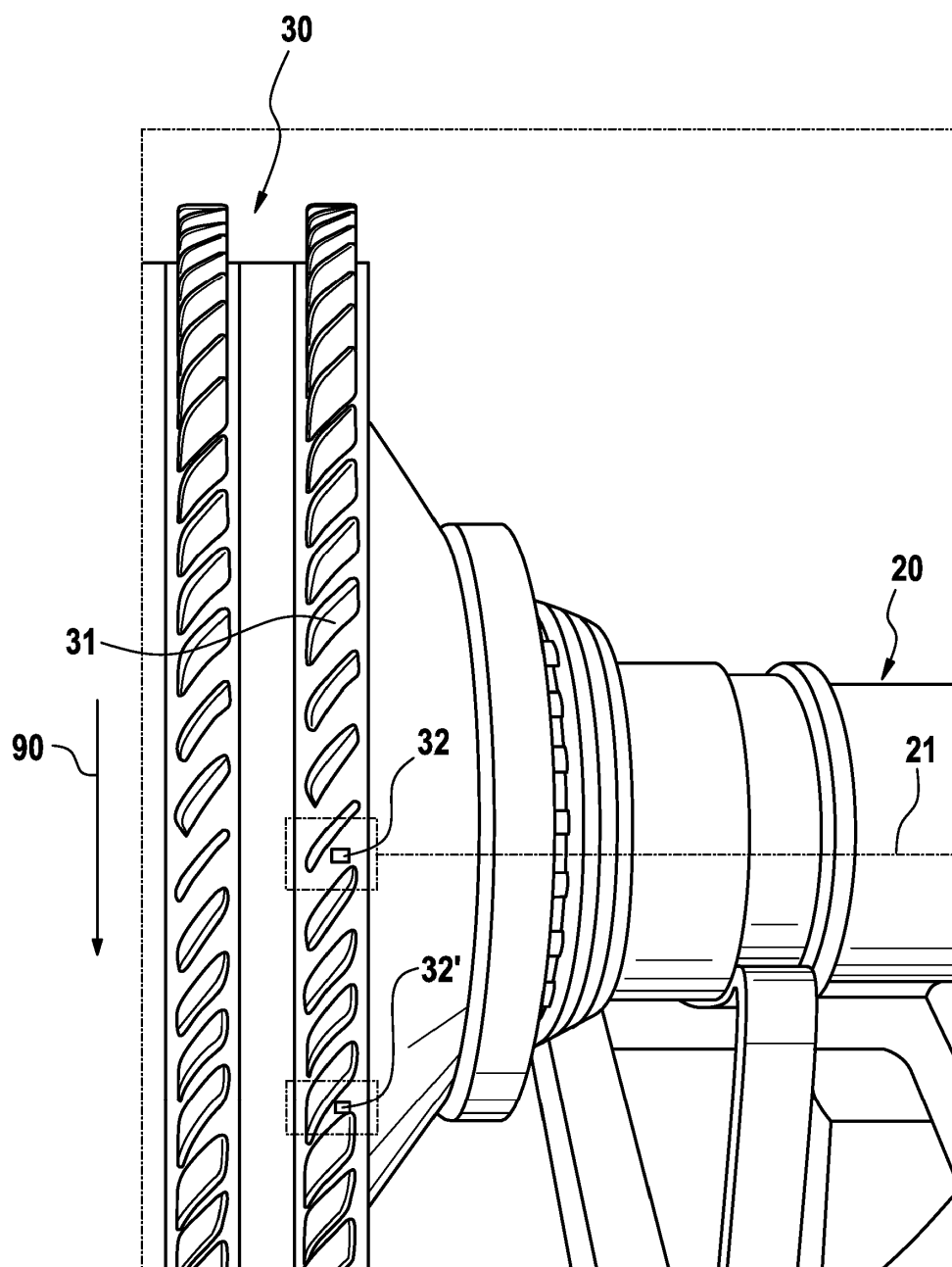


Fig. 2

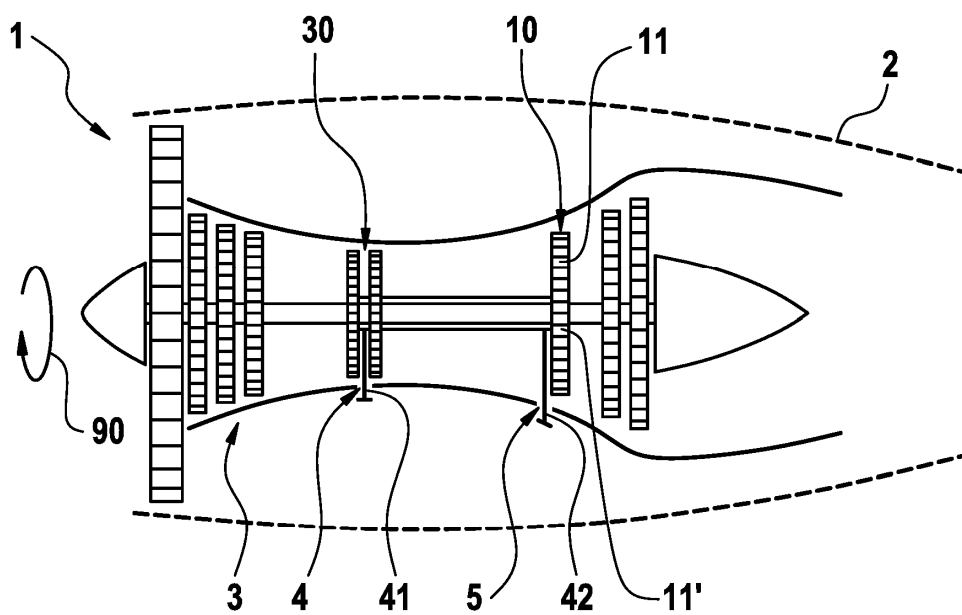


Fig. 3