

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 585 814**

51 Int. Cl.:

F01D 5/16 (2006.01)

F01D 5/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.01.2011** **E 11707065 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.07.2016** **EP 2396515**

54 Título: **Pala de rotor para una turbina y turbina**

30 Prioridad:

16.01.2010 DE 102010004854

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

10.10.2016

73 Titular/es:

**MTU AERO ENGINES GMBH (100.0%)
Dachauer Strasse 665
80995 München, DE**

72 Inventor/es:

**SCHLEMMER, MARKUS y
PIKUL, BARTLOMIEJ**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 585 814 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

Pala de rotor para una turbina y turbina

La invención se refiere a una pala de rotor de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 de la patente y a una turbina de gas con una pala de rotor de este tipo.

5 Las palas en las turbinas de vapor o turbinas de gas están expuestas siempre a altas cargas mecánicas, químicas y físicas. Por lo tanto, desde hace mucho tiempo se ha intentado mejorar especialmente las palas de rotor con respecto a su capacidad de carga mecánica como distribución de la tensión y comportamiento de resonancia. Así, por ejemplo, en el documento US 6.976.826 B1 se muestra una pala de rotor, que está provista en el lado de la punta de la pala con una bolsa para el alojamiento de un material de otro tipo. El material de otro tipo modifica la
10 distribución de la velocidad de la pala en la zona de la punta de la pala y provoca una modificación del comportamiento de oscilación o bien de resonancia. Sin embargo, en principio, existe el peligro de que en la zona de la bolsa aparezcan cantos o bien transiciones que favorecen la formación de grietas, de manera que esta solución requiere una fabricación costosa. Además, las propiedades del material de otro tipo deben definirse con exactitud. En la patente US.6.755.986 B2 se propone una escotadura en el lado de la pata de la pala para la reducción del peso de una pala de rotor. Sin embargo, es un inconveniente que casi no se puede conseguir una modificación del comportamiento de oscilación y de la curva de la tensión, puesto que la pala de rotor está empotrada con su para de pala y, por lo tanto, la escotadura fijamente en el rotor. En la patente US 4.595.340 se muestra una pala de rotor con una escotadura en el lado de la pata de la pala, que se extiende a través de su plataforma en la hoja de la pala, con lo que además de una reducción del peso, se puede conseguir de la misma manera un comportamiento de
20 oscilación modificado. Sin embargo, en este caso existe el peligro de un debilitamiento de la pala de rotor.

Por lo demás, en voladizos de plataformas prolongados en dirección axial, para la reducción de la oscilación hay que crear nervaduras sencillas o nervaduras múltiples así como espesamientos correspondientes del material. Estas contra medidas significan, sin embargo, un mayor peso, lo que puede conducir a grietas en la pata de la pala. Además, especialmente a través de las nervaduras pueden aparecer turbulencias y, por lo tanto, pérdidas de la
25 circulación.

El documento EP 1 688 587 A2 muestra una pala de turbina con un voladizo de plataforma en el lado de ataque de la corriente.

El documento EP 1 749 970 muestra una pala de turbina de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

30 El problema de la presente invención es crear una pala de rotor optimizada en la tensión y en la oscilación, que elimina los inconvenientes mencionados anteriormente y es fácil de fabricar, así como crear una turbina de gas con una pala de rotor de este tipo.

Este problema se soluciona por medio de una pala de rotor con las características de la reivindicación 1 de la patente y a través de una turbina con las características de la reivindicación 15 de la patente.

35 Una pala de rotor de acuerdo con la invención para una turbina tiene una pata de pala para la fijación en un rotor, una hoja de pala y una plataforma dispuesta entre la pata de la pala y la hoja de la pala, que presenta un voladizo de plataforma. De acuerdo con la invención, el voladizo de la plataforma está provisto en la zona de transición a la plataforma con un radio de transición variable.

40 El radio de transición variable permite el ajuste selectivo de la pala de rotor con respecto a su comportamiento de oscilación y sus curvas de la tensión. De esta manera se puede reducir una concentración elevada de la tensión de la pala de rotor en diferentes zonas de la pala y al mismo tiempo se puede adaptar la oscilación en el voladizo de la plataforma. Puesto que las curvas de la tensión en la pala de rotor se tienen en cuenta o bien se ajustan de forma selectiva, no se produce ningún debilitamiento de la pala de rotor, sino que más bien se produce una intensificación. Con otras palabras, la pala de rotor de acuerdo con la invención tiene un centro de gravedad optimizado y un peso óptimo con reducida concentración de la tensión en zonas determinadas con una oscilación adaptada de la
45 plataforma y, por lo tanto, una rigidez alta. El radio de transición se configura directamente durante la fabricación de la pala de rotor, de manera que se suprime una mecanización posterior de la pala como en los rellenos conocidos de bolsas en el lado de la punta de la pala. De la misma manera, tampoco deben configurarse nervaduras, lo que simplifica igualmente la fabricación, por ejemplo un proceso de fundición. Además, la pala de rotor está constituida solamente de un material y no de una pluralidad de materiales como en la solución de las bolsas descrita
50 anteriormente en la zona de la punta de la pala.

En un ejemplo de realización, el radio de transición variable está configurado en el lado de la pata de la pala. De esta manera, no tiene lugar ninguna influencia sobre las curvas de la tensión en el canal de circulación, en particular tampoco un radio de transición en el lado de la hoja de la pala del voladizo de la plataforma está configurado constante.

55 Se puede conseguir una influencia especialmente efectiva del comportamiento de oscilación de la curva de la tensión y, por lo tanto, del comportamiento del rotor, cuando el radio de curvatura variable en zonas de la plataforma

- con carga alta está realizado menor que en zonas de la plataforma con cargas reducidas. Así, por ejemplo, en un ejemplo de realización, el radio de transición se incrementa especialmente en el sentido de giro del rotor. En este caso, se puede optimizar adicionalmente el comportamiento de rodadura de la ala del rotor cuando la pala del rotor presenta en la zona de cargas altas un radio de transición reducido frente a las palas de rotor conocidas y un radio de transición incrementado frente a las palas de rotor conocidas en la zona de cargas reducidas.
- De acuerdo con los requerimientos respectivos, el radio de transición puede estar configurado también constante por secciones. Así, por ejemplo, el radio de transición está configurado en una variante de forma escalonada. De la misma manera puede estar realizado constante sólo en el extremo.
- En el caso en el que la pala del rotor presenta otro voladizo de la plataforma, éste se puede utilizar de la misma manera para la regulación del comportamiento de rodadura y puede estar provisto con un radio de transición variable. De la misma manera, puede presentar un radio de transición constante. En principio, la configuración de los radios de transición en los voladizos de la plataforma se ajusta de acuerdo con los requerimientos respectivos y se puede seleccionar de forma variable. De esta manera es posible prever en ambos voladizos de la plataforma unos radios de transición variables o también sólo en uno de los voladizos de la plataforma.
- Una turbina de acuerdo con la invención, en particular una turbina de gas, presenta al menos una pala de rotor con un radio de transición variable en el voladizo de la plataforma. Una turbina de gas de este tipo con una pluralidad de palas de rotor de este tipo se caracteriza por una estabilidad de marcha alta sobre toda su banda de números de revoluciones y es especialmente adecuada, por ejemplo, para grupos motopropulsores de aviones.
- Otros ejemplos de realización ventajosos de la invención son objeto de otras reivindicaciones dependientes.
- A continuación se explica en detalle un ejemplo de realización preferido de la invención con la ayuda de representaciones esquemáticas. En este caso:
- La figura 1 muestra una vista en perspectiva de una zona de la plataforma de una pala de rotor de acuerdo con la invención.
- La figura 2 muestra una vista sobre la pala de rotor de la figura 1 desde la perspectiva desde abajo.
- La figura 3 muestra una vista en perspectiva de una zona de la plataforma de una segunda pala de rotor de acuerdo con la invención.
- La figura 4 muestra una vista sobre la pala de rotor de la figura 3 desde la perspectiva desde abajo.
- La figura 5 muestra una vista delantera del ejemplo de realización de las figuras 1 y 2.
- La figura 6 muestra una vista delantera del ejemplo de realización de las figuras 3 y 4.
- Las figuras 7 a 10 muestran vistas delanteras de otros ejemplos de realización de acuerdo con la invención y
- La figura 11 muestra una vista delantera de una pala de rotor para la ilustración conjunta de los radios de acuerdo con la invención.
- La figura 1 muestra una representación en perspectiva de una pala 2 de una turbina desde la perspectiva desde abajo. La pala 2 es, por ejemplo, una pieza fundida y está configurada como una pala de rotor de una turbina de gas, en particular de un grupo motopropulsor de avión. Se representa como un producto intermedio con una pata de ala 4 para la fijación en un rotor, con una hoja de pala 6 y con una plataforma 8 dispuesta entre la pata de la pala 4 y la hoja de la pala 6. La plataforma 8 tiene una superficie de la plataforma 10 dirigida hacia la hoja de la pala 6. En el lado de la pata de la pala, la plataforma 8 está provista con una escotadura 12, de manera que la superficie de la plataforma 10 se forma por una nervadura 14 relativamente fina. En otra etapa de mecanización se puede configurar la pata de la pala 4, por ejemplo, como una pata de abeto.
- La plataforma 8 está provista en la zona delantera, es decir, en el lado de ataque de la corriente, con otro voladizo delantero de la plataforma 16. El voladizo de la plataforma 16 tiene una sección transversal del tipo de palca y presenta una superficie en voladizo 18 en el lado de la pata de la pala y una superficie en voladizo 20 en el lado de la hoja de la pala. En la zona interior, es decir, en el lado de salida de la corriente, la plataforma 8 tiene un voladizo trasero de la plataforma 22, desplazado en la dirección de la hoja de la pala 6, con una sección transversal del tipo de placa y una superficie en voladizo 24 en el lado de la pata de la pala y con una superficie en voladizo 26 en el lado de la hoja de la pala.
- De acuerdo con la invención, la superficie en voladizo delantero 18 en el lado de la pata de la pala pasa sobre un radio de transición variable $Rv1$ a una superficie delantera de la pata de la pala 28. El radio de transición $Rv1$ se modifica en el lado de la presión desde un radio de transición $r1$ pequeño pasando por un radio de transición $r2$ creciente hasta un radio de transición grande $r3$ en el lado de aspiración, de manera que, por decirlo así, resulta una zona de transición 34 del tipo de tulipán indicado por medio de líneas de formas variables 30, 32 con un eje de simetría 35. Una consideración más detallada del radio de transición $Rv1$ de acuerdo con la invención se realiza en la

figura 2.

El radio de transición Rv2 en la zona de transición de la superficie en voladizo delantera 20 en el lado de la hoja de la pala hacia la superficie delantera de la plataforma 36 está configurado constante. De la misma manera, los radios de transición Rh1, Rh2 del voladizo trasero de la plataforma 22 en la zona de transición desde las superficies en voladizo 24, 26 hasta la superficie trasera de la pata de la pala 38 o bien hacia la superficie trasera de la plataforma 40 están configurados constantes. Todos los radios de transición Rv1, Rv2, Rh1, Rh2 pueden estar configurados, en cambio, variables (ver las figuras 6 a 11).

De acuerdo con la representación en la figura 2, la zona de transición 34 se puede dividir en una sección extrema 42 con el radio pequeño y constante r1, una sección intermedia 44 con el radio creciente r2 y en una sección extrema 46 con radio grande y constante r3. De esta manera, el radio de transición Rv1 presenta dos secciones extremas 42, 46, respectivamente, con un radio constante r1, r3 y una sección intermedia 44 con un radio creciente r2. En la dirección de la rotación 48 del rotor no mostrado, el radio de transición Rv1 se incrementa en general de esta manera. Por ejemplo, el radio pequeño r1 tiene solamente algunas décimas de milímetro y el radio grande es r3 = 8 mm. No obstante, también son concebibles todavía radios mayores. De acuerdo con la invención, el radio pequeño r1 provoca en la sección extrema 42 una reducción de la tensión y una optimización de la oscilación en zonas con cargas altas y el radio grande r2 provoca en la sección extrema 46 una reducción de la tensión y una optimización de la oscilación en zonas con cargas reducidas. De esta manera de forma selectiva en la sección extrema 46 con tensión reducida está dispuesta una masa para la reducción de la oscilación y en la sección extrema 42 con tensión alta está retirada la masa y de este modo se reduce la tensión en zonas diferentes de la pala de rotor 2 o bien se ajuste de forma optimizada.

Para completar hay que mencionar todavía una cinta de cubierta 50 en el lado de la punta de la hoja de la pala visible en la figura 2 de la pala de rotor 2.

Las figuras 3 y 4 muestra otro ejemplo de realización de acuerdo con la invención de una pala de rotor 2 con al menos un radio de transición Rv1 delantero variable en el lado de la pala, que define una zona de transición inferior 34 con un eje de simetría 35. En oposición al ejemplo de realización descrito anteriormente de acuerdo con las figuras 1 y 2, esta zona de transición 34 se forma por dos líneas moldeadas 30, 32 del tipo de bandeja o bien de arco, que delimitan una zona intermedia estrecha 44 con un radio variable r2 y dos secciones extremas 42, 46 del tipo de embudo o bien de tulipán con radios crecientes r1, r3, de manera que los radios r1, r2 se incrementan en la misma medida o pueden estar realizados de forma diferente.

Las figuras 5 y 6 muestran vistas delanteras muy simplificadas de la pala de rotor 2 de las figuras 1 y 2 o bien 3 y 4, de manera que se prescinde de explicaciones repetidas. Por razones de claridad, en las figuras 5 y 7 así como en las figuras siguientes 7 a 10, la pala del rotor 2 está reducida, respectivamente, a una pata de pala 4 esquemática y a un voladizo delantero de la plataforma 16 esquemático.

Las figuras 7, 8, 9 y 10 muestran otros ejemplos de realización preferidos de una pala de rotor 2 de acuerdo con la invención. Así, por ejemplo, la figura 7 muestra otra zona de transición inferior delantera 34 con un radio de transición variable RV1. La zona de transición 34 está ampliada en el lado de aspiración y en oposición a los ejemplos de realización descritos anteriormente según las figuras 1 a 6, está configurada sin un eje de simetría 35. La zona de transición 34 presenta una línea de forma variable 30 en el lado del voladizo de la plataforma y una línea de forma constante 32 en el lado de la pata de la pala y que se extiende paralela al voladizo de la plataforma 16.

La figura 8 muestra una zona de transición inferior delantera 34 con un eje de simetría 35, que está formado por un radio de transición Rv1 variable discreto, de manera que resultan líneas de formas escalonadas 30, 32. El radio de transición Rv1 presenta tres secciones 42, 44, 46, respectivamente, con un radio constante r1, r2, r3, de manera que el radio máximo r3 está dispuesto en el lado de aspiración y el radio mínimo r1 está dispuesto en el lado de la presión. En el ejemplo de realización mostrado, el radio mínimo es r1 = 0 mm, de manera que la superficie de transición delantera 18 en el lado de la pata de la pala pasa en el lado de la presión sin o bien casi sin radio de transición Rv1 a la superficie delantera de la pata de la pala 28.

La figura 9 ilustra con la ayuda del ejemplo de realización descrito en las figuras 1, 2 y 5, que en todos los ejemplos de realización se puede concebir de la misma manera configurar el radio de transición Rv1 reducido en el lado de aspiración e incrementado en el lado de la presión.

La figura 10 muestra con la ayuda del ejemplo de realización descrito en la figura 7 que en todos los ejemplos de realización se puede concebir de la misma manera configurar un radio de transición variable Rv2 en el lado de la hoja de la pala.

En resumen, se remite a la figura 11, que muestra una representación lateral muy simplificada de una pala de rotor 2 con una pata de pala 4, una hoja de pala 6 y dos voladizos de plataforma 16, 22, en la que se representan los radios de transición esenciales Rv1, Rv2, Rh1, Rh2. De acuerdo con la invención, todos los radios de transición Rv1, Rv2, Rh1, Rh2 mostrados pueden estar realizados variables por sí o en combinación y pueden presentar radios r1, r2, r3 reducidos bien incrementados tanto en el lado de aspiración como también en el lado de la presión.

Se publica una pala 2 de una turbina, en particular una pala de rotor de una turbina de gas, que presenta en la zona de al menos un voladizo de la plataforma 16 un radio de transición variable $Rv1$, así como una turbina con al menos una pala 2 de este tipo.

REIVINDICACIONES

- 1.- Pala de rotor (2) para una turbina con una pata de pala (4) para la fijación en un rotor, con una hoja de pala (6), con una plataforma (8) dispuesta entre la pata de la pala (4) y la hoja de la pala (6) y con al menos un voladizo de la plataforma (16, 22) configurado en la plataforma (8) en el lado de ataque de la corriente o en el lado de salida de la corriente, con una sección transversal del tipo de placa, que presenta una superficie de voladizo (18, 24) en el lado de la pata de la pala y una superficie de voladizo (20, 26) en el lado de la hoja de la pala, en la que la pata de la pala (4) presenta una superficie delantera de la pata de la pala (28) y una superficie trasera de la pala de la pala (38), en la que el voladizo de la plataforma (16, 22) presenta en una zona de transición (34) hacia la plataforma (8) al menos un radio de transición variable (Rv1, Rv2, Rh1, Rh2), en la que la zona de transición (34) está dispuesta entre la superficie de voladizo (20) delantera en el lado de la hoja de la pala y una superficie de plataforma delantera (36), entre la superficie de voladizo (26) trasera en el lado de la hoja de la pala y una superficie de plataforma trasera (40), entre la superficie de voladizo delantera (18) en el lado de la pata de la pala y la superficie delantera de la pata de la pala (28) y/o entre la superficie de voladizo (24) trasera en el lado de la pata de la pala y la superficie trasera de la pata de la pala (38), en la que el radio de transición variable (Rv1, Rv2, Rh1, Rh2), considerado en el sentido de rotación, presenta una primera sección extrema (42), una segunda sección extrema (46) y una sección intermedia (44) dispuesta entre ellas, caracterizada por que la sección intermedia (44) presenta un radio, que es menor que un radio (r1) de la primera sección extrema (42) y/o que un radio (r3) de la segunda sección extrema (46).
- 2.- Pala de rotor de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el radio de transición (Rv1) está configurado en el lado de la pata de la pala.
- 3.- Pala de rotor de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en la que el radio de transición (Rv1) es menor en zonas de la plataforma (42) con cargas altas que en zonas de la plataforma (46) con cargas reducidas.
- 4.- Pala de rotor de acuerdo con la reivindicación 3, en la que el radio de transición (Rv1) se incrementa en el sentido de rotación (48) del rotor.
- 5.- Pala de rotor de acuerdo con la reivindicación 3 ó 4, en la que el radio de transición (Rv1) se reduce en zonas de la plataforma (42) con cargas altas.
- 6.- Pala de rotor de acuerdo con la reivindicación 3, 4 ó 5, en la que el radio de transición (Rv1) es incrementa en zonas de la plataforma (46) con cargas reducidas.
- 7.- Pala de rotor de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en la que el radio de transición (Rv1) es constante por secciones.
- 8.- Pala de rotor de acuerdo con la reivindicación 7, en la que el radio de transición (Rv1) está configurado del tipo de escalón.
- 9.- Pala de rotor de acuerdo con la reivindicación 8, en la que un radio de transición constante (r1, r3) está configurado en el extremo.
- 10.- Pala de rotor de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en la que el voladizo de la plataforma (16, 22) presenta en el lado de la hoja de la pala al menos un radio de transición constante (Rv1, Rh2).
- 11.- Pala de rotor de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en la que otro voladizo de la plataforma (22) está previsto con un radio de transición variable (Rh1, Rh2).
- 12.- Pala de rotor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, en la que al menos otros dos radios de transición (Rv2, Rh1, Rh2) en el lado de la plataforma están configurados variables.
- 13.- Pala de rotor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, en la que todos los radios de transición (Rv1, Rv2, Rh1, Rh2) en el lado de la plataforma están configurados variables.
- 14.- Pala de rotor de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en la que el otro voladizo de la plataforma (22) está provisto con un radio de transición constante (Rh1, Rh2).
- 15.- Turbina, en particular una turbina de gas para un grupo motopropulsor de avión, con al menos una pala de rotor (2) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores.

2

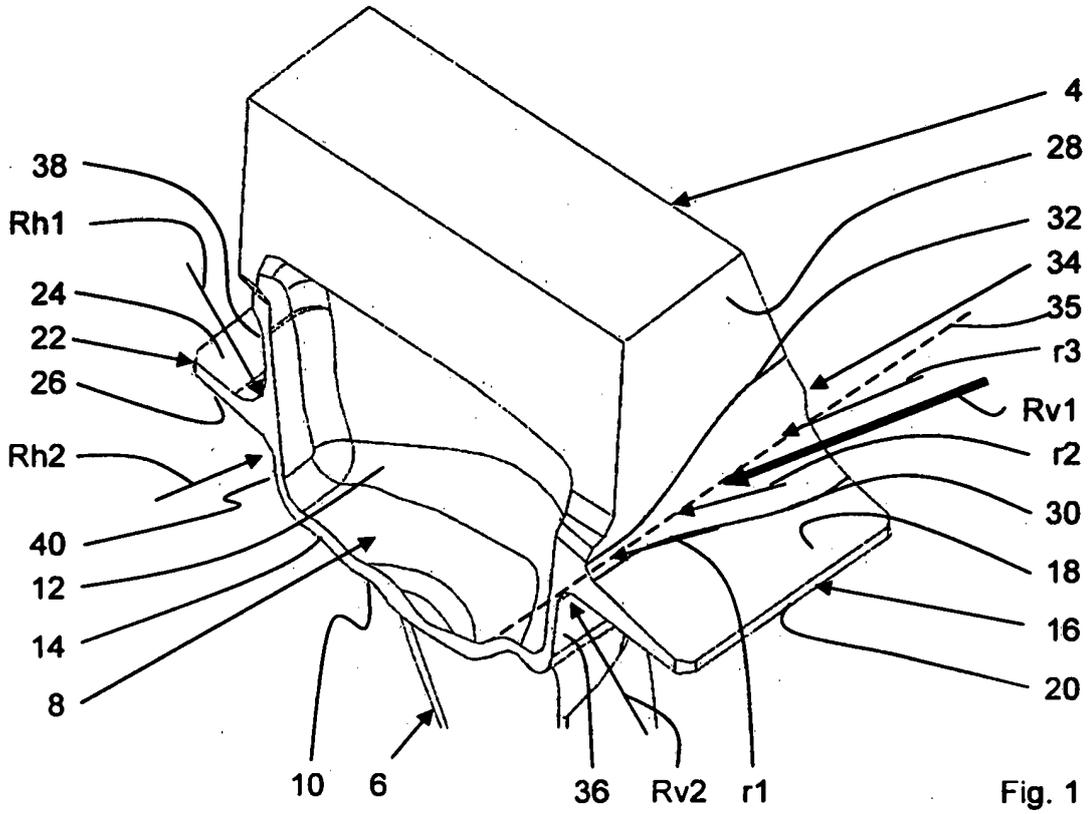


Fig. 1

2

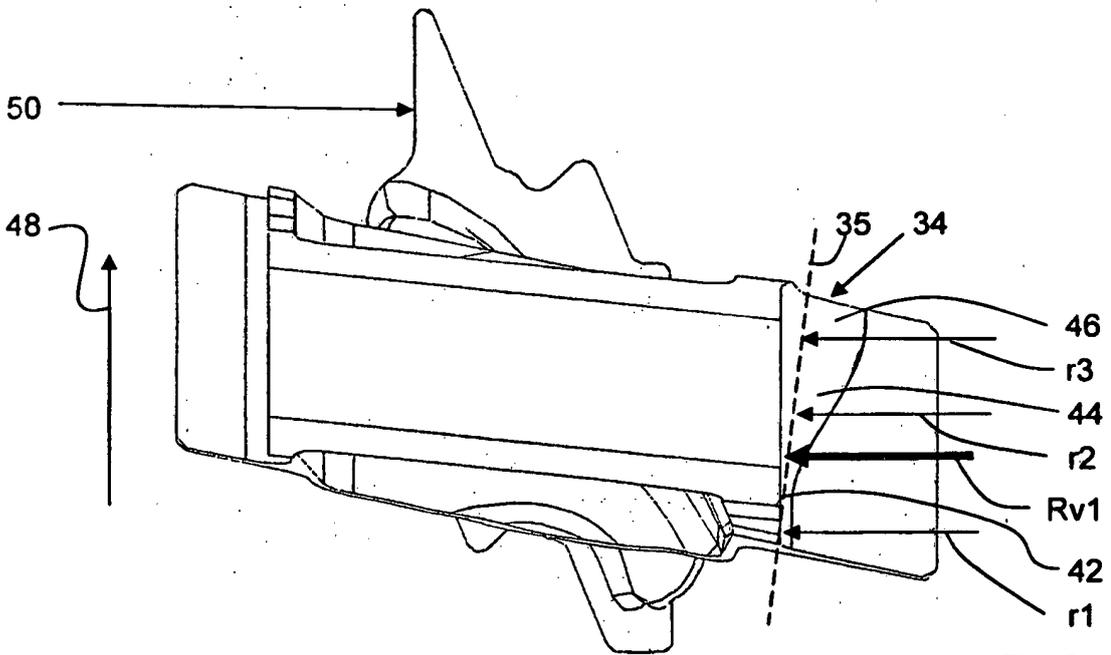


Fig. 2

2

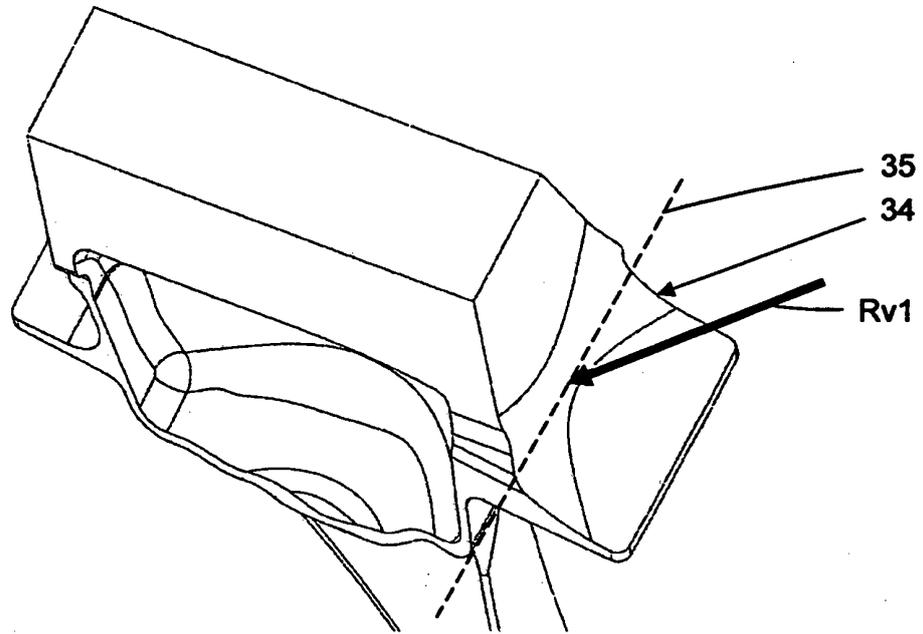


Fig. 3

2

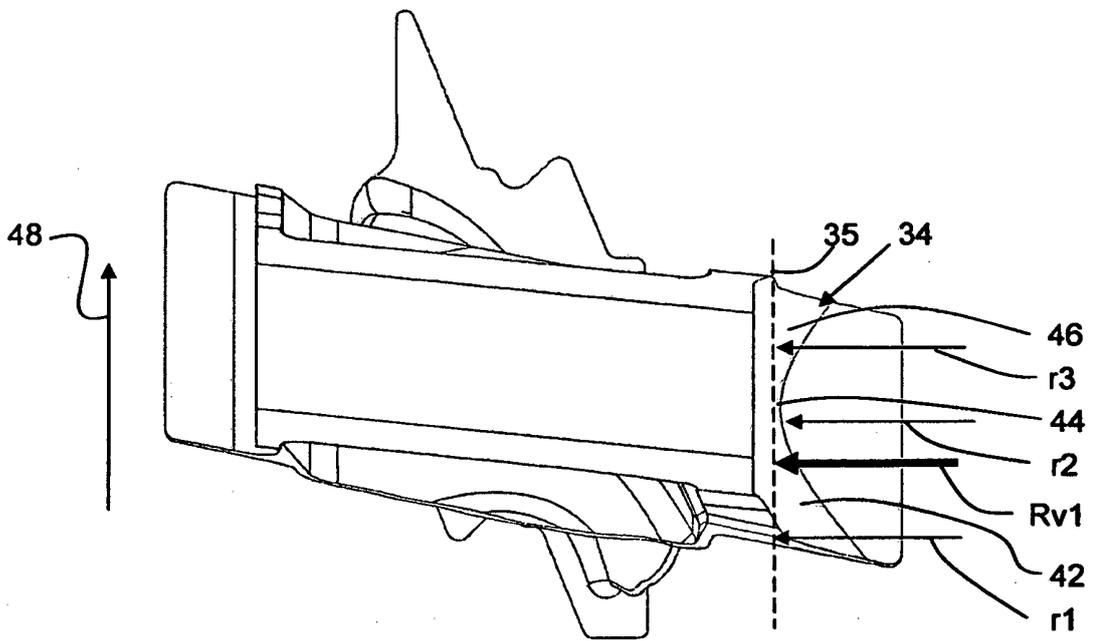


Fig. 4

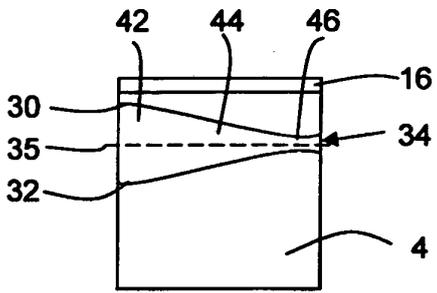


Fig. 5

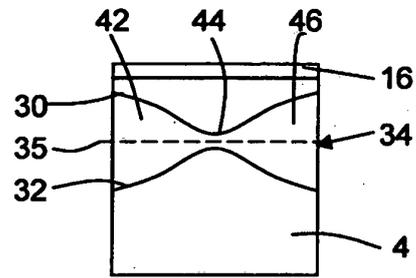


Fig. 6

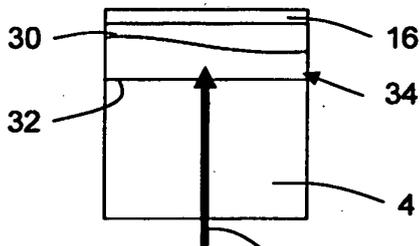


Fig. 7

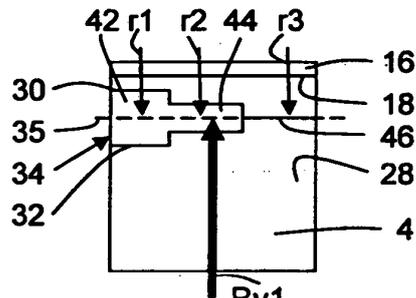


Fig. 8

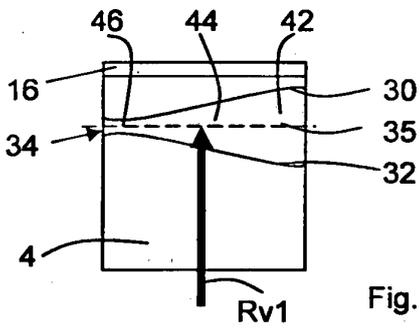


Fig. 9

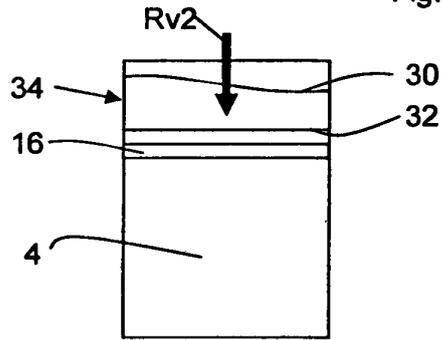


Fig. 10

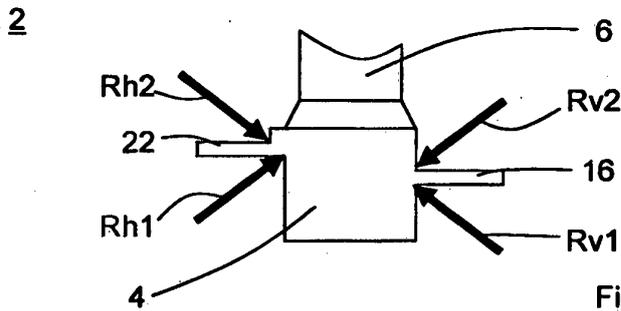


Fig. 11