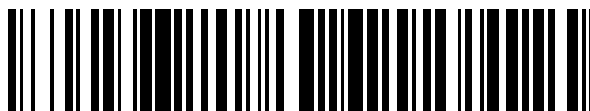


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 863 916**

51 Int. Cl.:

F01D 5/14 (2006.01)

F03B 3/12 (2006.01)

F01D 9/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.06.2018 E 18178403 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.03.2021 EP 3431707**

54 Título: **Paleta, corona de paletas, segmento de corona de paletas y turbomaquinaria**

30 Prioridad:

19.07.2017 DE 102017212310

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

13.10.2021

73 Titular/es:

MTU AERO ENGINES AG (100.0%)

Dachauer Strasse 665

80995 München, DE

72 Inventor/es:

RAMM, GÜNTER y
GÜNDOĞDU, YAVUZ

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 863 916 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

Paleta, corona de paletas, segmento de corona de paletas y turbomaquinaria

5 La presente invención se refiere a una paleta, en particular una paleta de turbina o una paleta de compresor, que se puede diseñar como una paleta guía o una pala del rotor, una corona de paletas y un segmento de corona de paletas, para una turbina de gas, y una turbina de gas.

10 Las turbomaquinarias, como los motores de avión y las turbinas de gas estacionarias, suelen tener al menos una corona de paletas, por ejemplo una corona de paletas del rotor, en su canal de flujo (que también se denomina "espacio anular") para establecer las condiciones óptimas de funcionamiento. Además, también se pueden proporcionar una o más coronas de paletas. Cada corona de paleta guía y/o paletas del rotor se puede construir con segmentos individuales de corona de paletas, cada uno de los cuales puede comprender exactamente uno, exactamente dos o más paletas.

15 Se conocen ejemplos de paletas de máquinas de fluidos en el artículo "Blade Selection for a Modern Axial-Flow Compressor", L.C. Wright, 1 de enero de 1974 y en las patentes WO2009103528A2 y US6572335B2.

20 Una corona de paletas comprende un anillo interior y una pluralidad de paletas, uno de cuyos extremos está dispuesto en el anillo interior y que se extienden radialmente hacia fuera desde este último; los términos "radial", "axial" y "en dirección circunferencial" se refieren siempre en este documento -salvo que se indique lo contrario- a un eje geométrico central de la corona de paletas o del anillo interior, que no siempre se formula específicamente para una mejor legibilidad. En la medida en que las especificaciones correspondientes se refieren a partes individuales de la corona de paletas, se deben entender en relación con la orientación prevista de la parte individual correspondiente en la turbomaquinaria.

25 Cada una de las paletas tiene un lado de presión y un lado de succión. El lado de presión de cada paleta está opuesto al lado de succión de una paleta adyacente. El lado de presión y el lado de succión de una paleta están separados entre sí por un área delantera orientada hacia el flujo principal axial durante el funcionamiento de la turbomaquinaria, es decir, un área "aguas arriba", y un área trasera "aguas abajo" situada en el lado opuesto; la transición en la superficie exterior de la paleta es preferentemente lisa o sin aristas.

30 En la sección transversal ortogonal a un eje longitudinal de una paleta (y en un área separada de una plataforma de la paleta), la superficie exterior de la paleta describe una curva cerrada. Su trazado correspondiente influye en la eficiencia de la turbomaquinaria.

35 La presente invención tiene por objetivo mejorar la eficiencia de una turbomaquinaria.

40 El objetivo se logra con una paleta para una turbomaquinaria de acuerdo con la reivindicación 1, una corona de paletas de acuerdo con la reivindicación 7, un segmento de corona de paletas de acuerdo con la reivindicación 8 y una turbomaquinaria de acuerdo con la reivindicación 9. Las modalidades ventajosas se describen en las reivindicaciones dependientes, la descripción y las figuras.

45 Una paleta de acuerdo con la invención para una turbomaquinaria tiene al menos una sección transversal ortogonal a un eje longitudinal de la paleta, en cuya sección transversal una superficie exterior de la paleta forma una curva cerrada, que en el lado aguas arriba entre un primer y un segundo punto de desprendimiento transcurre de forma continua a lo largo de una elipse y/o aproximadamente a lo largo de una elipse sin saltos bruscos de la curvatura y que en el primer punto de desprendimiento se extiende sin saltos bruscos de la curvatura hacia el lado de succión (o en el lado de succión), así como en el segundo punto de desprendimiento (diferente del primero) desde la elipse o la elipse aproximada hacia el lado de presión (o en el lado de presión) en el primer punto de desprendimiento y en cada caso se desprende de la elipse o de la elipse aproximada en el segundo punto de desprendimiento (que es diferente del primero) de manera sin saltos bruscos de la curvatura hacia el lado de presión (o en el lado de presión); la sección común de la curva y de la elipse o de la elipse aproximada termina así hacia el lado de succión en el primer punto de desprendimiento (que puede en particular estar situado en el lado de succión) y hacia el lado de presión en el segundo punto de desprendimiento (que en particular puede estar dispuesto en el lado de presión).

55 Sin saltos bruscos de la curvatura significa que el valor de curvatura de la curva cambia a lo largo de la curva en cualquier caso de forma constante, pero no con saltos.

60 "A lo largo de una elipse y/o aproximadamente a lo largo de una elipse", que también incluye a lo largo de un círculo y/o aproximadamente a lo largo de un círculo, significa que la curva no tiene que discurrir exactamente a lo largo de un segmento de elipse que, en el caso de un segmento de círculo, tiene una curvatura constante, sino que se puede desviar de este hasta cierto punto, en particular solo hasta tal punto, que la curva también discurra sin saltos bruscos de la curvatura a través de los dos puntos de desprendimiento o en el primer y en el segundo punto de desprendimiento. En este caso, aproximadamente a lo largo de una elipse significa que la desviación de una

determinada forma de elipse más cercana es como máximo 5 % del semieje mayor de la correspondiente elipse más cercana.

En la siguiente descripción, para simplificar, "elipse y/o elipse aproximada" o "a lo largo de una elipse y/o aproximadamente a lo largo de una elipse" se denominará más simplemente "elipse" o "a lo largo de una elipse", pero esto no pretende cambiar el significado a menos que se indique específicamente.

En este contexto, la elipse y la curva tienen preferentemente una tangente común en el primer punto de desprendimiento, y lo mismo se aplica análogamente al segundo punto de desprendimiento. La elipse puede ser preferentemente un círculo.

En el lado de presión de la paleta, la curva tiene un punto de inflexión, en el que cambia (por primera vez) su dirección de curvatura (a partir del primer punto de desprendimiento). La distancia del segundo punto de desprendimiento con respecto al punto de inflexión es al menos tan grande, al menos dos veces mayor, al menos tres veces mayor o incluso al menos cinco veces mayor a lo largo de la curva que la distancia del segundo punto de desprendimiento con respecto al primer punto de desprendimiento a lo largo de la elipse (y, por tanto, también a lo largo de la curva); las distancias vienen dadas por la longitud de la sección correspondiente de la curva.

En un área del lado aguas arriba, que se extiende desde el primer punto de desprendimiento hasta el punto de inflexión del lado aguas abajo, la curva conserva así su dirección de curvatura. En un área de punto de estancamiento, en la que la presión es máxima y la velocidad de flujo es cero, se pueden reducir así los fuertes cambios en el recorrido de la presión axial cerca de un borde de ataque de la paleta durante el funcionamiento de la turbomaquinaria. De este modo, se puede uniformar el recorrido de la presión y evitar el desprendimiento del lado de presión. De este modo, se puede lograr un flujo mejorado alrededor del lado de succión, con lo que se puede lograr una mayor eficiencia.

Preferentemente, en una sección del eje longitudinal de la paleta, cada sección transversal de la paleta formada en correspondencia, tiene algunas o todas las características descritas anteriormente o también las descritas más adelante. Preferentemente, la sección puede comprender al menos la mitad de la longitud o al menos dos tercios de la longitud de la paleta (es decir, una extensión radial desde una plataforma interior hasta una plataforma exterior de la paleta).

De acuerdo con la invención, la distancia del segundo punto de desprendimiento con respecto al punto de inflexión a lo largo de la curva es como máximo ocho veces la distancia del segundo punto de desprendimiento con respecto al primer punto de desprendimiento a lo largo de la elipse. Se ha comprobado que un área resultante en la que se encuentra el punto de inflexión es especialmente ventajosa. Una primera tangente a la elipse (o la curva) en el primer punto de desprendimiento y una segunda tangente a la elipse (o la curva) en el segundo punto de desprendimiento forman un ángulo en el que se dispone la elipse. Este ángulo es de al menos 90°. Dicho ángulo implica un área delantera del borde de ataque de la paleta relativamente roma (en la sección transversal), con la que se puede evitar una acumulación de material perjudicial con respecto a una carga de temperatura.

Resulta especialmente ventajosa una modalidad en la que la paleta tiene forma de un cuerpo hueco al menos en el área de la al menos una sección transversal, en donde el grosor máximo de la pared de la paleta entre el primer y el segundo punto de desprendimiento es como máximo 110 %, más preferentemente como máximo 105 %, del doble del semieje menor de la elipse; en caso de que la elipse tenga forma de círculo, el grosor máximo de la pared en dicha área es por tanto como máximo 110 %, más preferentemente como máximo 105 %, del diámetro del círculo. En este contexto, el grosor de la pared en cada punto entre el primer y el segundo punto de desprendimiento se debe entender como la distancia mínima correspondiente a un punto de la superficie interior del cuerpo hueco.

Esto permite una distribución uniforme del material, en particular evitar una acumulación de material en el área de la elipse, lo que conduce a una carga termomecánica ventajosamente baja.

El grosor máximo de la pared entre el primer y el segundo punto de desprendimiento puede ser preferentemente al menos 90 %, más preferentemente al menos 95 %, del doble del semieje menor de la elipse. El resultado es una elipse subyacente relativamente pequeña con un grosor de pared ventajosamente pequeño (en el sentido de la reducción de peso) y, por tanto, una gran curvatura de la superficie exterior en esta área.

De acuerdo con una modalidad preferida, una paleta de acuerdo con la invención, que tiene forma de cuerpo hueco al menos en el área de la al menos una sección transversal, en donde un grosor máximo de pared de la paleta entre el primer y el segundo punto de desprendimiento es como máximo de 2 mm, como máximo de 1,5 mm o como máximo de 1 mm; como se ha mencionado, el grosor de la pared en cada punto se determina como la distancia mínima correspondiente del punto en la superficie exterior con respecto a un punto en la superficie interior del cuerpo hueco, el "grosor máximo de la pared" es por lo tanto aquí el valor máximo del grosor de la pared de todos los puntos entre los puntos de desprendimiento.

Preferentemente, la curva formada por la superficie exterior transcurre de forma continua a lo largo de otra elipse, en particular un círculo, en un borde trasero de la paleta (es decir, en un área aguas abajo) entre un tercer punto de desprendimiento y un cuarto punto de desprendimiento. En una modalidad preferida, la curva mantiene una dirección de curvatura durante todo el recorrido desde el tercer punto de desprendimiento (sucesivamente) a través del cuarto punto de desprendimiento, a lo largo del lado de succión hasta el primer punto de desprendimiento, continúa a través del segundo punto de desprendimiento y hasta el punto de inflexión, cuya dirección de curvatura cambia solo en dicho punto de inflexión (y luego de nuevo en un punto de inflexión adicional en el lado de presión).

Una paleta de acuerdo con la invención se puede fijar sin movimiento al anillo interior o puede ser ajustable (es decir, pivotante en torno a un eje de pivote proporcionado, que se extiende sustancialmente de forma radial (que coincide preferentemente con un eje longitudinal de la paleta)).

Una corona de paletas de acuerdo con la invención comprende un anillo interior y una o más paletas de acuerdo con una de las modalidades aquí descritas. En particular, la corona de paletas puede formar parte de un compresor.

Un segmento de corona de paletas de acuerdo con la invención comprende exactamente una, exactamente dos o más paletas de acuerdo con una o más de las modalidades mencionadas.

Una turbomaquinaria de acuerdo con la invención comprende al menos una etapa de compresor y/o turbina, que comprende al menos una corona de paletas de acuerdo con la invención, de acuerdo con una de las modalidades aquí descritas. La turbomaquinaria puede ser, en particular, un motor de avión.

A continuación, se explican más detalladamente los ejemplos de modalidad preferidos de la invención a partir de los dibujos. Se entiende que los elementos y piezas individuales también se pueden combinar de manera diferente a la mostrada. Los números de referencia de los elementos que se corresponden entre sí se utilizan en todas las figuras y no se describen de nuevo para cada figura.

Se muestra esquemáticamente:

En la figura 1: el recorrido de una superficie exterior de una paleta de acuerdo con una modalidad de la presente invención, junto con una representación funcional asociada de la curvatura de la superficie exterior;

En la figura 2: una comparación de los recorridos de la presión en el lado de presión y el lado de succión de una paleta convencional y de una paleta de acuerdo con la presente invención; y

En la figura 3: un corte de una sección transversal a través de una paleta ilustrativa de acuerdo con la invención en su área de entrada con una superficie exterior y otra interior.

En la figura 1 -en el área inferior de la figura- se muestra esquemáticamente una superficie exterior de una paleta 10 ilustrativa de acuerdo con la invención en una sección transversal ortogonal a un eje longitudinal de la paleta (no mostrado). La paleta 10 tiene un lado de succión 11 y un lado de presión 12, y una dirección de flujo principal X va de izquierda a derecha en la figura.

En sección transversal perpendicular al eje longitudinal de la paleta, la superficie exterior de la paleta mostrada forma una curva cerrada Γ , que recorre una elipse E en el lado aguas arriba, que también comprende una elipse aproximada de acuerdo con la definición mencionada anteriormente; en el ejemplo mostrado, la elipse E tiene forma de círculo. La sección común de la curva y de la elipse E termina hacia el lado de succión de la paleta en un primer punto de desprendimiento P1, en el que la curva Γ se desprende de la elipse (dada una dirección de paso correspondiente). Trazada en sentido contrario (es decir, hacia el lado de succión 11 de la paleta), la curva Γ se separa de la elipse E en un segundo punto de desprendimiento P2, por lo que en esta dirección la sección común de la curva Γ y la elipse E termina en el segundo punto de desprendimiento P2. A lo largo de la sección común y en los puntos de desprendimiento P1 y P2, la curva Γ transcurre sin saltos bruscos de la curvatura, es decir, en las áreas de los puntos de desprendimiento P1 y P2, tampoco se produce ningún salto o discontinuidad en el recorrido de la curvatura de la curva Γ .

Una primera tangente T1 a la curva Γ en el primer punto de desprendimiento P1 y una segunda tangente T2 a la curva Γ en el segundo punto de desprendimiento P2 forman un ángulo en el que se dispone la elipse; este ángulo, cuyo vértice se indica como α en la figura 1, es superior a 90° en el presente caso.

De esta manera, la paleta 10 forma, en la sección transversal mostrada, un área delantera roma en el lado aguas arriba.

En el lado aguas abajo, es decir, en el área trasera de la paleta, la curva Γ en el ejemplo mostrado transcurre de forma continua entre un tercer punto de desprendimiento P3 y un cuarto punto de desprendimiento P4 a lo largo de otra elipse K que, en el ejemplo de modalidad mostrado, tiene forma de círculo, como la elipse E. Hacia el lado de presión 12, la curva Γ se desprende de la otra elipse K en el tercer punto de desprendimiento P3 y hacia el lado de

succión 11 en el cuarto punto de desprendimiento P4. En la modalidad ventajosa mostrada, el semieje menor (en este caso el radio) de la elipse E (que también tiene forma de círculo) es como máximo tres veces, como máximo dos veces y media o incluso como máximo dos veces mayor que el semieje menor (en este caso el radio) de la otra elipse K.

A partir del área delantera del lado aguas arriba o del primer punto de desprendimiento P1, la curva cambia su dirección de curvatura (por primera vez) en el recorrido posterior en un punto de inflexión W en el lado de presión 12 de la paleta 10. Esto se puede ver, en particular, en las progresiones de curvatura de la curva Γ que se muestra en el área superior de la figura 1: En cada caso, en función de una extensión x de la paleta 10 en su superficie exterior en la dirección de flujo principal prevista X, el gráfico de función KD, mostrado en la figura como línea continua, muestra la curvatura de la curva Γ en el área del lado de presión 12, y el gráfico de función KS, mostrado como línea discontinua, representa la curvatura de la curva Γ en el lado de succión 11 de la paleta. El primer paso por cero de la gráfica de la función KD marca el punto de inflexión W en el lado de presión 12 de la paleta 10. Como se puede apreciar en la figura, la distancia del segundo punto de desprendimiento P2 con respecto al punto de inflexión medida a lo largo de la curva Γ es mayor que la distancia del segundo punto de desprendimiento P2 con respecto al primer punto de desprendimiento P1 medida a lo largo de la curva Γ .

Así, el punto de inflexión W se encuentra relativamente alejado del área delantera aguas arriba en el lado de presión 12. De este modo, se pueden reducir los cambios o diferencias en el recorrido de la presión: Esto se puede apreciar en la figura 2, en la que la presión en el lado de succión y en el lado de presión se muestran cada una como una función, cuya variable x representa la expansión de la paleta 10 en su superficie exterior en la dirección principal del flujo X. Los gráficos pD,1 y pS,1 dibujados como líneas continuas muestran - para el lado de presión y el lado de succión, correspondientemente- el recorrido de la presión de una paleta convencional, en la que el área delantera aguas arriba recorre una trayectoria circular y en la que la superficie exterior hacia el lado de presión se desprende de la trayectoria circular en un punto de inflexión. En el gráfico pD,1 se puede ver en particular, que en el lado de presión (en relación con la dirección principal del flujo X) detrás de un punto de estancamiento en el área de aguas arriba de la paleta (es decir, detrás de un punto en el que el gas que fluye tiene la mayor presión y una velocidad de cero) se produce un fuerte cambio de presión.

Por otro lado, el punto de inflexión dispuesto más atrás de acuerdo con la invención conduce a un recorrido de la presión como el mostrado en los gráficos pD,2 y pS,2 para el lado de presión y el lado de succión, respectivamente. En particular, el gráfico pD,2 muestra un gradiente de presión significativamente reducido en comparación con el gradiente convencional pD,1. Como resultado, se puede evitar el desprendimiento del lado de presión, lo que aumenta la eficiencia.

La figura 3 muestra un corte de una sección transversal a través de una paleta 10 ilustrativa de acuerdo con la invención en su área de entrada. Como se puede apreciar, la paleta tiene forma de cuerpo hueco en el área. La superficie exterior de la paleta transcurre de forma continua entre un primer punto de desprendimiento P1 y un segundo punto de desprendimiento P2 a lo largo de una elipse E, que en el presente caso tiene forma de círculo. Una primera tangente T1 a la superficie exterior en el primer punto de desprendimiento P1 y una segunda tangente T2 a la superficie exterior en el segundo punto de desprendimiento P2 forman un ángulo en el que se dispone la elipse; este ángulo, cuyo vértice se indica en la figura como α , alcanza en este caso más de 90°.

En cada punto de la superficie exterior, la paleta tiene un grosor de pared que se define en cada caso como la distancia mínima desde un punto de la superficie interior del cuerpo hueco; en la figura 3, se indica un grosor de pared máximo S de la paleta que se produce entre el primer y el segundo puntos de desprendimiento P1, P2. Preferentemente, dicho grosor máximo de pared es como máximo 110 %, más preferentemente como máximo 105 % del doble del semieje menor de la elipse E; en el ejemplo mostrado, S es igual al doble del semieje menor de la elipse E que, en el caso de la elipse formada como círculo, es su diámetro.

Preferentemente, el grosor máximo de la pared S puede ser como máximo de 2 mm, como máximo de 1,5 mm o como máximo de 1 mm.

Se divulga una paleta 10 para una turbomaquinaria. En al menos una sección transversal ortogonal a un eje longitudinal de la paleta, una superficie exterior de la paleta forma una curva Γ , que se extiende de forma continua a lo largo de una elipse E en el lado aguas arriba entre un primer punto de desprendimiento P1 y un segundo punto de desprendimiento P2. En el lado de presión 12, la curva Γ tiene un punto de inflexión W. Una distancia del segundo punto de desprendimiento P2 con respecto al punto de inflexión W a lo largo de la curva es al menos tan grande, al menos dos veces mayor, al menos tres veces mayor, o incluso al menos cinco veces mayor que una distancia del segundo punto de desprendimiento P2 con respecto al primer punto de desprendimiento P1 a lo largo de la elipse E.

También se divulga una corona de paletas que comprende al menos una de estas paletas, y una turbomaquinaria.

Lista de referencia de los dibujos

10 Paleta

	11	Lado de succión
	12	Lado de presión
5	α	ángulo del vértice con respecto al ángulo entre las tangentes T1 y T2 en el que se encuentra la elipse E.
	Γ	curva formada en sección transversal por la superficie exterior de la paleta
10	E	Elipse (aguas arriba)
	K	Elipse (aguas abajo)
15	K_D	Curvatura de la superficie exterior en el lado de presión 12
	K_S	Curvatura de la superficie exterior en el lado de succión 11
	$P_{D,1}$	recorrido de la presión aguas arriba para una paleta convencional en el lado de presión
20	$P_{D,2}$	recorrido de la presión aguas arriba de una paleta 10 de acuerdo con la invención en el lado de presión 12
	$P_{S,1}$	recorrido de la presión aguas arriba para una paleta convencional en el lado de succión
25	$P_{S,2}$	recorrido de la presión aguas arriba de una paleta 10 de acuerdo con la invención en el lado de succión 11
	P_1	primer punto de desprendimiento
	P_2	segundo punto de desprendimiento
30	P_3	tercer punto de desprendimiento
	P_4	cuarto punto de desprendimiento
35	S	grosor máximo de la pared del cubo entre el primer y el segundo punto de desprendimiento
	T_1	primera tangente
	T_2	segunda tangente
40	X	dirección del flujo principal prevista

REIVINDICACIONES

1. Paleta (10) para una turbina de gas, en donde la paleta tiene al menos una sección transversal ortogonal a un eje longitudinal de la paleta, en cuya sección transversal una superficie exterior de la paleta forma una curva (Γ) que se extiende en el lado delantero entre un primer punto de desprendimiento (P1) y un segundo punto de desprendimiento (P2) de forma continua a lo largo de una elipse (E) y/o sin saltos bruscos de la curvatura aproximadamente a lo largo de una elipse (E), en donde la desviación de una forma específica de elipse es más cercana un máximo de 5 % del semieje mayor de la elipse más cercana correspondiente, en donde la curva (Γ) se desprende en el primer punto de desprendimiento (P1) hacia el lado de succión (11) y en el segundo punto de desprendimiento (P2) hacia el lado de presión (12), en cada caso sin saltos bruscos de la curvatura, de la elipse (E) o de la elipse aproximada (E), en donde la curva (Γ) tiene además un punto de inflexión (W) en el lado de presión (12), caracterizada porque una distancia del segundo punto de desprendimiento (P2) del punto de inflexión (W) a lo largo de la curva (Γ) es al menos tan grande y como máximo ocho veces mayor que una distancia entre el segundo punto de desprendimiento (P2) y el primer punto de desprendimiento (P1) a lo largo de la elipse o la elipse aproximada (E), en donde la elipse o la elipse aproximada (E) forman un ángulo entre una primera tangente (T1) a la elipse o a la elipse aproximada (E) en el primer punto de desprendimiento (P1) y una segunda tangente (T2) a la elipse o a la elipse aproximada (E) en el segundo punto de desprendimiento (P2), en donde el ángulo es de al menos 90°.
2. Paleta de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la distancia del segundo punto de desprendimiento (P2) al punto de inflexión (W) a lo largo de la curva (Γ) es al menos dos veces mayor, al menos tres veces mayor o incluso al menos cinco veces mayor que la distancia entre el segundo punto de desprendimiento (P2) y el primer punto de desprendimiento (P1) a lo largo de la elipse (E) o elipse aproximada (E).
3. Paleta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que tiene forma de cuerpo hueco al menos en el área de la al menos una sección transversal, en donde un grosor de pared máximo (S) de la paleta entre el primer y el segundo punto de desprendimiento es como máximo 110 %, con mayor preferencia como máximo 105 % del doble del semieje menor de la elipse (E) o del semieje menor de una elipse más cercana a la elipse aproximada (E) y/o como mínimo 90 %, con mayor preferencia como mínimo 95 % del doble de dicho semieje menor.
4. Paleta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que tiene forma de cuerpo hueco al menos en el área de la al menos una sección transversal, en donde un grosor máximo de pared (S) de la paleta entre el primer y el segundo punto de desprendimiento es como máximo de 2 mm, como máximo de 1,5 mm o como máximo de 1 mm.
5. Paleta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde en al menos una porción del eje longitudinal de la paleta, cada sección transversal ortogonal a la misma tiene las características particulares mencionadas en la reivindicación correspondiente.
6. Paleta de acuerdo con la reivindicación 5, en donde la al menos una porción comprende al menos un tercio, al menos la mitad o al menos dos tercios de la longitud de la paleta.
7. Corona de paletas que tiene un anillo interior y una o más paletas (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
8. Segmento de corona de paletas que tiene exactamente una, exactamente dos o más paletas (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.
9. Turbina de gas, en particular un motor de avión y/o un motor de avión turbofán, que tiene una etapa de compresor y/o una etapa de turbina, que comprende al menos una corona de paletas de acuerdo con la reivindicación 7.

Figura 1

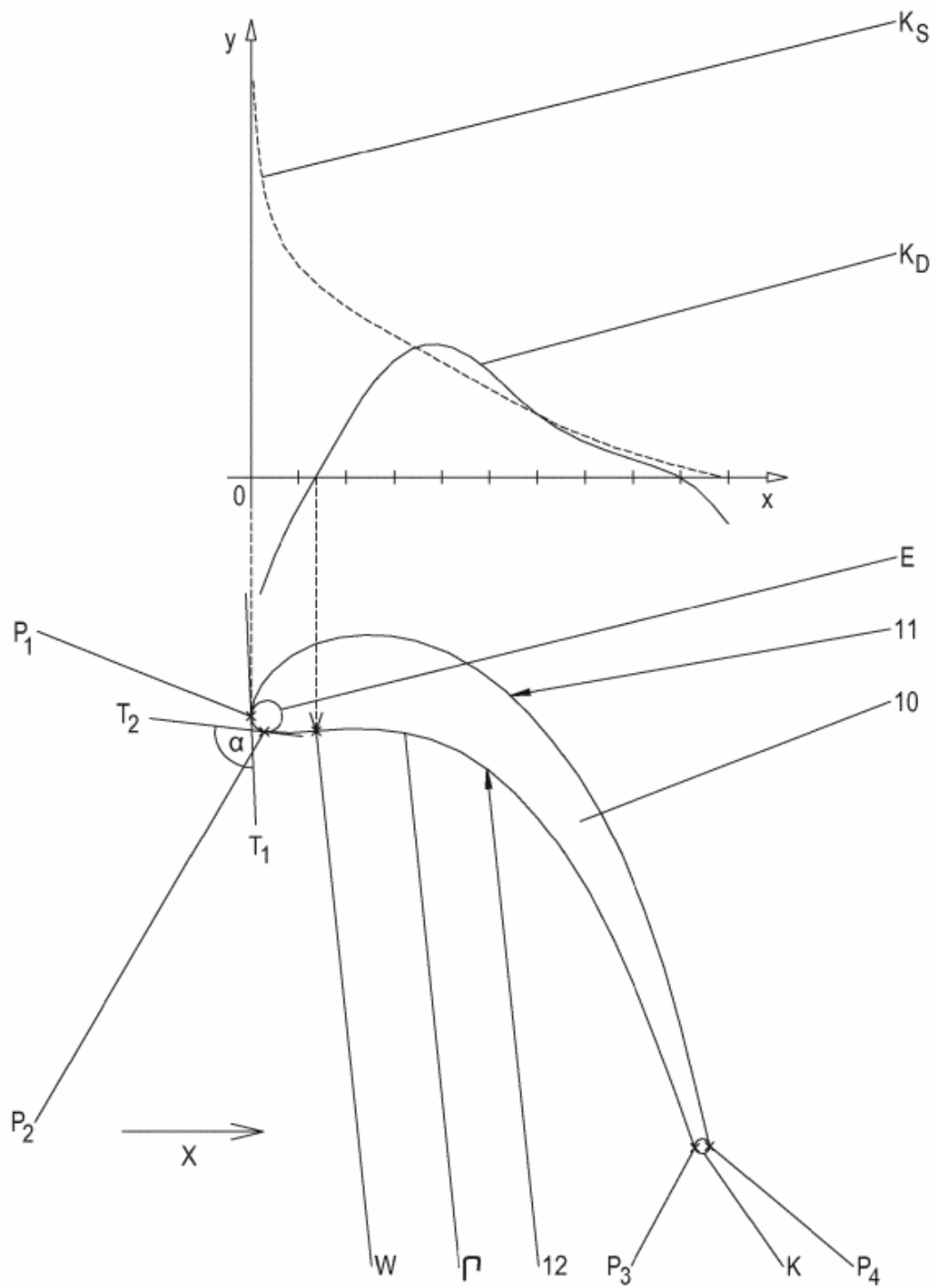


Figura 2

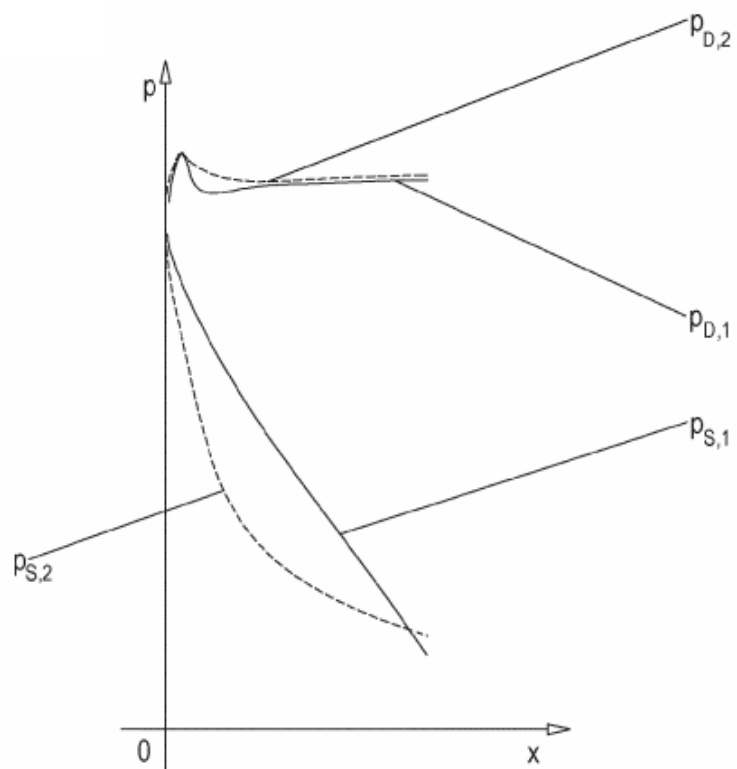


Figura 3

