

(19)



(11)

**EP 2 604 797 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**22.01.2020 Patentblatt 2020/04**

(51) Int Cl.:  
**F01D 5/20** (2006.01)      **F01D 5/22** (2006.01)  
**F01D 5/28** (2006.01)      **F01D 11/08** (2006.01)  
**C23C 4/12** (2016.01)

(21) Anmeldenummer: **11193177.0**

(22) Anmeldetag: **13.12.2011**

**(54) Laufschaufel mit einer Rippenanordnung mit abrasiver Beschichtung**

Rotor blade with a rib assembly with an abrasive coating

Aube de rotor dotée d'un agencement de nervures avec revêtement abrasif

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**19.06.2013 Patentblatt 2013/25**

(73) Patentinhaber: **MTU Aero Engines AG**  
**80995 München (DE)**

(72) Erfinder: **Böck, Alexander**  
**82288 Kottgeisering (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 2 372 093**      **EP-A2- 1 083 299**  
**WO-A1-2005/061854**      **JP-A- 2005 127 276**  
**US-A- 5 794 338**      **US-A1- 2006 171 813**  
**US-A1- 2007 134 096**

**EP 2 604 797 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Laufschaufel für eine Verdichter- oder Turbinenstufe einer Gasturbine, mit einer radial äußeren, auf einem Deckband der Laufschaufel angeordneten, wenigstens zwei nach radial außen gerichteten Rippen aufweisenden Rippenanordnung. Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin eine Turbomaschine, insbesondere eine Gasturbine, mit wenigstens einer solchen Laufschaufel.

**[0002]** Aus der EP 1 550 741 A1 ist es bekannt, Laufschaufeln radial außen am Deckband mit Rippen zu versehen, um einen Leckagespalt zu einer umgebenden, insbesondere wabenartigen, Dichtfläche, zu reduzieren und so den Wirkungsgrad einer Gasturbine zu erhöhen. Die Druckschrift schlägt vor, die Rippen stirnseitig mit einer abrasiven Beschichtung zu versehen, die sich in ein Opfermaterial der Dichtfläche einschleift.

**[0003]** Aus der US 5,794,338 A ist ein Verfahren zum Reparieren von beschädigten Beschichtungen an Enden von Turbinenschaufeln in Turbomaschinen, die bei hohen Temperaturen eingesetzt werden, bekannt. Aus der JP 2005127276 sind Laufschaufeln mit axial beabstandeten Rippen auf dem Deckband bekannt, wobei die Rippen in einem Winkel zur Umfangsrichtung angestellt sind. Aus der EP 2 372 093 ist eine Laufschaufel mit einer in Umlaufrichtung orientierten rippenzugartigen Schneidstruktur mit beschichteten Schneidekanten bekannt.

**[0004]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine verbesserte Turbomaschine zur Verfügung zu stellen.

**[0005]** Zur Lösung dieser Aufgabe wird eine Laufschaufel mit den Merkmalen des Anspruchs 1 vorgeschlagen, die in einer Verdichter- und/oder Turbinenstufe einer Gasturbine verwendet werden kann. Anspruch 6 stellt eine Turbomaschine, insbesondere eine Gasturbine, mit einer Laufschaufelanordnung mit solchen Laufschaufeln unter Schutz. Bevorzugte Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0006]** Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung beruht auf der Idee, durch eine Rippenbeschichtung nicht bzw. nicht nur eine härtere, sondern (auch) eine größere Oberfläche zur Verfügung zu stellen.

**[0007]** Hierzu weist eine Laufschaufel eine radial äußere, auf einem Deckband der Laufschaufel angeordnete Rippenanordnung auf. Die Rippenanordnung weist wenigstens zwei nach radial außen gerichtete Rippen auf. Die Rippen weisen wenigstens an den jeweils beiden Seitenflächen eine Beschichtung auf. Diese Beschichtungen sind über ihre radial äußeren Stirnflächen der jeweiligen Rippen miteinander verbunden. Die Dicke der Beschichtung nimmt, bezogen auf einen Schnitt quer zur Rippe, auf den beiden radialen Seitenflächen der Rippe radial nach außen zu.

**[0008]** Die Laufschaufel weist eine Rippenanordnung mit mehreren, in Axialrichtung hintereinander angeordneten Rippen auf. Als Axialrichtung wird vorliegend insbesondere eine Koordinatenrichtung bezeichnet, die mit einer Drehachse der Laufschaufel bzw. Turbomaschine,

insbesondere Gasturbine, fluchtet, als Radialrichtung entsprechend eine Richtung, die sich senkrecht von der Drehachse weg erstreckt, als Umfangsrichtung eine Richtung, welche sich senkrecht zu der Drehachse und senkrecht zur Radialrichtung, insbesondere in Drehrichtung der Laufschaufel bzw. Turbomaschine, insbesondere Gasturbine, erstreckt.

**[0009]** Auf wenigstens zwei oder mehr, insbesondere benachbarten, und bevorzugt auf allen Rippen der Rippenanordnung ist jeweils eine Beschichtung angeordnet. Diese ist vorzugsweise aus Metall, Kunststoff und/oder Keramik hergestellt. Die Beschichtung weist in einer bevorzugten Ausführung eine größere Härte auf als die Rippe selber. Als Härte wird vorliegend insbesondere eine Härte nach Vickers, Rockwell, Brinell oder einem ähnlichen Testprotokoll bezeichnet.

**[0010]** Um durch diese Beschichtung(en) eine größere Oberfläche zur Verfügung zu stellen und so insbesondere die Dichtwirkung und somit den Wirkungsgrad zu erhöhen, weisen mehrere, vorzugsweise alle Beschichtungen der Rippenanordnung in einem Meridianschnitt jeweils eine Außenkontur auf, welche sich in radialer Richtung nach außen, d.h. mit zunehmendem radialem Abstand von der Drehachse, axial bzw. in Axialrichtung erweitert.

**[0011]** Unter einem Meridianschnitt wird vorliegend insbesondere ein Querschnitt verstanden, welcher die Axialrichtung und die Radialrichtung enthält. Eine Außenkontur kann sich in radialer Richtung nach außen in einer bevorzugten Ausführung monoton, insbesondere streng monoton, erweitern. Hierunter wird vorliegend insbesondere verstanden, dass ein Abstand in Axialrichtung zwischen den beiden Außenflanken der Außenkontur mit wachsendem radialem Abstand zur Drehachse, wenigstens im Wesentlichen, stets wenigstens gleich bleibt (monoton) oder sogar stets zunimmt (streng monoton). Gleichmaßen sind jedoch auch Außenkonturen umfasst, deren Außenflanken sich in begrenzten radialen Bereichen einander nähern. Allgemein wird daher unter einer Außenkontur, welche sich in radialer Richtung nach außen erweitert, insbesondere eine Außenkontur mit zwei einander gegenüberliegenden Außenflanken verstanden, deren Abstand in axialer Richtung in einem ersten, geringeren Abstand zur Drehachse kleiner ist als in einem zweiten, größeren Abstand zur Drehachse,

**[0012]** Infolge einer solchen radial nach außen zunehmenden Außenkontur nähert sich die Außenflanke der Beschichtung einer benachbarten Rippe oder Beschichtung in Axialrichtung gesehen an, so dass sich ein Axialspalt zwischen Beschichtung und benachbarter Rippe oder Beschichtung verringert. Hierdurch wird radial außen eine größere Oberfläche zur Verfügung gestellt und so eine Leckage in die Zwischenräume zwischen benachbarten Rippen reduziert.

**[0013]** In einer bevorzugten Ausführung entspricht ein Spalt zwischen einander zugewandten Flanken benachbarter Beschichtungen benachbarter Rippen der Rippenanordnung höchstens einer Axialbreite einer radial äu-

ßeren Stirnseite einer der beiden benachbarten Rippen. Als Axialbreite wird vorliegend insbesondere der Abstand zwischen einer in Axialrichtung vorderen und hinteren Kante einer radial äußeren Stirnseite einer Rippe bezeichnet. Durch die bevorzugte Limitierung des Spaltes auf die stirnseitige Axialbreite einer Rippe kann die Leckage in den Zwischenraum zwischen benachbarten Rippen auf ein für den Wirkungsgrad unkritisches Maß gesenkt werden.

**[0014]** In einer bevorzugten Weiterbildung entspricht ein Spalt zwischen einander zugewandten Flanken benachbarter Beschichtungen benachbarter Rippen der Rippenanordnung höchstens 75% und vorzugsweise höchstens 50% einer solchen Axialbreite. Allgemein sind kleinere Spalte zwischen Beschichtungen bevorzugt, wobei ein Spalt vorteilhafterweise ein gewisses Mindestmaß, das insbesondere wenigstens 20% einer Axialbreite einer radial äußeren Stirnseite einer der beiden benachbarten Rippen betragen kann, aufweist, um ein Abplatzen der Beschichtung zu vermeiden.

**[0015]** Die Rippen der Rippenanordnung sind in Umfangsrichtung um einen Winkel geneigt, der ungleich 0° und betragsmäßig kleiner als 10°, insbesondere kleiner 5° und bevorzugt kleiner 3° ist.

**[0016]** In einer bevorzugten Ausführung weisen zwei oder mehrere, insbesondere alle Rippen der Rippenanordnung in radialer Richtung äußere Stirnseiten auf, die, wenigstens im Wesentlichen, auf derselben radialen Höhe liegen. Ausgehend von diesen Stirnseiten erstrecken sich die Rippen in radialer Richtung unterschiedlich tief nach innen, d.h. sind in radialer Richtung unterschiedlich hoch. Dies ermöglicht zum Einen die Ausbildung kleiner Spalte zwischen den Rippen und zum Anderen eine Anpassung an Schaufeln mit variierender radialer Höhe.

**[0017]** Gleichermaßen können in radialer Richtung äußere Stirnseiten von zwei oder mehreren, insbesondere allen Rippen der Rippenanordnung eine unterschiedliche radiale Höhe aufweisen, insbesondere - wenigstens im Wesentlichen - auf einer virtuellen Kegelfläche liegen. Zusätzlich oder alternativ können zwei oder mehr, insbesondere alle Rippen der Rippenanordnung in radialer Richtung unterschiedlich hoch sein.

**[0018]** Die Rippenanordnung ist auf einem Deckband der Laufschaufel angeordnet. Unter einem Deckband wird vorliegend insbesondere ein Flansch verstanden, der sich in Axial- und Umfangsrichtung erstreckt und in bevorzugter Weiterbildung formschlüssig an Deckbändern in Umfangsrichtung benachbarter Schaufeln anliegt. Das Deckband kann in einer bevorzugten Weiterbildung in Axialrichtung schräg sein, um die vorstehend erläuterten Rippen unterschiedlicher Höhe zu tragen.

**[0019]** Die Beschichtung kann mittels eines Verfahrens zum Beschichten einer oder vorzugsweise, insbesondere zeitlich parallel oder nacheinander, mehrerer Rippen einer radial äußeren Rippenanordnung einer Laufschaufel, das insbesondere zur Beschichtung einer Laufschaufel nach dem vorstehend erläuterten Aspekt geeignet ist, erfolgen.

**[0020]** Ein Beschichtungsmaterial kann aus wenigstens zwei gegensinnigen Spritzrichtungen auf die Rippenanordnung aufgespritzt werden, insbesondere plasmagespritzt, flammgespritzt, insbesondere Hochgeschwindigkeits-flammgespritzt, detonationsgespritzt, kaltgasgespritzt, lichtbogengespritzt, und/oder lasergespritzt. Unter einem Plasmaspritzen wird vorliegend insbesondere verstanden, dass, beispielsweise in einem Plasmabrenner, durch eine Spannung ein Lichtbogen zwischen Anode(n) und Kathode(n) erzeugt und Gas oder Gasgemisch durch den Lichtbogen geleitet und hierbei ionisiert wird. Die Dissoziation beziehungsweise anschließende Ionisation erzeugt ein hochaufgeheiztes, elektrisch leitendes Gas aus positiven Ionen und Elektronen. In diesem erzeugten Plasmajet kann pulverförmiges Beschichtungsmaterial eingedüst werden, das durch die hohe Plasmatemperatur aufgeschmolzen wird. Der Plasmastrom reißt die Pulverteilchen mit und schleudert sie auf die zu beschichtende Laufschaufel. Vorzugsweise erfolgt die Plasmabeschichtung in normaler Atmosphäre, inerer Atmosphäre, in Vakuum oder auch unter Wasser.

**[0021]** Durch das Aufspritzen in einer gegen die radiale Richtung geneigten Spritzrichtung kann insbesondere die sich in radialer Richtung nach außen erweiternde Außenkontur dargestellt werden. Dabei wird, vergleichbar den Windverfrachtungen von Schnee in Kammlagen, an den Außenkanten der Laufschaufelstirnseite mehr Beschichtungsmaterial aufgebracht, wobei sich durch die Neigung der Spritzrichtung eine entsprechende Projektion des Beschichtungsmaterialstrahls auf die Flanke der Rippe einstellt. Zusätzlich können benachbarte Rippen bzw. Beschichtungen den Beschichtungsmaterialstrahl teilweise abschatten, so dass mit abnehmendem radialen Abstand zur Drehachse weniger Beschichtungsmaterial aufgebracht wird.

**[0022]** Die Spritzrichtungen können gegensinnig, jedoch betragsmäßig gleich, gegen die radiale Richtung geneigt sein, vorzugsweise um einen Spritzwinkel, der betragsmäßig größer als 20°, insbesondere größer als 40°, und/oder kleiner als 70°, insbesondere kleiner als 50° ist. Das Beschichtungsmaterial kann nacheinander oder gleichzeitig aus den beiden Spritzrichtungen aufgespritzt werden.

**[0023]** Eine oder mehrere Beschichtungen können, gleichzeitig oder nacheinander, nach dem Aufspritzen des Beschichtungsmaterials nachbearbeitet werden. Insbesondere kann eine radial äußere Stirnfläche der Beschichtungen beispielsweise geschliffen, poliert oder andersartig nachbearbeitet werden.

**[0024]** Weitere Vorteile und Merkmale ergeben sich aus den Unteransprüchen und den Ausführungsbeispielen. Hierzu zeigt, teilweise schematisiert:

55 Fig. 1: das Deckband einer Laufschaufel nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung in einer Draufsicht entgegen einer radialen Richtung;

Fig. 2: einen vergrößerten Ausschnitt der Fig. 3 bzw. 4;

Fig. 3: einen Meridianschnitt einer Gasturbinenstufe nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 4: einen Meridianschnitt einer Gasturbinenstufe nach einer weiteren Ausführung der vorliegenden Erfindung.

**[0025]** Fig. 3 zeigt einen Meridianschnitt einer Gasturbinenstufe nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung mit einer Laufschaufel 5, auf deren schrägem Deckband 1 eine Rippenanordnung mit fünf in Axialrichtung hintereinander angeordneten Rippen 2 angeordnet ist. Der Rippenanordnung 2 radial gegenüber ist eine wabenartige Dichtfläche 4 angeordnet. Bei der ansonsten übereinstimmenden Ausführung der Fig. 4 ist anstelle der wabenartigen eine Dichtfläche 4' mit einer oder zwei (strichliert) Gegenrippe(n) vorgesehen.

**[0026]** Fig. 2 zeigt eine Ausschnittsvergrößerung des Deckbands 1 mit der Rippenanordnung. Wie insbesondere hierin zu erkennen, ist auf den radial äußeren Stirnseiten der Rippen 2, die auf derselben radialen Höhe liegen, so dass die Rippen aufgrund des schrägen Deckbandes 1 unterschiedliche Höhen aufweisen, jeweils eine Beschichtung 3 angeordnet.

**[0027]** Diese Beschichtung 3 wird durch sequentielles Plasmaspritzen zunächst in einer ersten Spritzrichtung  $S_1$ , und anschließend in einer gegensinnigen bzw. hierzu spiegelsymmetrischen zweiten Spritzrichtung  $S_2$ , wie in Fig. 2 durch Pfeile angedeutet, aufgebracht. Die beiden Spritzrichtungen sind gegen die radiale Richtung R, in der sich die Rippen 2 erstrecken, um einen Winkel  $\beta_1 = -\beta_2 = 45^\circ$  geneigt.

**[0028]** Hierdurch ergeben sich auf den Rippen 2 Beschichtungen 3, die in dem Meridianschnitt der Fig. 2 eine Außenkontur aufweisen, welche sich in radialer Richtung nach außen erweitert. Mit anderen Worten wächst mit wachsendem radialen Abstand von einer Drehachse der Gasturbine (von unten nach oben in Fig. 2) der axiale Abstand (horizontal in Fig. 2) zwischen Außenflanken 3.1 der Außenkontur einer Beschichtung 3, die Beschichtung wird nach radial außen hin in axialer Richtung breiter. Dementsprechend verringert sich ein Spalt s zwischen den Außenflanken benachbarter Beschichtungen und beträgt radial außen nur noch etwa 75% der Axialbreite b der radial äußeren Stirnseite der breiteren der beiden benachbarten Rippen 2 (links in Fig. 2).

**[0029]** Durch die gegensinnige Überlagerung der beiden Spritzrichtungen  $S_1$ ,  $S_2$  kann eine im Wesentlichen ebene Stimfläche der Beschichtungen 3 dargestellt werden. Gleichmaßen kann die Beschichtung, insbesondere ihre radial äußere Stirnfläche (oben in Fig. 2) nach dem Aufspritzen nachbearbeitet, insbesondere geschliffen, werden.

**[0030]** Man erkennt insbesondere in der Fig. 2, dass durch die in radialer Richtung nach außen bzw. mit zunehmendem radialen Abstand von der Drehachse sich verbreiternden Beschichtungen 3 eine weitgehend, insbesondere fluidtechnisch, geschlossene Dichtfläche zur Verfügung gestellt wird, wobei das Gewicht der Rippenanordnung aufgrund der Zwischenräume zwischen den Rippen vorteilhaft gering bleibt.

**[0031]** Wie in Fig. 1 erkennbar, sind die Rippen 2 gegen die Umfangsrichtung U um einen Winkel  $\alpha$  geneigt, der im Ausführungsbeispiel  $2^\circ$  beträgt. Zur Verdeutlichung sind in den Figuren die Umfangsrichtung U sowie eine Radialrichtung R angedeutet, wobei Fig. 2 bis 4 jeweils einen Schnitt horizontal zur Zeichenebene der Fig. 1 darstellen können, eine Axialrichtung also in allen Figuren horizontal von links nach rechts verläuft. Die Spritzschicht ist dabei nicht dargestellt.

#### Bezugszeichenliste

#### [0032]

1	Deckband
2	Rippe(nanordnung)
3	Beschichtung
3.1	Außenflanke der Beschichtung/Beschichtungsaußenkontur
4; 4'	Dichtfläche
5	Laufschaufel

#### Patentansprüche

1. Laufschaufel (5) für eine Verdichter- oder Turbinenstufe einer Gasturbine, mit einer radial äußeren, auf einem Deckband (1) der Laufschaufel (5) angeordneten, wenigstens zwei radial nach außen gerichteten Rippen (2) aufweisenden Rippenanordnung, wobei die Rippen (2) in Axialrichtung hintereinander angeordnet sind und in Umfangsrichtung (U) um einen Winkel ( $\alpha$ ) ungleich  $0^\circ$ , der betragsmäßig kleiner als  $10^\circ$  ist, geneigt sind, wobei die Rippen (2) an den jeweils beiden axial gegenüberliegenden Seitenflächen sowie an der radial äußeren Stirnseite der Rippen (2), über die die Seitenflächen verbunden sind, eine Beschichtung (3) aufweisen, wobei die Dicke der Beschichtung (3) in einem Schnitt quer zur Rippe (2) auf den beiden radialen Seitenflächen der Rippe (2) mit wachsendem radialen Abstand von der Drehachse der Gasturbine zunimmt.
2. Laufschaufel (5) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf wenigstens zwei benachbarten Rippen (2) jeweils eine Beschichtung (3) angeordnet ist, und wobei ein Spalt (s) zwischen einander zugewandten Flanken (3.1) der benachbarten Beschichtungen (3) höchstens einer Axialbreite (b) einer radial äußeren Stirnseite einer der beiden be-

nachbarten Rippen (2) entspricht.

3. Laufschaufel (5) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei Rippen (2) der Rippenanordnung eine in radialer Richtung (R) äußere Stirnseite aufweisen, die, wenigstens im Wesentlichen, auf derselben radialen Höhe liegt, und, ausgehend von der Stirnseite, in radialer Richtung nach innen unterschiedlich hoch sind.
4. Laufschaufel (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei Rippen (2) der Rippenanordnung eine in radialer Richtung (R) äußere Stirnseite aufweisen, die auf verschiedenen radialen Höhen liegen, wobei die Rippen (2) in radialer Richtung unterschiedlich hoch sind.
5. Laufschaufel (5) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Beschichtung (3) eine größere Härte aufweist als die Rippe (2), auf der sie angeordnet ist.
6. Turbomaschine mit einer Laufschaufelanordnung mit wenigstens einer Laufschaufel (5) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

#### Claims

1. Rotor blade (5) for a compressor stage or turbine stage of a gas turbine, comprising a radially outer rib arrangement which is arranged on a shroud (1) of the rotor blade (5) and has at least two radially outwardly directed ribs (2), wherein the ribs (2) are arranged one behind the other in the axial direction and are inclined in the circumferential direction (U) by an angle ( $\alpha$ ) not equal to  $0^\circ$  which is smaller than  $10^\circ$  in absolute value, wherein the ribs (2) have a coating (3) on the respective two axially opposite side surfaces and on the radially outer end face of the ribs (2), via which the side surfaces are connected, wherein the thickness of the coating (3) in a section transverse with respect to the rib (2) on the two radial side surfaces of the rib (2) increases with increasing radial distance from the axis of rotation of the gas turbine.
2. Rotor blade (5) according to claim 1, **characterized in that** a coating (3) is arranged in each case on at least two adjacent ribs (2), and a gap (s) between mutually facing flanks (3.1) of the adjacent coatings (3) corresponding at most to an axial width (b) of a radially outer end face of one of the two adjacent ribs (2).
3. Rotor blade (5) according to either of the preceding

claims, **characterized in that** at least two ribs (2) of the rib arrangement have an end face which is outside in the radial direction (R) and which, at least substantially, is at the same radial height, and, starting from the end face, are inwardly different in height in the radial direction.

4. Rotor blade (5) according to any of claims 1 to 3, **characterized in that** at least two ribs (2) of the rib assembly have end faces which are outside in the radial direction (R) and are at different radial heights, the ribs (2) being different in height in the radial direction.
5. Rotor blade (5) according to any of the preceding claims, **characterized in that** a coating (3) has a greater hardness than the rib (2) on which it is arranged.
6. Turbomachine comprising a rotor blade assembly having at least one rotor blade (5) according to any of the preceding claims.

#### Revendications

1. Aube de rotor (5) d'un étage de compresseur ou de turbine d'une turbine à gaz, dotée d'un agencement de nervures radialement extérieures disposé sur une bande de recouvrement (1) de l'aube de rotor (5) et comportant au moins deux nervures (2) orientées radialement vers l'extérieur, les nervures (2) étant disposées en série dans la direction axiale et étant inclinées, dans la direction périphérique (U), d'un angle ( $\alpha$ ) différent de  $0^\circ$ , lequel angle est inférieur à  $10^\circ$ , les nervures (2) comportant un revêtement (3) sur les deux faces latérales axialement opposées respectives et sur la face frontale radialement extérieure des nervures (2) par lesquelles les faces latérales sont reliées, l'épaisseur du revêtement (3) augmentant dans une section transversale par rapport à la nervure (2) sur les deux faces latérales radiales de la nervure (2) avec un espacement radial croissant par rapport à l'axe de rotation de la turbine à gaz.
2. Aube de rotor (5) selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'**un revêtement (3) est disposé respectivement sur au moins deux nervures adjacentes (2), et **en ce qu'**un espace (s) entre des flancs (3.1) se faisant face des revêtements adjacents (3) correspond au plus à une largeur axiale (b) d'une face frontale radialement extérieure d'une des deux nervures adjacentes (2).
3. Aube de rotor (5) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'**au moins deux nervures (2) de l'agencement de nervures compor-

tent une face frontale extérieure dans une direction radiale (R), ladite face frontale se trouvant au moins sensiblement à la même hauteur radiale, et ce que lesdites au moins deux nervures de l'agencement de nervures, à partir de la face frontale, sont de hauteur différente dans la direction radiale vers l'intérieur. 5

4. Aube de rotor (5) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce qu'**au moins deux nervures (2) de l'agencement de nervures comportent une face frontale extérieure dans la direction radiale (R), lesdites au moins deux nervures de l'agencement de nervures étant situées à des hauteurs radiales différentes, les nervures (2) étant de hauteur différente dans la direction radiale. 10  
15
5. Aube de rotor (5) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'**un revêtement (3) présente une dureté supérieure à celle de la nervure (2) sur laquelle il est disposé. 20
6. Turbomachine dotée d'un agencement d'aubes de rotor comprenant au moins une aube de rotor (5) selon l'une des revendications précédentes. 25

30

35

40

45

50

55

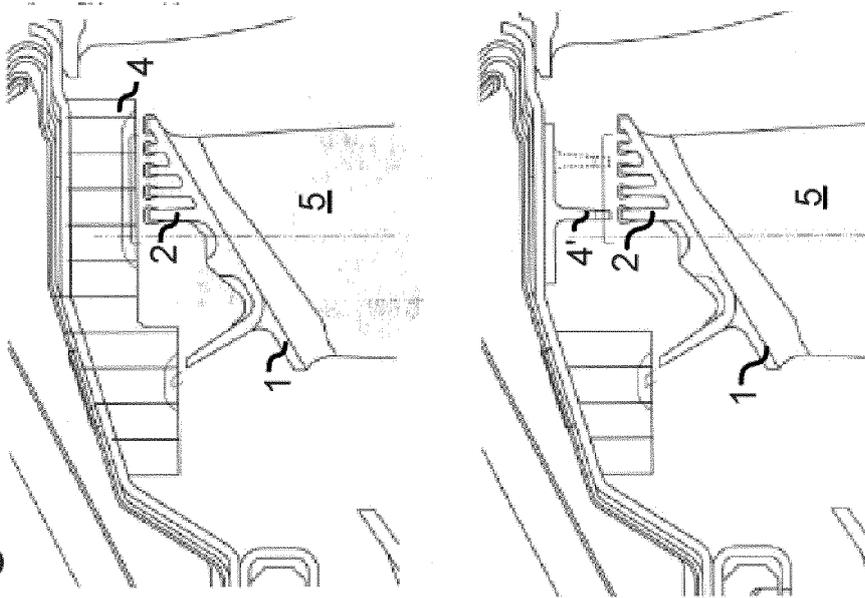
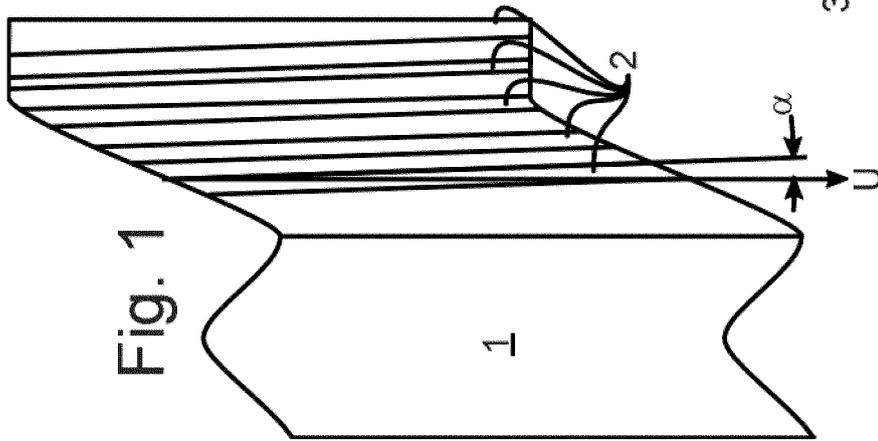


Fig. 3

Fig. 4

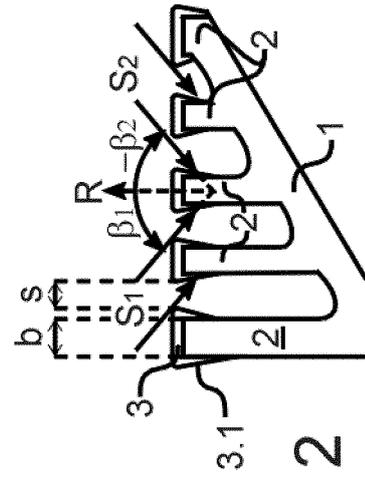


Fig. 2

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 1550741 A1 [0002]
- US 5794338 A [0003]
- JP 2005127276 B [0003]
- EP 2372093 A [0003]