

(19)



(11)

EP 2 455 588 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
01.03.2017 Patentblatt 2017/09

(51) Int Cl.:
F01D 5/26^(2006.01) F01D 5/30^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10191240.0**

(22) Anmeldetag: **15.11.2010**

(54) **Sicherungsmittel zur axialen Sicherung eines Schaufelfußes einer Turbomaschinenschaufel**

Securing module for axial securing of a root of a turbo engine blade

Moyen de fixation pour la fixation axiale d'un pied d'aube de turbomachine

(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:
23.05.2012 Patentblatt 2012/21

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

(72) Erfinder:
• **Stanka, Rudolf**
84431, Rattenkirchen (DE)

- **Dopfer, Manfred**
85716, Unterschleißheim (DE)
- **Pernleitner, Martin**
85221, Dachau (DE)
- **Schütte, Wilfried**
82041, Oberhaching (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 699 824 EP-A1- 2 009 245
WO-A1-96/41068 DE-A1-102005 008 509
FR-A1- 2 937 370 US-A1- 2004 076 523

EP 2 455 588 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 Erfindung betrifft eine Turbomaschine mit einem Sicherungsmittel zur axialen Sicherung eines Schaufelfußes einer Schaufel der Turbomaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Aus dem Stand der Technik ist bekannt, Laufschaufeln in Rotorachsrichtung an einem Rotor zu montieren. Hierzu wird ein Schaufelfuß der Schaufel in eine im Rotor vorgesehene, in Rotorachsrichtung verlaufende Nut eingeschoben. Die Schaufel muss radial und axial, bezogen auf die Rotorachse, gesichert werden, um eine Rüttel- bzw. Schwingungsbewegung der Schaufeln, insbesondere beim Anfahren der Turbomaschine, zu begrenzen bzw. zu verhindern. Eine derartige Rüttel- bzw. Schwingungsbewegung kann zu einer Oberflächenbeschädigung des Rotors und/oder der Schaufeln führen, so dass sich die Lebensdauer der Turbomaschine verkürzt, sowie im Betrieb den Wirkungsgrad verschlechtern.

[0003] Aus der DE 44 30 636 C2 ist eine Turbomaschine mit einer Schaufel und einer Axialnut im Rotor bekannt. Die Schaufel weist einen Schaufelfuß auf, der eine Tannenbaumform besitzt. Der Schaufelfuß der Schaufel wird in die entsprechend geformte Axialnut eingesetzt. Durch die Ausbildung des Schaufelfußes kann die Schaufel in radialer Richtung zur Rotorachse gesichert werden. In der Axialnut ist zwischen dem Schaufelfuß und dem Rotor ein Sicherungsblech vorgesehen. Das Sicherungsblech weist an seinen Enden in Rotorachsrichtung umklappbare Befestigungsglaschen auf, mittels denen die Schaufel in axialer Richtung gesichert wird. Das Sicherungsblech besitzt im Achsnormalquerschnitt eine abgerundete Form.

[0004] Aus der US 2004/076523 A1 und der EP 2 009 245 A1 sind solche Sicherungsbleche bekannt. In den Figuren weist dieser jeweils zwei Radien auf, zwischen denen eine konkave Abschnitt liegt, der nicht mit der Nut in Kontakt treten kann

[0005] Ein Nachteil des bekannten Sicherungselements besteht darin, dass der Kontaktbereich zwischen dem Sicherungsblech und der Nut klein ist. Somit kann eine Nutwand und/ oder ein Sicherungsblech beschädigt werden, wenn die von der Schaufel und dem Sicherungsblech auf die Nutwand übertragene Kraft groß wird. Eine derartige Kraft kann beispielsweise entstehen, wenn eine schwingende Schaufel gegen die Nutwand stößt.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, die axiale Sicherung einer Schaufel zu verbessern.

[0007] Zur Lösung dieser Aufgabe ist eine Turbomaschine mit einem Sicherungsmittel nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 durch dessen kennzeichnende Merkmale weitergebildet.

[0008] Erfindungsgemäß ist eine Turbomaschine mit einem Sicherungsmittel zur axialen Sicherung eines Schaufelfußes einer Laufschaufel in einer Nut eines Rotors der Turbomaschine vorgesehen. Dabei ist eine Außenkontur des Sicherungsmittels, die der Nutinnenwand,

insbesondere einem Nutgrund, der Nut zugewandt ist, zumindest bereichsweise gekrümmt, wobei die Außenkontur bereichsweise unterschiedliche Radien aufweist. Durch das Vorsehen der Außenkontur mit unterschiedlichen Radien kann der Kontaktbereich zwischen dem Sicherungsmittel und einer Nutwand optimiert, insbesondere vergrößert werden. Durch den optimierten Kontaktbereich verkleinert sich die Flächenpressung auf die Nutwand, wenn beispielsweise das Sicherungsmittel gegen die Nutwand stößt, so dass die Gefahr einer Beschädigung der Nutwand und/ oder des Sicherungsmittels verringert wird.

[0009] Die Nutwand setzt sich aus dem Nutgrund und Nutseiten zusammen. Die Nutseiten sind mit dem jeweiligen Ende des Nutgrunds verbunden und erstrecken sich von dem Nutgrund in Richtung zu einer Rotoraußen-seite. Als Sicherungsmittelkontaktbereich wird im Sinne der Erfindung der Bereich der Außenkontur des montierten Sicherungsmittels verstanden, der in Kontakt mit einem Nutkontaktbereich gebracht werden kann. Entsprechend wird als Nutkontaktbereich im Sinne der Erfindung der Bereich der Nutwand verstanden, der mit dem Sicherungsmittelkontaktbereich in Kontakt gebracht werden kann. Der Nutkontaktbereich kann im Nutgrund und/oder an der Nutseite vorgesehen sein. Als Kontaktbereich wird der Bereich zwischen dem Sicherungsmittel und der Nutwand bezeichnet, der sich bei einem Kontaktieren des Sicherungsmittels und der Nutwand einstellt.

[0010] Bei der erfindungsgemäßen Turbomaschine kann es sich insbesondere um eine Gas- oder Dampfturbine und bevorzugt um ein Flugtriebwerk handeln. In dem Rotor der Turbomaschine sind mehrere über den Umfang des Rotors verteilte Nuten eingebracht, die sich insbesondere jeweils in einer Rotorachsrichtung erstrecken können. Die Schaufel kann ein Schaufelblatt und einen Schaufelfuß aufweisen und wird über den Schaufelfuß in einem Schaufelfußbefestigungsbereich der Nut des Rotors lagefest in radialer Richtung zu der Rotorachse verankert. Die Geometrie der Schaufelfüße kann vorzugsweise tannenbaum-, schwalbenschwanz oder hammerkopfförmig ausgebildet sein. Die Nuten können im Nutachsnormalquerschnitt eines Nutbereichs, der in radialer Richtung näher zur Rotorachse ist als der Schaufelfußbefestigungsbereich, vorzugsweise eine ellipsenförmige, kreisförmige oder eine andere Form aufweisen.

[0011] Das Sicherungsmittel kann auf die Nut derart abgestimmt bzw. in der Nut derart angeordnet werden, dass sich zwischen der Außenkontur des montierten Sicherungsmittels und der Nutwand, insbesondere dem Nutgrund, ein Spalt ausbildet. Dabei kann das Sicherungsmittel an seiner zum Schaufelfuß weisenden Seite mit einer zum Sicherungsmittel weisenden Seite des Schaufelfußes verbunden sein. Eine derartige Anordnung des Sicherungsmittels in der Nut ermöglicht vorteilhafterweise eine Kühlung des Schaufelfußes und/oder der Nut.

[0012] In einer bevorzugten Ausführung kann die Außenkontur des Sicherungsmittels wenigstens zwei unter-

schiedliche Radien aufweisen, die derart gewählt werden, dass sich der Kontaktbereich zwischen Sicherungsmittels und Nutwand vergrößert. Insbesondere kann in einer Ausführungsform, in der die Außenkontur drei oder mehr Radien aufweist, ein Radius derart gewählt werden, dass er größer ist als die beiden anderen Radien. Bevorzugt ist ein Abschnitt der Außenkontur mit dem größten Radius derart ausgebildet, dass der Abschnitt länger ist als die restlichen Abschnitte der Außenkontur. Vorzugsweise kann der Abschnitt mit dem größten Radius zwischen den beiden anderen Abschnitten angeordnet sein.

[0013] Durch ein Vorsehen einer Außenkontur mit drei derartig ausgebildeten Radien bzw. Abschnitten kann sichergestellt werden, dass der Kontaktbereich zwischen dem Sicherungsmittel und der Nutwand groß ist. Folglich kann die Gefahr einer Beschädigung des Sicherungsmittels und/ oder der Nutwand, wie z.B. durch eine Einkerbung, aufgrund einer hohen Flächenpressung bei einem Stoßen des Sicherungsmittels gegen die Nutwand verringert werden. Somit erhöht sich die Lebensdauer der Turbomaschine.

[0014] Ferner besteht eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung darin, dass das Sicherungsmittel, das beispielsweise als ein Sicherungsblech ausgebildet sein kann, in einem Abschnitt der Außenkontur einen Radius aufweisen kann, der wenigstens im Wesentlichen den gleichen Wert aufweist wie ein Radius des Nutkontaktbereichs. Für den Fall, dass die Nut im Nutachsnormalquerschnitt eine ellipsenartige oder andere Form mit variierendem Krümmungsradius aufweist, wird als Radius des Nutkontaktbereichs insbesondere ein Krümmungsradiusmittelwert des Nutkontaktbereichs verstanden. Vorteilhafterweise kann es sich bei dem Abschnitt der Außenkontur des Sicherungselements, der den gleichen Radius wie der Nutkontaktbereich aufweist, um den Abschnitt der Außenkontur handeln, der den größten Radius aufweist und länger ist als der/die andere(n) Abschnitt(e). Durch eine derartige Ausbildung der Radien des Abschnitts des Sicherungsmittels und des Nutkontaktbereichs können der jeweilige Abschnitt des Sicherungsmittels und des Nutkontaktbereichs optimal aufeinander abgestimmt werden, so dass die Gefahr einer Beschädigung des Nutkontaktbereichs und/oder Sicherungsmittels reduziert wird.

[0015] In einer bevorzugten Ausführung können wenigstens zwei Abschnitte der Außenkontur, die unterschiedliche Radien aufweisen, den Sicherungsmittelkontaktbereich bilden. Natürlich ist es möglich, dass in der Außenkontur des Sicherungsmittels mehrere Sicherungsmittelkontaktbereiche vorgesehen sind. In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform kann die zur Nutwand, insbesondere zum Nutgrund, weisende Außenkontur des Sicherungsmittels zwei gekrümmte Sicherungsmittelkontaktbereiche und einen geraden Abschnitt aufweisen. Die zwei Sicherungsmittelkontaktbereiche können bezogen auf eine Sicherungsmittelachse, die quer zu der Rotorachse steht, an gegenüberliegenden Enden des Sicherungsmittels vorgesehen sein. Der ge-

rade Abschnitt der Außenkontur ist zwischen den zwei Sicherungsmittelkontaktbereichen angeordnet und an den Enden mit dem jeweiligen Sicherungsmittelkontaktbereich verbunden.

[0016] Die einzelnen Sicherungsmittelkontaktbereiche in der Außenkontur können gleich oder unterschiedlich voneinander ausgebildet sein. So können die Länge der Abschnitte und/ oder die Radien der Abschnitte in allen Sicherungsmittelkontaktbereichen gleich oder unterschiedlich ausgebildet sein. Somit kann der jeweilige Sicherungsmittelkontaktbereich auf die Ausbildung der Nutwand angepasst werden. Vorteilhafterweise kann der Sicherungsmittelkontaktbereich derart angepasst werden, dass sich der Kontaktbereich zwischen dem Sicherungsmittel und der Nutwand erhöht.

[0017] Erfindungsgemäß ist der wenigstens eine Sicherungsmittelkontaktbereich derart auf der Außenkontur vorgesehen, dass bei einem Kontaktieren des Sicherungsmittels mit der Nutwand keine Selbsthemmung des Sicherungsmittels auftritt. Hierzu wird der Sicherungsmittelkontaktbereich in einem Bereich der Außenkontur derart ausgebildet, dass sich bei einem Kontaktieren des Sicherungsmittels mit der Nutwand der Nutkontaktbereich in einem Bereich der Nutwand ausbildet, der sich außerhalb eines Selbsthemmungsbereichs befindet.

[0018] Der Nutkontaktbereich liegt außerhalb des Selbsthemmungsbereichs, wenn ein Neigungswinkel zwischen einer Tangente an der Nutwand und einer Geraden, die senkrecht zu einer Verbindungsgeraden zwischen der Rotorachse und einem Nutmittelpunkt steht, größer ist als der arcus tangens des Reibwertes im Kontaktbereich. Infolge einer Vermeidung einer Selbsthemmung des Sicherungsmittels in der Nut werden vorteilhafterweise hohe Kräfte in dem Sicherungsmittel und damit im Schaufelfuß aufgrund einer Verklebung des Sicherungsmittels in der Nut vermieden. Eine Verklebung des Sicherungsmittels kann in der Nut beispielsweise aufgrund einer Änderung der Nutform durch eine Ausdehnung des Rotors infolge beispielsweise einer Temperaturänderung erfolgen.

[0019] Als Selbsthemmung wird im Sinne der Erfindung die Hemmung einer Bewegung des Sicherungsmittels durch Reibung zwischen dem Sicherungsmittel und der Nutwand verstanden. Dabei tritt keine Selbsthemmung auf, wenn die Haftreibung des Sicherungsmittels überschritten wird. Die Selbsthemmung hängt im Wesentlichen von dem zuvor genannten Neigungswinkel der Nutwand und einem Reibwert des Nutkontaktbereichs ab. So liegt eine Selbsthemmung vor, wenn eine Tangente an der Nutwand mit der Geraden, die senkrecht zu der Verbindungsgerade zwischen der Rotorachse und dem Nutmittelpunkt steht, einen Winkel bildet, dessen Tangens kleiner oder gleich dem Reibwert ist.

[0020] Das Sicherungsmittel kann aus einem elastischen Material bestehen und/ oder einen elastischen Bereich aufweisen. Der elastische Bereich kann beispielsweise durch eine wellenförmige Ausbildung des Sicherungsmittels in Rotorachsrichtung ausgebildet sein.

Durch das elastische Material und/ oder den elastischen Bereich, insbesondere die wellenförmige Ausbildung des Sicherungsmittels, kann bei einem Stoßen des Sicherungsmittels gegen die Nutwand der Stoß des Sicherungsmittels gedämpft werden. Des Weiteren kann das Sicherungsmittel an seinen Enden in Rotorachsrichtung umklappbare Befestigungsmittel, insbesondere eine oder mehrere Laschen, aufweisen. Mittels der Befestigungsmittel des Sicherungsmittels kann das axiale Sichern der Schaufel auf einfache Weise sichergestellt werden.

[0021] Weitere Merkmale und Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen und dem Ausführungsbeispiel. Hierzu zeigt die einzige:

Figur 1: einen Ausschnitt eines Querschnitts des Rotors einer Turbomaschine mit einer Nut und einem Sicherungsmittel gemäß einer Ausführung der Erfindung.

[0022] In dem in Figur 1 gezeigten Ausschnitt eines Querschnitts einer Turbomaschine 1 ist eine einzige der in Umfangsrichtung eines Rotors 10 der Turbomaschine 1 nebeneinander angeordneten Nuten 11 dargestellt. Die Nut 11 erstreckt sich in einer Rotorachsrichtung und ist im Nutachsnormalquerschnitt im zur Rotorachse M nahen Bereich ellipsenförmig ausgebildet. Die Nut 11 weist eine Nutwand auf, die aus einem Nutgrund 33 und zwei Nutseiten 34 besteht. Die Nutseiten 34 sind mit dem jeweiligen Ende des Nutgrunds 33 verbunden und erstrecken sich von dem Nutgrund 33 in Richtung zu einer Rotoraußenseite 13. Der Nutgrund 33 entspricht dabei der Seite der Ellipse, die den größten Krümmungsradius aufweist.

[0023] Des Weiteren ist in Figur 1 ein Teil eines Schaufelfußes 12 einer nicht dargestellten Schaufel gezeigt, der wenigstens teilweise in der Nut 11 angeordnet und mit einem nicht gezeigten Schaufelblatt verbunden ist. In der Nut 11 ist zwischen dem Schaufelfuß 12 und dem Rotor 10 ein Sicherungsmittel 20 vorgesehen. Das Sicherungsmittel 20 ist an seiner zum Schaufelfuß 12 weisenden Seite mit diesem derart verbunden, dass sich zwischen der zum Nutgrund 33 weisenden Außenkontur 24 des Sicherungsmittels 20 und dem Nutgrund 33 ein Spalt 30 ausbildet.

[0024] Das Sicherungsmittel 20 weist an seiner zum Nutgrund 33 weisenden Außenkontur 24 zwei gekrümmte Sicherungsmittelkontaktbereiche 21 und einen geraden Abschnitt 23 auf. Die Sicherungsmittelkontaktbereiche 21 sind bezogen auf eine Sicherungsmittelachse Q, die quer zu einer Rotorachse M verläuft, an gegenüberliegenden Seiten des Sicherungsmittels 20 angeordnet. Der gerade Abschnitt 23 ist zwischen den beiden Sicherungsmittelkontaktbereichen 21 vorgesehen und an seinen Enden mit dem jeweiligen Sicherungsmittelkontaktbereich 21 verbunden.

[0025] Die Sicherungsmittelkontaktbereiche 21 weisen jeweils drei Abschnitte mit unterschiedlichen Radien

R1, R2, R3 auf, wobei ein erster Abschnitt einen ersten Radius R1, ein zweiter Abschnitt einen zweiten Radius R2 und ein dritter Abschnitt einen dritten Radius R3 aufweist. Dabei entspricht der zweite Radius R2 des zweiten Abschnitts des Sicherungsmittelkontaktbereichs 21 einem Krümmungsradiusmittelwert eines Nutkontaktbereichs 31 der Nutwand, der dem entsprechenden Sicherungsmittelkontaktbereich 21 gegenüberliegt. Des Weiteren ist der zweite Radius R2 größer als der erste und dritte Radius R1, R3. Der zweite Abschnitt mit dem Radius R2 des Sicherungsmittelkontaktbereichs 21 ist zwischen dem ersten Abschnitt mit dem Radius R1 und dem dritten Abschnitt mit dem Radius R3 angeordnet und ist länger ausgebildet als der erste und zweite Abschnitt des Sicherungsmittelkontaktbereichs 21.

[0026] Die beiden Sicherungsmittelkontaktbereiche 21 sind an der Außenkontur 24 des Sicherungsmittels 20 derart angeordnet, dass sie den Nutkontaktbereich 31 in einem Bereich des Nutgrunds 33 und/ oder der Nutseiten 34 kontaktieren, der sich außerhalb eines Selbsthemmungsbereichs des Sicherungsmittels 20 befindet. Ein Kontaktieren des Nutgrunds 33 und/ oder der Nutseiten 34 durch das Sicherungsmittel 20 kann beispielsweise erfolgen, wenn die Schaufeln in radialer Richtung zu der Rotorachse M schwingen und/ oder sich die Nutform aufgrund einer Temperaturänderung, insbesondere Temperaturerhöhung, des Rotors 10 verändert. **[0027]** Der Nutkontaktbereich 31 liegt in einem Bereich des Nutgrunds 33 und/ oder der Nutseiten 34, in dem ein Neigungswinkel α zwischen einer Tangente T des Nutgrunds 33 bzw. der Nutseite 34 und einer Geraden G, die senkrecht zu einer Verbindungsgeraden zwischen dem Nutmittelpunkt und der Rotorachse M ist, größer als 30° ist. Dies verhindert eine Selbsthemmung, da der arcus tangens des Reibwertes $\mu=0,5$ der Kontaktpaarung Sicherungsmittel-Nutwand 30° beträgt.

Bezugszeichenliste

[0028]

1	Turbomaschine
10	Rotor
11	Nut
12	Schaufelfuß
13	Rotoraußenseite
20	Sicherungsmittel
21	Sicherungsmittelkontaktbereich
23	gerade Abschnitt
24	Außenkontur
30	Spalt
31	Nutkontaktbereich
33	Nutgrund
34	Nutseite
G	Gerade
M	Rotorachse
Q	Sicherungsmittelachse
R1	erster Radius

R2 zweiter Radius
 R3 dritter Radius
 T Tangente
 α Neigungswinkel

Patentansprüche

1. Turbomaschine (1) mit einem Sicherungsmittel (20) zur axialen Sicherung eines Schaufelfußes (12) einer Schaufel in einer Nut (11) eines Rotors (10) der Turbomaschine (1), wobei die einer Nutwand, insbesondere einem Nutgrund (33), der Nut (11) zugewandte Außenkontur (24) des Sicherungsmittels (20) zumindest bereichsweise gekrümmt ist und bereichsweise unterschiedliche Radien (R1, R2, R3) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** Abschnitte der Außenkontur (24) mit unterschiedlichen Radien (R1, R2, R3) wenigstens teilweise einen Sicherungsmittelkontaktbereich (21) bilden, der dazu vorgesehen ist, mit einem Nutkontaktbereich (31) der Nutwand in Kontakt gebracht zu werden, wobei ein Neigungswinkel (α) zwischen einer Tangente (T) an der Nutwand und einer Geraden (G), die senkrecht zu einer Verbindungsgeraden zwischen einer Rotorachse (M) und einem Nutmittelpunkt steht, größer ist als der arcus tangens des Reibwertes im Kontaktbereich zwischen dem Sicherungsmittel (20) und der Nutwand, insbesondere des Nutgrundes (11), so dass der Kontaktbereich außerhalb eines Selbsthemmungsbereichs liegt.
2. Turbomaschine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** diese Außenkontur (24) wenigstens zwei, insbesondere wenigstens drei, unterschiedliche Radien (R1, R2, R3) aufweist.
3. Turbomaschine (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Außenkontur (24) drei unterschiedliche Radien (R1, R2, R3) aufweist, wobei ein zweiter Radius (R2), der zwischen einem ersten und einem zweiten Radius (R1, R2) angeordnet ist, größer ist als der erste und/ oder dritte Radius (R1, R3).
4. Turbomaschine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein erster und/ oder dritter Abschnitt der Außenkontur (24) mit dem ersten bzw. dritten Radius (R1, R3) kürzer ist als ein zweiter Abschnitt der Außenkontur (24) mit dem zweiten Radius (R2).
5. Turbomaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Radius der Außenkontur (24), insbesondere der zweite Radius (R2), wenigstens im Wesentlichen einem Radius der Nutwand, insbesondere des Nutgrundes (33), insbesondere einem Krümmungsradi-

usmittelwert eines Nutkontaktbereichs (31), entspricht.

6. Turbomaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sicherungsmittel (20) als Sicherungsblech ausgebildet ist.
7. Turbomaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sicherungsmittel (20) aus einem elastischen Material besteht oder einen elastischen Bereich aufweist.
8. Turbomaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Turbomaschine (1) eine Gas- oder Dampfturbine ist.

Claims

1. A turbomachine (1), having a securing device (20) for axially securing a blade root (12) of a blade in a groove (11) of a rotor (10) of the turbomachine (1), wherein the outer contour (24) of the securing device (20) which faces a groove wall, particularly a groove base (33), of the groove (11) is curved at least in some regions thereof, and has different radii (R1, R2, R3) in different regions, **characterized in that** segments of the outer contour (24) with different radii (R1, R2, R3) at least partially form a securing device contact region (21) which is intended to be brought into contact with a groove contact region (31) of the groove wall, wherein an angle of inclination (α) between a tangent (T) on the groove wall and a straight line (G) which is perpendicular to a straight connection line between a rotor axis (M) and a groove center point is greater than the arctangent of the friction value in the contact region between the securing device (20) and the groove wall, particularly the groove base (11), such that the contact region is outside of a self-locking region.
2. The turbomachine (1) according to claim 1, **characterized in that** this outer contour (24) has at least two, and particularly three, different radii (R1, R2, R3).
3. The turbomachine (1) according to claim 2, **characterized in that** the outer contour (24) has three different radii (R1, R2, R3), wherein a second radius (R2) which is arranged between a first and a second radius (R1, R2) is larger than the first and/or third radius (R1, R3).
4. The turbomachine (1) according to claim 1, **characterized in that** a first and/or third segment of the outer contour (24) with the first and/or third radius (R1, R3) is shorter than a second segment of the

outer contour (24) having the second radius (R2).

5. The turbomachine (1) according to one of the previous claims, **characterized in that** a radius of the outer contour (24), particularly the second radius (R2), corresponds at least substantially to a radius of the groove wall, particularly the groove base (33), and particularly a curvature radius average of a groove contact region (31).
6. The turbomachine (1) according to one of the previous claims, **characterized in that** the securing device (20) is designed as a securing sheet.
7. The turbomachine (1) according to one of the previous claims, **characterized in that** the securing means (20) is made of an elastic material or comprises an elastic region.
8. The turbomachine (1) according to one of the previous claims, **characterized in that** the turbomachine (1) is a gas or steam turbine.

Revendications

1. Turbomachine (1) présentant un moyen de sécurité (20) pour une fixation axiale d'un pied d'aube (12) d'une aube dans une rainure (11) d'un rotor (10) de la turbomachine (1), dans laquelle le contour externe (24) tourné vers une paroi de rainure, en particulier un fond de rainure (33) de la rainure (11) du moyen de fixation (20) est courbé au moins par endroit et présente par endroit des rayons différents (R1, R2, R3), **caractérisée en ce que** des segments du contour externe (24) forment avec différents rayons (R1, R2, R3) au moins partiellement une zone de contact de moyen de fixation (21) qui est prévue pour être en contact avec une zone de contact de rainure (31) de la paroi de rainure, dans laquelle un angle d'inclinaison (α) entre une tangente (T) sur la paroi de rainure et une droite (G) qui est perpendiculaire à une droite de liaison entre un axe de rotor (M) et un point médian de rainure, est supérieur à l'arc tangente du coefficient de friction dans la zone de contact entre le moyen de fixation (20) et la paroi de rainure, en particulier du fond de rainure (11) de sorte que la zone de contact se trouve hors d'une zone d'auto-serrage.
2. Turbomachine (1) selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** ce contour externe (24) présente au moins deux, en particulier au moins trois rayons différents (R1, R2, R3).
3. Turbomachine (1) selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** le contour externe (24) présente trois rayons différents (R1, R2, R3), dans laquelle

un deuxième rayon (R2) qui est disposé entre un premier et un deuxième rayon (R1, R2) est supérieur au premier et/ou troisième rayon (R1, R3).

4. Turbomachine (1) selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** un premier et/ou troisième segment du contour externe (24) avec le premier ou le troisième rayon (R1, R3) est plus court qu'un deuxième segment du contour externe (24) avec le deuxième rayon (R2).
5. Turbomachine (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** un rayon du contour externe (24), en particulier du deuxième rayon (R2), correspond au moins essentiellement à un rayon de la paroi de rainure, en particulier du fond de rainure (33), en particulier d'une valeur moyenne de rayon de courbure d'une zone de contact de rainure (31).
6. Turbomachine (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le moyen de fixation (20) est conçu comme une tôle de fixation.
7. Turbomachine (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le moyen de fixation (20) consiste en un matériau élastique ou présente un matériau élastique.
8. Turbomachine (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la turbomachine (1) est une turbine à gaz ou à vapeur.

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

- DE 4430636 C2 [0003]
- US 2004076523 A1 [0004]
- EP 2009245 A1 [0004]