

(19)



(11)

EP 2 823 153 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
25.07.2018 Patentblatt 2018/30

(51) Int Cl.:
F01D 5/32 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13706262.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2013/053738

(22) Anmeldetag: **25.02.2013**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2013/131774 (12.09.2013 Gazette 2013/37)

(54) **LAUFRAD FÜR EINEN ROTOR EINER TURBOMASCHINE SOWIE ROTOR UND TURBOMASCHINE MIT EINEM SOLCHEN LAUFRAD**

IMPELLER FOR A ROTOR OF A TURBOMACHINE, AND ROTOR AND TURBOMACHINE HAVING AN IMPELLER OF SAID TYPE

ROUE À AUBES POUR UN ROTOR D'UNE TURBOMACHINE AINSI QUE ROTOR ET TURBOMACHINE COMPRENANT UNE TELLE ROUE À AUBES

(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

(30) Priorität: **07.03.2012 DE 102012203606**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.01.2015 Patentblatt 2015/03

(73) Patentinhaber: **MAN Diesel & Turbo SE**
86153 Augsburg (DE)

(72) Erfinder: **REINHOLD, Bjoern**
22455 Hamburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 619 354 GB-A- 790 350
JP-A- S59 192 801 US-A- 2 846 183
US-A- 4 820 127 US-A1- 2010 183 444

EP 2 823 153 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 ein gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ausgebildetes Laufrad für einen Rotor einer Turbomaschine, einen mit einem solchen Laufrad ausgerüsteten Rotor für eine Turbomaschine sowie eine Turbomaschine mit einem mit einem solchen Laufrad ausgerüsteten Rotor.

[0002] Ein Laufrad, ein Rotor und eine Turbomaschine der eingangsgenannten Art sind jeweils aus DE 196 03 388 C1 bekannt. Bei dem in diesem Dokument beschriebenen Laufrad sind die Laufschaufeln jeweils mittels eines Niets sowohl axial als auch radial in ihrer jeweiligen Axialnut fixiert. Ein solcher Niet erfordert beim Montieren der jeweiligen Laufschaufel ein Aufweiten eines Schließkopfes des Niets sowie beim Demontieren der jeweiligen Laufschaufel ein Abarbeiten (z.B. ein Wegbohren) des Schließkopfes. Diese Vorgehensweisen sind zeitaufwendig und realisieren beim Montieren nur bedingt eine definierte radiale Verspannung der Laufschaufeln in ihren jeweiligen.

[0003] US 2 846 183 A offenbart den Oberbegriff des Anspruchs 1. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Laufrad gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bereitzustellen, so dass dessen Laufschaufeln mit geringerem Zeitaufwand montierbar und demontierbar sind und mit definierter radialer Verspannung in ihren jeweiligen Axialnuten fixierbar sind. Der Erfindung liegt außerdem die Aufgabe zugrunde, einen mit einem solchen Laufrad ausgerüsteten Rotor für eine Turbomaschine sowie eine Turbomaschine mit einem mit einem solchen Laufrad ausgerüsteten Rotor bereitzustellen. Die o.g. Aufgaben werden mit einem Laufrad gemäß Anspruch 1, einem Rotor gemäß Anspruch 5 bzw. einer Turbomaschine gemäß Anspruch 6 gelöst.

[0004] Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Laufrades sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0005] Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird bereitgestellt ein Laufrad für einen Rotor einer Turbomaschine, wobei das Laufrad aufweist: eine Radscheibe, die an einer Rotorwelle des Rotors vorzusehen ist und die eine Mehrzahl von Nuten hat, welche entlang eines Außenumfangs der Radscheibe verteilt angeordnet sind und welche sich jeweils in einer axial der Rotorwelle verlaufenden Dickenrichtung der Radscheibe erstrecken; wobei an zwei parallel zur Dickenrichtung verlaufenden einander gegenüberliegenden Nutseiten jeder Nut jeweils ein Zahnprofil ausgebildet ist; eine Mehrzahl von Laufschaufeln, von denen jede einen Schauffelfuß mit zwei voneinander abgewandten parallel zur Dickenrichtung verlaufenden Schauffelfußseiten aufweist, an denen jeweils ein Zahnprofil ausgebildet ist; wobei jede Laufschaufel unter Ausbildung einer Laufschaufel-Nut-Kombination mit ihrem Schauffelfuß in eine jeweilige der Nuten eingesetzt ist, so dass die Zahnprofile der Schauffelfußseiten mit den Zahnprofilen der Nutseiten in Eingriff stehen; und wobei jede Laufschaufel-Nut-Kombination eine Fixiereinrichtung aufweist, die eingerichtet

ist, die Laufschaufel in der Nut sowohl in Dickenrichtung als auch in einer Radialrichtung der Radscheibe gegen Bewegung zu fixieren. Das erfindungsgemäße Laufrad zeichnet sich dadurch aus, dass jede Fixiereinrichtung eine zumindest in Dickenrichtung beidseitig geschlossene Ausnehmung in einer einem Boden der Nut zugewandten Unterseite der Laufschaufel und einen Riegel aufweist, der im Boden der Nut bewegbar aufgenommen ist, so dass der Riegel in Radialrichtung gesteuert verstellbar ist zwischen einer Entriegelungsposition, in der der Riegel nicht in die Ausnehmung der Laufschaufel eingreift, und einer Verriegelungsposition, in der der Riegel radial in die Ausnehmung der Laufschaufel eingreift, so dass er die Laufschaufel mit einer vorbestimmten Kraft nach radial außen drückt.

[0006] Dadurch, dass die Ausnehmung zumindest in Dickenrichtung beidseitig mit Seitenwänden geschlossen ist, bietet der Riegel in der Verriegelungsposition für die Seitenwände der Ausnehmung einen beidseitigen Anschlag in Dickenrichtung, so dass die Laufschaufel in Dickenrichtung gegen Bewegung fixiert ist.

[0007] Dadurch, dass der Riegel in der Verriegelungsposition die Laufschaufel mit einer vorbestimmten Kraft nach radial außen drückt, wird ein in den Zahnprofilen der Nutseiten und der Schauffelfußseiten zur Montage und Demontage der Laufschaufel in der Nut vorgesehene Spiel aufgebraucht und damit die Laufschaufel unter Beaufschlagung mit einer vorbestimmten Vorspannkraft in Radialrichtung (nach radial außen) in dieser Richtung gegen Bewegung fixiert. Durch das gesteuerte Verstellen des Riegels lässt sich die vorbestimmte Kraft bzw. die vorbestimmte Vorspannkraft (radiale Verspannung) nach radial außen in einfacher und wiederholbarer Weise vordefinieren.

[0008] Dadurch, dass der Riegel in seine Entriegelungsposition, in der er außer Eingriff mit der Ausnehmung der Laufschaufel ist, versenkbar ist, kann das Spiel in den Zahnprofilen der Nutseiten und der Schauffelfußseiten wieder freigegeben werden, so dass die Laufschaufel sowohl bei ihrer Montage an als auch bei ihrer Demontage von der Radscheibe einfach und schnell axial in die Nut hinein bzw. aus der Nut heraus schiebbar ist.

[0009] Gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Laufrades ist die Ausnehmung in Form einer allseitig von Material der Laufschaufel umgrenzten Senke in der Unterseite der Laufschaufel gebildet, wobei ein zum Eingriff in der Ausnehmung vorgesehene radial äußerste Ende des Riegels komplementär zu der Ausnehmung ausgebildet ist.

[0010] Mit dieser erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Laufrades wird vorteilhaft zusätzlich eine Fixierung der Laufschaufel in der Nut gegen eine mögliche Bewegung in einer Umfangsrichtung der Radscheibe realisiert.

[0011] Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Laufrades ist die Ausnehmung als Negativ zur Außenkontur einer Kugelkalotte ausgebildet, wobei das radial äußerste Ende des Riegels eine der

Außenkontur dieser Kugelkalotte entsprechende Form aufweist.

[0012] Mit dieser erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Laufrades wird vorteilhaft eine Selbstzentrierung des Riegels in der Ausnehmung und werden damit eine genauere Fixierung der Laufschaufel und ein leichteres Einführen des Riegels in die Ausnehmung realisiert.

[0013] Gemäß noch einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Laufrades weist jede Fixiereinrichtung in der Radscheibe eine in Radialrichtung verlaufende erste Passage auf, die an einem ersten Längsende dieser in die Nut mündet und in die der Riegel bevorzugt mit Spielpassung eingepasst ist.

[0014] Die erste Passage stellt in einfacher und robuster Weise eine Gleitführung zum Verschieben des Riegels bereit. Bevorzugt ist die erste Passage als einfach zu fertigende Bohrung ausgeführt.

[0015] Gemäß noch einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Laufrades weist jede Fixiereinrichtung eine Stellvorrichtung auf, die an einem zweiten Längsende der ersten Passage zum gesteuerten Verstellen des Riegels angeordnet ist, wobei die Stellvorrichtung eingerichtet ist, so dass sie von einer in Dickenrichtung weisenden seitlichen Seite der Radscheibe aus zum Verstellen des Riegels ansteuerbar ist.

[0016] Dadurch, dass die Stellvorrichtung von der seitlichen Seite der Radscheibe aus ansteuerbar ist, ist diese Ansteuerungsposition für eine montierende oder demonstrierende Person leicht zugänglich, wodurch der jeweilige Zeitaufwand weiter reduziert und die Ausführungsgenauigkeit weiter verbessert werden.

[0017] Gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Laufrades weist die Stellvorrichtung eine zweite Passage, die in Dickenrichtung der Radscheibe verlaufend in dieser mit Innengewinde ausgebildet ist, so dass die erste Passage mit ihrem zweiten Längsende in die zweite Passage mündet und ein erstes Längsende der zweiten Passage in der seitlichen Seite der Radscheibe mündet, und ein Schraubenelement auf, das von der seitlichen Seite der Radscheibe aus in die zweite Passage eingeschraubt ist und das mit einem radial innersten Ende des Riegels in Kontakt steht, so dass eine Verlagerung des Schraubenelements in Dickenrichtung der Radscheibe eine Verlagerung des Riegels in Radialrichtung bewirkt.

[0018] Die Realisierung der Stellvorrichtung mit dem in die bevorzugt als einfach herzustellende Bohrung ausgebildete zweite Passage eingeschraubten Schraubenelement ist besonders einfach und robust, so dass die Herstellungskosten für die Stellvorrichtung relativ gering sind und deren Standzeit und Zuverlässigkeit hoch sind.

[0019] Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Laufrades ist ein zum Kontakt mit dem Riegel vorgesehenes Längsende des Schraubenelements mit einer ersten Kegelform ausgebildet, wobei das radial innerste Ende des Riegels mit einer zweiten Kegelform ausgebildet ist, so dass zwischen jeweiligen Mantelflächen der ersten und der zweiten Kegelform Li-

nienberührung realisiert ist.

[0020] Diese erfindungsgemäße Ausgestaltung des Laufrades stellt eine Keilschieber-Anordnung bereit, welche in besonders einfacher und robuster Weise eine Richtungsänderung der Stellbewegung realisiert.

[0021] Gemäß noch einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Laufrades weist die erste Kegelform einen Kegelwinkel von etwa 20 Grad auf.

[0022] Diese Größe des Kegelwinkels stellt einen besonders vorteilhaften Kompromiss zwischen Selbsthemmung, Stellkraft und Stellweg der Stellvorrichtung bereit.

[0023] Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird bereitgestellt ein Rotor für eine Turbomaschine, wobei der Rotor wenigstens ein Laufrad gemäß einer, mehreren oder allen zuvor beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung in jeder denkbaren Kombination aufweist.

[0024] Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung wird bereitgestellt eine Turbomaschine mit einem Rotor, der wenigstens ein Laufrad gemäß einer, mehreren oder allen zuvor beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung in jeder denkbaren Kombination aufweist.

[0025] Die Erfindung erstreckt sich ausdrücklich auch auf solche Ausführungsformen, welche nicht durch Merkmalskombinationen aus expliziten Rückbezügen der Ansprüche gegeben sind, womit die offenbarten Merkmale der Erfindung - soweit dies technisch sinnvoll ist - beliebig miteinander kombiniert sein können.

[0026] Im Folgenden wird die Erfindung anhand einer bevorzugten Ausführungsform und unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren detaillierter beschrieben.

Fig. 1 zeigt eine geschnittene Teilansicht eines Laufrades eines Rotors einer Turbomaschine gemäß einer Ausführungsform der Erfindung, gesehen in einer Axialrichtung des Rotors.

Fig. 2 zeigt eine Ansicht des Laufrades von Fig. 1, gesehen als Schnitt entlang einer Schnittrlinie A-A in Fig. 1.

[0027] Fig. 1 und Fig. 2 zeigen geschnittene Teilansichten eines Laufrades 20 eines Rotors 10 einer Turbomaschine 1 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0028] Der Rotor 10 weist eine Rotorwelle (nicht bezeichnet) auf, an der mehrere wie in Fig. 1 und Fig. 2 gezeigte Laufräder 20 in einer Axialrichtung AR der Rotorwelle hintereinander angeordnet sind. Die den Rotor 10 aufweisende Turbomaschine 1 ist bevorzugt als Turbine, wie z.B. als Dampfturbine, oder als Turbokompressor ausgebildet. Außerdem ist die Turbomaschine 1 bevorzugt als Axialströmungsmaschine ausgebildet.

[0029] Wie in Fig. 1 und Fig. 2 gezeigt, weist jedes Laufrad 20 eine Radscheibe 30, eine Mehrzahl von Laufschaufeln 40 (nur eine gezeigt) und eine Mehrzahl von Fixiereinrichtungen 50 (nur eine gezeigt) auf.

[0030] Die Radscheibe 30 ist entweder integral damit oder als separates Teil drehfest an der Rotorwelle des

Rotors 10 angeordnet und weist eine Mehrzahl von Nuten 32 (nur eine gezeigt) auf, welche entlang eines Außenumfangs 31 der Radscheibe 30 gleichmäßig verteilt angeordnet sind und welche sich jeweils in einer axial der Rotorwelle verlaufenden Dickenrichtung (welche der Axialrichtung AR entspricht) der Radscheibe 30 erstrecken.

[0031] An zwei parallel zur Dickenrichtung bzw. Axialrichtung AR verlaufenden einander gegenüberliegenden Nutseiten jeder Nut 32 jeweils ist ein Zahnprofil 33 ausgebildet.

[0032] Jede Laufschaufel 40 hat einen Schaufelfuß 41 mit zwei voneinander abgewandten parallel zur Dickenrichtung bzw. Axialrichtung AR verlaufenden Schaufelfußseiten, an denen jeweils ein Zahnprofil 43 ausgebildet ist.

[0033] Jede Laufschaufel 40 ist unter Ausbildung einer Laufschaufel-Nut-Kombination mit ihrem Schaufelfuß 41 in eine jeweilige der Nuten 32 eingesetzt, so dass die Zahnprofile 43 der Schaufelfußseiten mit den Zahnprofilen 33 der Nutseiten in Eingriff stehen. Auf diese Weise sind die Laufschaufeln 40 in einer Radialrichtung RR der Radscheibe 30 bzw. der Rotorwelle ausfallsicher an der Radscheibe 30 gehalten.

[0034] Wie aus Fig.1 ersichtlich, sind die Zahnprofile 33, 43 der Nutseiten und der Schaufelfußseiten bevorzugt als mehrzahnige Zahnprofile ausgebildet. Noch bevorzugter sind die Schaufelfüße 41 der jeweiligen Laufschaufeln 40 jeweils fachsprachlich auch als Tannenbaumfuß bekannter Schaufelfuß 41 ausgebildet. Dementsprechend sind die Nuten 32 der Radscheibe 30 in ihrer Form bevorzugter als Hüllkontur bzw. Negativ zur Form eines Tannenbaumfußes ausgebildet.

[0035] Jede Kombination von Nut 32 und darin eingepasster Laufschaufel 40 weist eine der Fixiereinrichtungen 50 auf. Jede Fixiereinrichtung 50 ist eingerichtet, die zugehörige Laufschaufel 40 in der zugehörigen Nut 32 sowohl in Dickenrichtung bzw. Axialrichtung AR als auch in Radialrichtung RR der Radscheibe 30 gegen Bewegung zu fixieren.

[0036] Zu diesem Zweck weist jede Fixiereinrichtung 50 eine zumindest in Dickenrichtung bzw. Axialrichtung AR beidseitig geschlossene Ausnehmung 51 in einer einem Boden 32a der Nut 32 zugewandten Unterseite 44 der Laufschaufel 40 und einen bevorzugt in Form eines kreiszylindrischen Stiftes ausgebildeten Riegel 52 auf, der im Boden 32a der Nut 32 bewegbar bzw. verschiebbar aufgenommen ist.

[0037] Jede Fixiereinrichtung 50 weist außerdem in der Radscheibe 30 eine in Radialrichtung RR verlaufende erste Passage 53 auf, die an einem ersten Längsende 53a dieser am Boden 32a in die Nut 32 mündet und in die der Riegel 52 mit Spielpassung eingepasst ist.

[0038] Jede Fixiereinrichtung 50 weist darüber hinaus eine Stellvorrichtung 60 auf, die an einem zweiten Längsende 53b der ersten Passage 53 zum gesteuerten Verstellen des Riegels 52 angeordnet ist. Die Stellvorrichtung 60 ist eingerichtet, so dass sie von einer in Dicken-

richtung bzw. Axialrichtung AR weisenden seitlichen Seite 30a der Radscheibe 30 aus zum Verstellen des Riegels 52 ansteuerbar ist.

[0039] In der gezeigten Ausführungsform weist die Stellvorrichtung 60 eine zweite Passage 61 auf, die in Dickenrichtung bzw. Axialrichtung AR der Radscheibe 30 verlaufend in dieser mit Innengewinde (nicht bezeichnet) ausgebildet ist, so dass die erste Passage 53 mit ihrem zweiten Längsende 53b in die zweite Passage 61 mündet und ein erstes Längsende 61a der zweiten Passage 61 in der seitlichen Seite 30a der Radscheibe 30 mündet.

[0040] In der gezeigten Ausführungsform weist die Stellvorrichtung 60 außerdem ein in Form einer Madenschraube mit Innensechskant (nicht bezeichnet) ausgebildetes Schraubenelement 62 auf, das von der seitlichen Seite 30a der Radscheibe 30 aus in die zweite Passage 61 eingeschraubt ist und das mit einem radial innersten Ende des Riegels 52b in gleitendem Berührungskontakt steht, so dass eine Verlagerung des Schraubenelements 62 in Dickenrichtung bzw. Axialrichtung AR der Radscheibe 30 eine Verlagerung des Riegels 52 in Radialrichtung RR bewirkt.

[0041] Genauer gesagt ist ein zum Kontakt mit dem Riegel 52 vorgesehenes Längsende 62a des Schraubenelements 62 mit einer ersten Kegelform ausgebildet, wobei das radial innerste Ende 52b des Riegels 52 mit einer zweiten Kegelform ausgebildet ist, so dass zwischen jeweiligen Mantelflächen der ersten und der zweiten Kegelform Linienberührung realisiert ist. Bevorzugt weist die erste Kegelform einen Kegelwinkel α von etwa 20 Grad auf. Dementsprechend hat die zweite Kegelform bevorzugt einen Kegelwinkel (nicht bezeichnet) von etwa 70 Grad.

[0042] Durch die oben beschriebene Konstruktion ist der Riegel 52 in Radialrichtung RR gesteuert verstellbar zwischen einer Entriegelungsposition (in den Figuren 1 und 2 nicht gezeigt), in der der Riegel 52 nicht in die Ausnehmung 51 der Laufschaufel 40 eingreift, und einer Verriegelungsposition (wie in den Figuren 1 und 2 gezeigt), in der der Riegel 52 radial in die Ausnehmung 51 der Laufschaufel 40 eingreift, so dass er die Laufschaufel 40 mit einer vorbestimmten Kraft nach radial außen drückt.

[0043] Dadurch, dass die Ausnehmung 51 zumindest in Dickenrichtung bzw. Axialrichtung AR beidseitig mit Seitenwänden geschlossen ist, bietet der Riegel 52 in der Verriegelungsposition für die Seitenwände der Ausnehmung 51 einen beidseitigen Anschlag in Dickenrichtung bzw. Axialrichtung AR, so dass die Laufschaufel 40 in Dickenrichtung bzw. Axialrichtung AR gegen Bewegung fixiert ist.

[0044] Dadurch, dass der Riegel 52 in der Verriegelungsposition die Laufschaufel 40 mit einer vorbestimmten Kraft nach radial außen drückt, wird ein in den Zahnprofilen 33, 43 der Nutseiten und der Schaufelfußseiten zur Montage und Demontage der Laufschaufel 40 in der Nut 32 vorgesehenes Spiel aufgebraucht und damit die

Laufschaufel unter Beaufschlagung mit einer vorbestimmten Vorspannkraft in Radialrichtung RR (nach radial außen) in dieser Richtung gegen Bewegung fixiert.

[0045] Durch die beschriebene Ausgestaltung der Stellvorrichtung 60 lässt sich die vorbestimmte Kraft bzw. die vorbestimmte Vorspannkraft (radiale Verspannung) nach radial außen in einfacher und wiederholbarer Weise z.B. mittels eines Momentenschlüssels zur Betätigung des Schraubenelements 62 vordefinieren.

[0046] Dadurch, dass der Riegel 52 in seine Entriegelungsposition, in der er außer Eingriff mit der Ausnehmung 51 der Laufschaufel 40 ist, versenkbar ist, kann das Spiel in den Zahnprofilen 33, 43 der Nutseiten und der Schaufelfußseiten wieder freigegeben werden, so dass die Laufschaufel 40 sowohl bei ihrer Montage an als auch bei ihrer Demontage von der Radscheibe 30 einfach und schnell axial in die Nut 32 hinein bzw. aus der Nut 32 heraus schiebbar ist.

[0047] Wie aus der Zusammenschau der Figuren 1 und 2 ersichtlich, ist die Ausnehmung 51 bevorzugt in Form einer allseitig von Material der Laufschaufel 40 bzw. von Seitenwänden umgrenzten Senke in der Unterseite 44 der Laufschaufel 40 gebildet, wobei ein zum Eingriff in der Ausnehmung 51 vorgesehenes radial äußerstes Ende 52a des Riegels 52 in seiner Form komplementär zur Form der Ausnehmung 51 ausgebildet ist. In der gezeigten Ausführungsform der Erfindung ist die Ausnehmung 51 als Hüllkontur bzw. Negativ zur Außenkontur einer Kugelkalotte (bzw. Kugelsegment oder Kugelabschnitt) ausgebildet, wobei das radial äußerste Ende 52a des Riegels 52 eine der Außenkontur dieser Kugelkalotte entsprechende Form aufweist. Mit anderen Worten ist die Ausnehmung 51 als kugelförmiger Sitz für das etwa halbkugelförmige radial äußerste Ende 52a des Riegels 52 ausgebildet.

[0048] Im Fazit ist das erfindungsgemäße Laufrad 20 so konfiguriert, dass dessen Laufschaufeln 40 mit geringerem Zeitaufwand montierbar und demontierbar sind und mit definierter radialer Verspannung in ihren jeweiligen axial verlaufenden Nuten 32 fixierbar sind.

Bezugszeichenliste

[0049]

- 1 Turbomaschine
- 10 Rotor
- 20 Laufrad
- 30 Radscheibe
- 30a seitliche Seite
- 31 Außenumfang
- 32 Nut
- 32a Boden
- 33 Zahnprofil
- 40 Laufschaufel
- 41 Schaufelfuß
- 43 Zahnprofil
- 44 Unterseite

- 50 Fixiereinrichtung
- 51 Ausnehmung
- 52 Riegel
- 52a radial äußerstes Ende
- 52b radial innerstes Ende
- 53 erste Passage
- 53a erstes Längsende
- 53b zweites Längsende
- 60 Stellvorrichtung
- 61 zweite Passage
- 61a erstes Längsende
- 62 Schraubenelement
- 62a Längsende
- α Kegelwinkel
- AR Axialrichtung
- RR Radialrichtung

Patentansprüche

1. Laufrad (20) für einen Rotor (10) einer Turbomaschine (1), aufweisend:

eine Radscheibe (30), die an einer Rotorwelle des Rotors (10) vorzusehen ist und die eine Mehrzahl von Nuten (32) hat, welche entlang eines Außenumfangs (31) der Radscheibe (30) verteilt angeordnet sind und welche sich jeweils in einer axial der Rotorwelle verlaufenden Dickenrichtung der Radscheibe (30) erstrecken, wobei an zwei parallel zur Dickenrichtung verlaufenden einander gegenüberliegenden Nutseiten jeder Nut (32) jeweils ein Zahnprofil (33) ausgebildet ist,

eine Mehrzahl von Laufschaufeln (40), von denen jede einen Schaufelfuß (41) mit zwei voneinander abgewandten parallel zur Dickenrichtung verlaufenden Schaufelfußseiten aufweist, an denen jeweils ein Zahnprofil (43) ausgebildet ist,

wobei jede Laufschaufel (40) unter Ausbildung einer Laufschaufel-Nut-Kombination mit ihrem Schaufelfuß (41) in eine jeweilige der Nuten (32) eingesetzt ist, so dass die Zahnprofile (43) der Schaufelfußseiten mit den Zahnprofilen (33) der Nutseiten in Eingriff stehen, und

wobei jede Laufschaufel-Nut-Kombination eine Fixiereinrichtung (50) aufweist, die eingerichtet ist, die Laufschaufel (40) in der Nut (32) sowohl in Dickenrichtung als auch in einer Radialrichtung (RR) der Radscheibe (30) gegen Bewegung zu fixieren,

wobei jede Fixiereinrichtung (50) eine zumindest in Dickenrichtung beidseitig geschlossene Ausnehmung (51) in einem Boden (32a) der Nut (32) zugewandten Unterseite (44) der Laufschaufel (40) und einen Riegel (52) aufweist, der im Boden (32a) der Nut (32) bewegbar

aufgenommen ist, so dass der Riegel (52) in Radialrichtung (RR) gesteuert verstellbar ist zwischen einer Entriegelungsposition, in der der Riegel (52) nicht in die Ausnehmung (51) der Laufschaufel (40) eingreift, und einer Verriegelungsposition, in der der Riegel (52) radial in die Ausnehmung (51) der Laufschaufel (40) eingreift, so dass er die Laufschaufel (40) mit einer vorbestimmten Kraft nach radial außen drückt, wobei jede Fixiereinrichtung (50) in der Radscheibe (30) eine in Radialrichtung (RR) verlaufende erste Passage (53) aufweist, die an einem ersten Längsende (53a) dieser in die Nut (32) mündet und in die der Riegel (52) eingepasst ist, wobei jede Fixiereinrichtung (50) eine Stellvorrichtung (60) aufweist, die an einem zweiten Längsende (53b) der ersten Passage (53) zum gesteuerten Verstellen des Riegels (52) angeordnet ist, und wobei die Stellvorrichtung (60) eingerichtet ist, so dass sie von einer in Dickenrichtung weisenden seitlichen Seite (30a) der Radscheibe (30) aus zum Verstellen des Riegels (52) ansteuerbar ist,

wobei die Stellvorrichtung (60) eine zweite Passage (61), die in Dickenrichtung der Radscheibe (30) verlaufend in dieser mit Innengewinde ausgebildet ist, so dass die erste Passage (53) mit ihrem zweiten Längsende (53b) in die zweite Passage (61) mündet und ein erstes Längsende (61a) der zweiten Passage (61) in der seitlichen Seite (30a) der Radscheibe (30) mündet, und ein Schraubenelement (62) aufweist, das von der seitlichen Seite (30a) der Radscheibe (30) aus in die zweite Passage (61) eingeschraubt ist und das mit einem radial innersten Ende (52b) des Riegels (52) in Wirkverbindung steht, so dass eine Verlagerung des Schraubenelements (62) in Dickenrichtung der Radscheibe (30) eine Verlagerung des Riegels (52) in Radialrichtung bewirkt.

dadurch gekennzeichnet, dass

ein zum Kontakt mit dem Riegel (52) vorgesehenes Längsende (62a) des Schraubenelements (62) mit einer ersten Kegelform ausgebildet ist, und wobei das radial innerste Ende (52b) des Riegels (52) mit einer zweiten Kegelform ausgebildet ist, so dass zwischen jeweiligen Mantelflächen der ersten und der zweiten Kegelform Linienberührung realisiert ist.

2. Laufrad (20) gemäß Anspruch 1, wobei die Ausnehmung (51) in Form einer allseitig von Material der Laufschaufel (40) umgrenzten Senke in der Unterseite (44) der Laufschaufel (40) gebildet ist, und wobei ein zum Eingriff in die Ausnehmung (51) vorgesehenes radial äußerstes Ende (52a) des Riegels (52) komplementär zu der Ausnehmung (51) ausgebildet ist.

3. Laufrad (20) gemäß Anspruch 2, wobei die Ausnehmung (51) als Negativ zur Außenkontur einer Kugelkalotte ausgebildet ist, und wobei das radial äußerste Ende (52a) des Riegels (52) eine der Außenkontur dieser Kugelkalotte entsprechende Form aufweist.

4. Laufrad 20 gemäß Anspruch 1, wobei die erste Kegelform einen Kegelwinkel (α) von etwa 20 Grad aufweist.

5. Rotor (10) für eine Turbomaschine 1, wobei der Rotor (10) wenigstens ein Laufrad (20) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 aufweist.

6. Turbomaschine (1) mit einem Rotor (10), der wenigstens ein Laufrad (20) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 aufweist.

Claims

1. A blade wheel (20) for a rotor (10) of a turbomachine (1), comprising a wheel disc (30), which is to be provided on a rotor shaft of the rotor (10) and which has a plurality of grooves (32), which are arranged distributed along an outer circumference (31) of the wheel disc (30) and which extend in each case in a thickness direction of the wheel disc (30) running axially to the rotor shaft, wherein on two groove sides of each groove (32) running parallel to the thickness direction located opposite one another a tooth profile (33) is formed in each case, a plurality of moving blades (40), of which each comprises a blade root (41) with two blade root sides facing away from one another running parallel to the thickness direction, on which in each case a tooth profile (43) is formed, wherein each moving blade (40) forming a moving blade-groove combination is inserted with its blade root (41) into one of the respective grooves (32) so that the tooth profiles (43) of the blade root sides are in engagement with the tooth profiles (33) of the groove sides, and wherein each moving blade-groove combination comprises a fixing device (50) which is equipped to fix the moving blade (40) in the groove (32) both in thickness direction and in a radial direction (RR) of the wheel disc (30) against movement, wherein each fixing device (50) comprises a recess (51) that is closed on both sides at least in thickness direction in an underside (44) of the moving blade (40) facing a bottom (32a) of the groove (32) and a bolt (52), which is moveably received in the bottom (32a) of the groove (32) so that the bolt (52) is adjustable in the radial direction (RR) in a controlled manner between an unlocking position in which the bolt (52) does not engage in the recess (51) of the

moving blade (40), and a locking position, in which the bolt (52) radially engages in the recess (51) of the moving blade (40) so that it pushes the moving blade (40) radially to the outside with a predetermined force,

wherein each fixing device (50) in the wheel disc (30) comprises a first passage (53) running in the radial direction (RR) which, at a first longitudinal end (53a) of the same, opens into the groove (32) and in which the bolt (52) is fitted,

wherein each fixing device (50) comprises an actuating device (60), which is arranged at a second longitudinal end (53b) of the first passage (53) for the controlled adjusting of the bolt (52), and wherein the actuating device (60) is equipped so that it is actuable for adjusting the bolt (52) from a side (30a) of the wheel disc (30) facing in the thickness direction,

wherein the actuating device (60) comprises a second passage (61), which is formed running in the thickness direction of the wheel disc (30) and formed with internal thread in the same, so that the first passage (53) with its second longitudinal end (53b) opens into the second passage (61) and a first longitudinal end (61a) of the second passage (61) opens into the lateral side (30a) of the wheel disc (30) and a screw element (62), which is screwed into the second passage (61) from the lateral side (30a) of the wheel disc (30) and which is operatively connected with a radially innermost end (52b) of the bolt (52) so that a shifting of the screw element (62) in thickness direction of the wheel disc (30) brings about a shifting of the bolt (52) in radial direction,

characterized in that

a longitudinal end (62a) of the screw element (62) provided for the contact with the bolt (52) is formed with a first cone shape and wherein the radially innermost end (52b) of the bolt (52) is formed with a second cone shape so that between respective lateral surfaces of the first and the second cone shape a line contact is realised.

2. The blade wheel (20) according to Claim 1, wherein the recess (51) is designed in the form of a depression in the underside (44) of the moving blade which is bounded by material of the moving blade (40) on all sides, and wherein a radially outermost end (52a) of the bolt (52) provided for the engagement in the recess (51) is formed complementarily to the recess (51).
3. The blade wheel (20) according to Claim 2, wherein the recess (51) is designed as a negative to the outer contour of a spherical cap, and wherein the radially outermost end (52a) of the bolt (52) has a shape that corresponds to the outer contour of this spherical cap.

4. The blade wheel (20) according to Claim 1, wherein the first cone shape has a cone angle (α) of approximately 20 degrees.

5. A rotor (10) for a turbomachine (1), wherein the rotor (10) comprises at least one blade wheel (20) according to any one of the Claims 1 to 4.

6. A turbomachine (1) with a rotor (10), comprising at least one blade wheel (20) according to any one of the Claims 1 to 4.

Revendications

1. Roue (20) pour un rotor (10) d'une turbomachine (1), présentant :

un disque de roue (30), qui est prévu sur un arbre de rotor du rotor (10) et possède une pluralité de rainures (32), qui sont réparties le long d'une circonférence extérieure (31) du disque de roue (30) et qui s'étendent respectivement dans une direction d'épaisseur du disque de roue s'étendant axialement à l'arbre de rotor, dans laquelle sur deux côtés de rainure opposés l'un à l'autre s'étendant parallèlement à la direction d'épaisseur de chaque rainure (32) respectivement un profil de dent (33) est réalisé, une pluralité de pales de roue (40), desquelles chacune présente un pied de pale (41) avec deux côtés de pied de pale s'étendant parallèlement à la direction d'épaisseur en s'éloignant l'un de l'autre, sur lesquelles respectivement un profil de dent (43) est réalisé, dans laquelle chaque pale de roue (40) est insérée en formant une combinaison pale de roue - rainure par son pied de pale (41) dans une des rainures (32) respectives, de sorte que le profil de dent (43) des côtés de pied de pale vienne en prise avec les profils de dent (33) des côtés de rainure, et

dans laquelle chaque combinaison pale de roue - rainure présente un dispositif de fixation (50), qui est conçu afin de fixer contre un mouvement la pale de roue (40) dans la rainure (32) tant dans la direction d'épaisseur que dans une direction radiale (RR) du disque de roue (30), dans laquelle chaque dispositif de fixation (50) présente un évidement (51) fermé des deux côtés au moins dans la direction d'épaisseur dans un côté inférieur (44) de la pale de roue (40) tourné vers la base (32a) de la rainure (32) et un loquet (52), qui est renfermé de manière mobile dans la base (32a) de la rainure (32), de sorte que le loquet (52) puisse être ajusté de manière commandée dans la direction radiale (RR) entre une position de déverrouillage, dans

laquelle le loquet (52) ne s'engage pas dans l'évidement (51) de la pale de roue (40), et une position de verrouillage, dans laquelle le loquet (52) s'engage dans l'évidement (51) de la pale de roue (40), de sorte qu'il presse la pale de roue (40) radialement vers l'extérieur avec une force prédéterminée, dans laquelle chaque dispositif de fixation (50) présente dans le disque de roue (30) un premier passage (53) s'étendant dans une direction radiale (RR), qui débouche dans la rainure (32) à une première extrémité longitudinale (53a) de celle-ci et qui est adapté au loquet (52), dans laquelle chaque dispositif de fixation (50) présente un dispositif de réglage (60), qui est disposé à une deuxième extrémité longitudinale (53b) du premier passage (53) à des fins de réglage commandé du loquet (52), et dans laquelle le dispositif de réglage (60) est conçu de telle sorte qu'il puisse être commandé à partir d'un côté latérale (30a) du disque de roue (30) tourné dans la direction d'épaisseur afin d'ajuster le loquet (52), dans laquelle le dispositif de réglage (60) présente un deuxième passage (61), qui est conçu de manière à s'étendre dans la direction d'épaisseur du disque de roue (30) dans celui-ci avec un filetage intérieur, de sorte que le premier passage (53) débouche par sa deuxième extrémité longitudinale (53b) dans la deuxième passage (61) et une première extrémité longitudinale (61a) du deuxième passage (61) dans le côté latéral (30a) du disque de roue (30), et un élément de vis (62), qui est vissé à partir du côté latéral (30a) du disque de roue (30) dans la deuxième passage (61) et qui est en liaison opérationnel avec une extrémité radiale la plus interne (52b) du loquet (52), de sorte qu'un déport de l'élément de vis (62) dans la direction d'épaisseur du disque de roue (30) provoque un déport du loquet (52),

caractérisée en ce que

une extrémité longitudinale (62a) de l'élément de vis (62) prévue pour le contact avec le loquet (52) est réalisée avec une première forme conique, et dans laquelle l'extrémité radiale la plus interne (52b) du loquet (52) est réalisée avec une deuxième forme conique, de sorte qu'entre des surfaces de gaine respectives de la première et la deuxième forme conique un contact linéaire est établi.

2. Roue (20) selon la revendication 1, dans laquelle l'évidement (51) est formé sous la forme d'une dépression délimitée de tous côtés par le matériau de la pale de roue (40) dans le côté inférieur (44) de la pale de roue (40), et dans laquelle une extrémité radiale la plus externe (52a) du loquet (52) prévue

afin de s'engager dans l'évidement (51) est réalisée de manière complémentaire à l'évidement (51).

3. Roue (20) selon la revendication 2, dans laquelle l'évidement (51) est réalisé comme un négatif du contour externe d'une calotte sphérique, et dans laquelle l'extrémité radiale la plus externe (52a) du loquet (52) présente une forme correspondant au contour externe de cette calotte sphérique.
4. Roue (20) selon la revendication 1, dans laquelle la première forme conique présente un angle de conicité (a) d'approximativement 20 degrés.
5. Rotor (10) pour une turbomachine 1, dans laquelle le rotor (10) présente au moins une roue (20) selon une des revendications 1 à 4.
6. Turbomachine (1) comportant un rotor (10), qui présente au moins une roue (20) selon une des revendications 1 à 4.

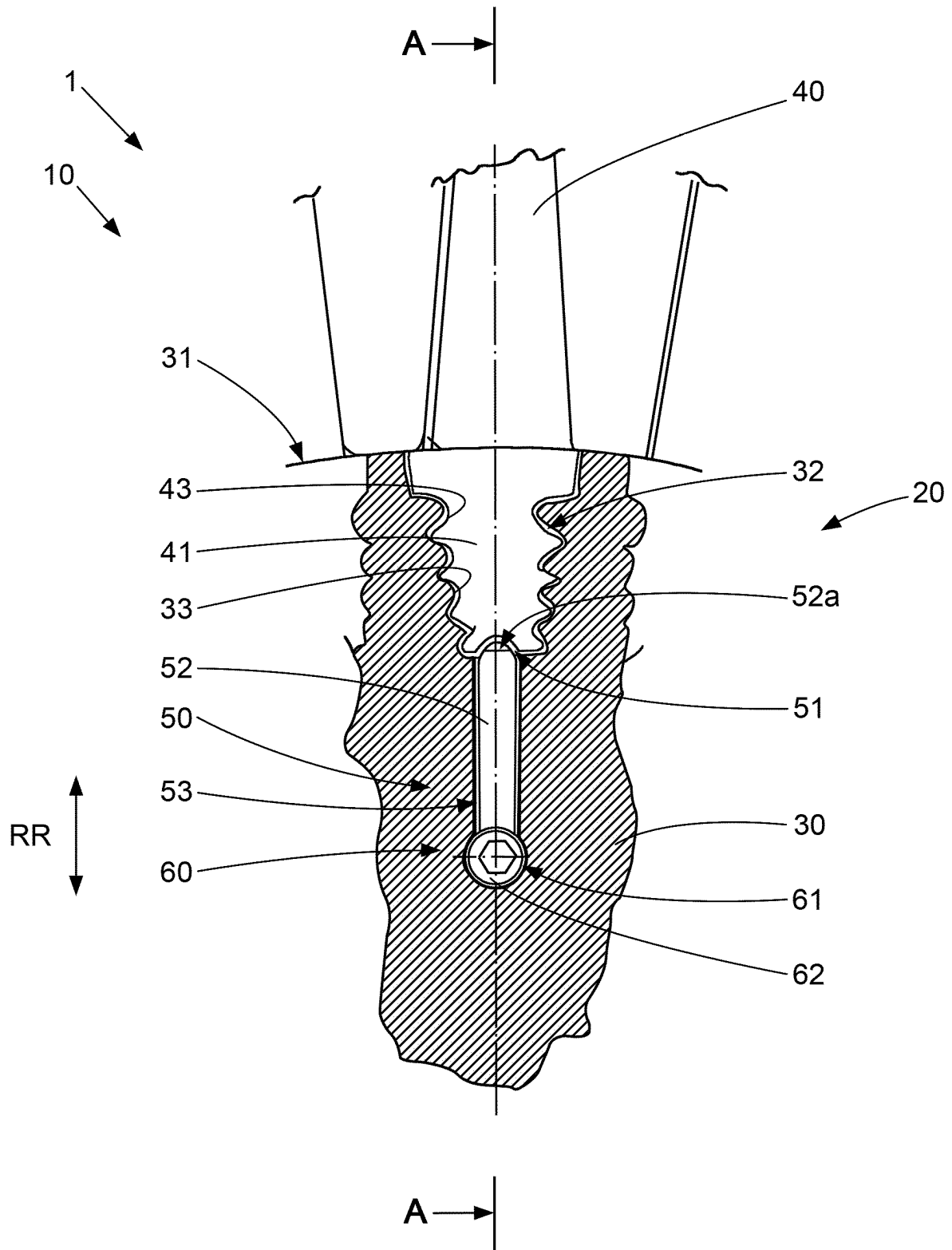


Fig. 1

A-A

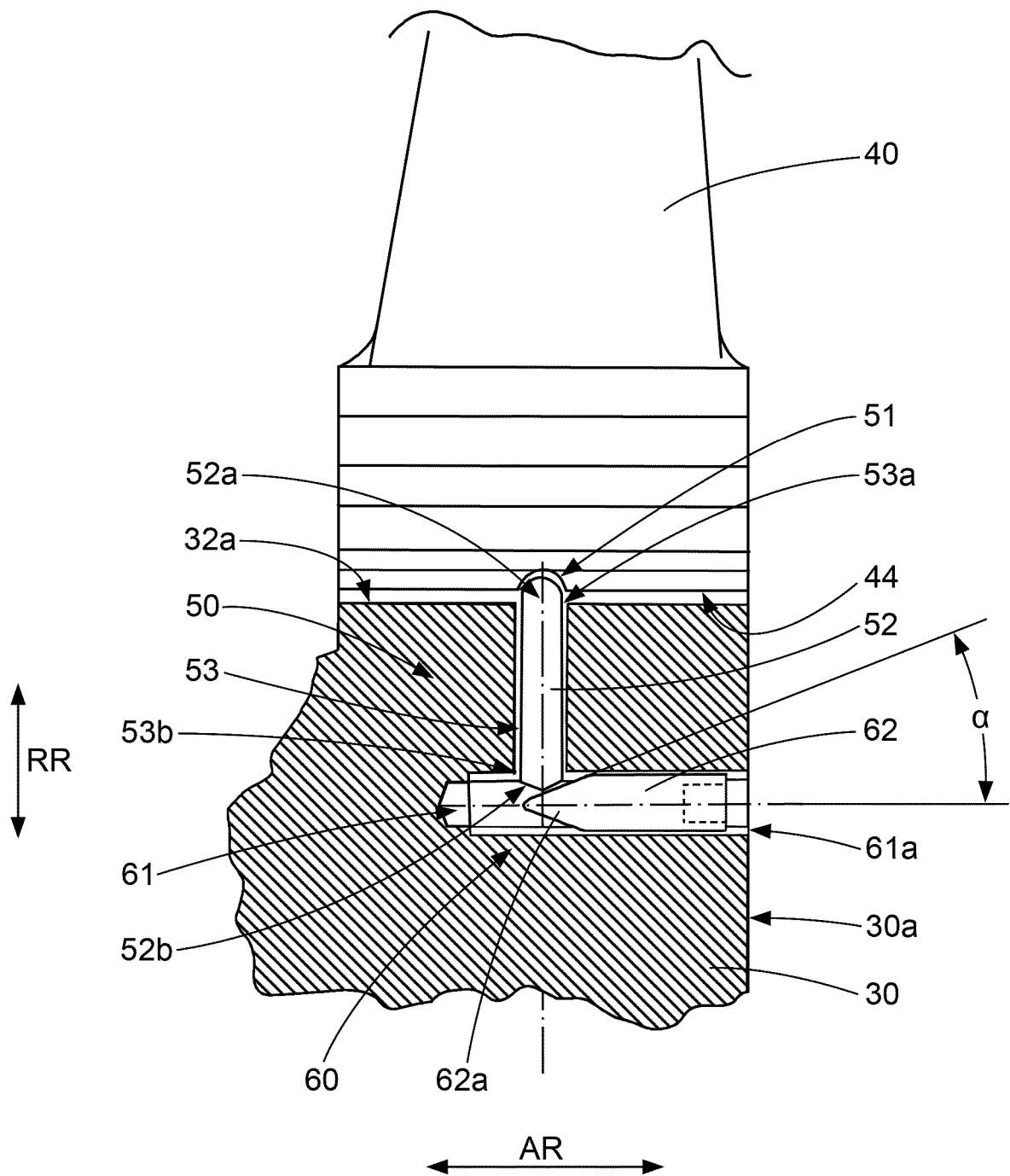


Fig. 2

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

- DE 19603388 C1 [0002]
- US 2846183 A [0003]