



(11) **EP 2 242 909 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
13.03.2013 Patentblatt 2013/11

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

(21) Anmeldenummer: **09709892.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2009/050781

(22) Anmeldetag: **23.01.2009**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/100975 (20.08.2009 Gazette 2009/34)

(54) **TURBOMASCHINENROTOR, LAUFSCHAUFEL FÜR EINEN SOLCHEN TURBOMASCHINENROTOR SOWIE ENTSPRECHENDES MONTAGEVERFAHREN**

TURBOMACHINE ROTOR, ROTOR BLADE FOR SUCH A TURBOMACHINE ROTOR AND CORRESPONDING ASSEMBLING METHOD

ROTOR DE TURBOMACHINE, AUBE ROTORIQUE POUR UN TEL ROTOR DE TURBOMACHINE ET PROCÉDÉ D'ASSEMBLAGE ASSOCIÉ

(84) Benannte Vertragsstaaten:
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 SE SI SK TR

(30) Priorität: **14.02.2008 EP 08002768**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.10.2010 Patentblatt 2010/43

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft 80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **BENKLER, Francois 40880 Ratingen (DE)**

- **BETTENTRUP, Jörn 46282 Dorsten (DE)**
- **DEISTER, Frank 47877 Willich (DE)**
- **KÜPERKOCH, Rudolf 45219 Essen (DE)**
- **SAVILIUS, Nicolas 45359 Essen (DE)**
- **SCHNEIDER, Oliver 46487 Wesel (DE)**
- **WISTUBA, Dirk 45475 Mülheim an der Ruhr (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
DE-B- 1 156 419 GB-A- 2 026 101
US-A- 5 123 813

EP 2 242 909 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 einen Turbomaschinenrotor mit einer Vorspanneinrichtung zum Vorspannen einer Laufschaufel, die Laufschaufel mit der Vorspanneinrichtung und ein Verfahren zum Zusammenbauen des Turbomaschinenrotors.

[0002] Eine Gasturbine ist eine thermische Turbomaschine, in der herkömmlich fossile Brennstoffe, wie beispielsweise Erdgas, verbrannt werden. Die Gasturbine kann beispielsweise in einem Gas- und Dampfkraftwerk eingesetzt sein, das zur Abdeckung von Spitzenlasten in einem Stromnetz vorgesehen ist. Dadurch wird die Gasturbine im instationären Betrieb gefahren, wodurch die einzelnen Komponenten und Bauteile der Gasturbine instationären Belastungen ausgesetzt sind. Auf Grund der hohen Leistungsdichte der Gasturbine sind hohe Anforderungen bezüglich der Festigkeit von hochbelasteten Bauteilen zu erfüllen, um eine hohe Lebensdauer dieser Bauteile und lange Wartungszyklen sowie einen geringen Ersatzteilbedarf zu gewährleisten.

[0003] Die Gasturbine weist einen Verdichter mit einem Verdichterrotor und eine Turbine mit einem Turbinenrotor auf, wobei der Verdichterrotor und der Turbinenrotor über eine Welle drehstarr miteinander gekuppelt sind. Herkömmlich sind der Verdichterrotor und/oder der Turbinenrotor in Axialbauweise ausgeführt, d.h., auf der Welle ist eine Mehrzahl von Radscheiben hintereinander aufgefädelt. An den Außenumfängen der Radscheiben ist jeweils eine Laufschaufelreihe befestigt. Jede Laufschaufelreihe weist eine Vielzahl von Laufschaufeln auf, die jeweils ein aerodynamisch wirksames Schaufelblatt und einen Schaufelfuß aufweisen. Der Schaufelfuß ist in eine am Außenumfang der Radscheibe befindliche Nut eingesetzt, so dass die Laufschaufel an dem Schaufelfuß insbesondere in Radialrichtung des Gasturbinenrotors formschlüssig gehalten ist.

[0004] Zum formschlüssigen Halten der Laufschaufel weisen der Schaufelfuß und die Nut miteinander korrespondierende Schwalbenschwanzprofile oder Tannenbaumprofile auf. Diese Profile sind in Axialrichtung des Gasturbinenrotors verlaufend angeordnet, so dass zur Montage der Laufschaufel diese mit ihrem Schaufelfuß in Axialrichtung des Gasturbinenrotors in die Nut eingeschoben wird. Zwischen dem Schaufelfuß und dem Profil der Nut ist ein Spiel vorgesehen, damit der Schaufelfuß verschleißfrei in die Nut einschiebbar ist. Hervorgerufen durch das Spiel können die Laufschaufeln im Betrieb der Gasturbine sich bewegen, was zu einem charakteristischen Klappern der Laufschaufel führt. Dies trifft insbesondere für eine große und schwere Laufschaufel zu, wie sie insbesondere in den ersten Laufschaufelreihen des Verdichters der Gasturbine mit einer hohen Leistung vorgesehen ist.

[0005] Herkömmlich ist die Laufschaufel mit Vorspannung in der Nut montiert, um das Klappern zu vermeiden. Jedoch kann insbesondere bei der großen und schweren Laufschaufel auf Grund der Vorspannung die Montage

erschwert sein.

[0006] Ferner verursacht die Vorspannung in der Radscheibe und dem Schaufelfuß eine mechanische Beanspruchung, die herkömmlich durch eine stabile und massive Ausführung der Radscheibe und des Schaufelfußes kompensiert ist. In der Nut kann ein Axialsicherungsblech vorgesehen sein, mit dem die Laufschaufel gegen eine axiale Verschiebung gesichert und zusätzlich vorgespannt ist. Jedoch kann für die große und schwere Laufschaufel das Axialsicherungsblech als zu schwach ausbildbar sein.

[0007] Ein derartiges Axialsicherungsblech ist aus der US 2,786,648 und der US 4,102,602 bekannt. Die geschlitzten Enden des Bleches ragen dabei über die Enden der Nut hinaus. An jedem Ende sind die durch die Schlitze entstandenen Zähne jeweils wechselseitig nach außen und innen umgebogen, um eine axiale Verschiebung der Laufschaufel entlang der Nut zu vermeiden. Zudem ist das Blech mittig gewölbt, um die Laufschaufel vorgespannt in der Nut zu halten.

[0008] Des Weiteren ist aus der US 5,123,813 bekannt, anstelle des vorgenannten Bleches eine dübelartige Konstruktion mit einer Schraube zwischen dem Nutgrund der Haltenut und der Unterseite des Schaufelfußes zur Erzeugung der Vorspannung vorzusehen. Eine weitere Variante zeigt die Patentschrift DE 834 408, bei der die Vorspanneinrichtung für Laufschaufeln einer Turbine mittels eines verschraubbaren Doppelkeils erzeugt wird, welcher zwischen Nutgrund und Schaufelfuß vorgesehen ist.

[0009] Aus der DE 11 56 419 ist eine Befestigung der Schlusschaufel eines Schaufelkranzes bekannt, dessen Schaufeln in eine Umfangsnut mit hinterschnittenen Flanken durch eine Einfüllöffnung eingesetzt sind. Zur Befestigung der Schlusschaufel sind mehrere radiale Madenschrauben vorgesehen, die jeweils in ein Gewinde eingeschraubt werden, welches jeweils hälftig einerseits an einer Stirnseite des Schaufelfußes der Schlusschaufel angeordnet ist und andererseits in der Flanke der Einfüllöffnung. Gemäß einer alternativen Ausgestaltung ist es möglich Passstifte zu verwenden, die in hälftig vorhandene Bohrungen eingesetzt werden, die in den Stirnseiten der Schlusschaufel und den Stirnseiten derjenigen Laufschaufeln vorhanden sind, die an die Schlusschaufel angrenzt.

[0010] Zu dem ist aus der GB 2 026 101 ein Befestigungsblech für eine axial in einer Haltenut eingeschobene Laufschaufel bekannt.

[0011] Aufgabe der Erfindung ist es, einen Turbomaschinenrotor, eine Laufschaufel und ein Verfahren zum Zusammenbauen des Turbomaschinenmotors zu schaffen, wobei der Turbomaschinenrotor ohne Klappern der Laufschaufeln bei hoher Festigkeit und Effizienz betreibbar ist.

[0012] Der Turbomaschinenrotor weist entlang des Umfangs gleichmäßig verteilte Nuten, in denen jeweils eine Laufschaufel mit einem Schaufelfuß eingesetzt ist, so dass die Laufschaufel mit der Nut formschlüssig in

Radialrichtung gehalten ist, und eine Vorspanneinrichtung auf, die sowohl an einem Nutgrund der Nut als auch an dem Schaufelfuß abgestützt ist und auf den Schaufelfuß eine Vorspannkraft in Radialrichtung ausübt, wobei die Vorspanneinrichtung derartig eingerichtet ist, dass die Vorspannkraft im Zusammenbauzustand des Turbomaschinenrotors einstellbar ist.

[0013] Dadurch ist es ermöglicht, dass beim Zusammenbauen des Turbomaschinenmotors, d.h. beim axialen Einschieben des Schaufelfußes in die Nut, die Vorspannkraft als gering vorgesehen ist und im Zusammenbauzustand des Turbinenmaschinenrotors die Vorspannkraft vorbestimmt hoch eingestellt wird. Somit ist vorteilhaft beim Einschieben des Schaufelfußes in die Nut die Vorspannkraft gering, so dass ein Verschleiß am Schaufelfuß und in der Nut auf Grund der Montage der Laufschaufel unterbunden ist.

[0014] Ferner ist vorteilhaft der Kraftaufwand beim Einschieben des Schaufelfußes in die Nut gering, so dass bei der Montage der Laufschaufel nur geringe Spannungsspitzen in dem Schaufelfuß und in der Radscheibe auftreten. Dadurch brauchen diese Spannungsspitzen bei der Festigkeitsauslegung des Schaufelfußes und des Turbomaschinenrotors so gut wie nicht berücksichtigt zu werden und die Montage der Laufschaufel in den Turbomaschinenrotor ist einfach.

[0015] Die Vorspanneinrichtung weist zudem mindestens eine Stellschraube auf, mit der durch Aufbringen eines vorbestimmten Anzugsmoments die Vorspannkraft im Zusammenbauzustand des Turbomaschinenrotors einstellbar ist.

[0016] Mittels der Stellschraube ist das Einstellen der vorbestimmten Vorspannkraft über die Vorgabe eines Anzugsmoments der Stellschraube ermöglicht. Dadurch ist die Vorspannkraft über das Anzugsmoment auf die Laufschaufel aufbringbar. Bevorzugt ist die Stellschraube mit einem Feingewinde versehen, so dass eine genaue Kraftübertragung der Stellschraube von dem Anzugsmoment auf die Vorspannkraft ermöglicht ist.

[0017] Ferner ist durch das Vorsehen der Stellschraube eine Demontage der Laufschaufel durch Lösen der Stellschraube ermöglicht, so dass die Demontage der Laufschaufel einfach ist. Somit ist eine materialschonende und schnelle Remontage der Laufschaufel ermöglicht.

[0018] Außerdem ist in dem Schaufelfuß mindestens ein Gewindeloch vorgesehen, das an der Schaufelfußunterseite dem Nutgrund der Nut zugewandt in diese mündet, wobei mindestens eine Stellschraube in das mindestens ein Gewindeloch so eingeschraubt ist, dass sie an dem Schaufelfuß mit ihrem Schraubenende vorsteht und indirekt an dem Nutgrund abgestützt ist.

[0019] Dadurch durchdringt die Stellschraube durch das Gewindeloch den Schaufelfuß und ist darin festgelegt, so dass durch die Abstützung des Schraubenendes indirekt an dem Nutgrund auf dem Schaufelfuß in Radialrichtung die Vorspannkraft aufgebracht wird.

[0020] Bevorzugtermaßen sind die entlang des Um-

fangs verteilten Nuten in einer Radscheibe des Turbomaschinenrotors angeordnet. Hierdurch kann ein modularer Turbomaschinenrotor angegeben werden.

[0021] Bevorzugt weist die Vorspanneinrichtung eine Abstützplatte auf, die auf dem Nutgrund mindestens im Bereich der einen Stellschraube angeordnet ist, so dass die Stellschraube und die Abstützplatte in Berührkontakt stehen.

[0022] Die Abstützplatte liegt direkt auf dem Nutgrund in der Nut auf, so dass keine zusätzliche Nut im Nutgrund für die Abstützplatte vorgesehen zu werden braucht.

[0023] Ferner ist der Nutgrund im Bereich der Stellschraube von der Abstützplatte abgedeckt, so dass der Nutgrund nur im indirekten Kontakt via der Abstützplatte mit dem Schraubenende der Stellschraube steht. Somit ist es unterbunden, dass das Schraubenende der Stellschraube, insbesondere beim Drehen der Stellschraube, den Nutgrund beschädigt.

[0024] Ferner ist es bevorzugt, dass das mindestens ein Gewindeloch mit seinem der Schaufelfußunterseite abgewandten Ende an einer der Stirnseiten des Schaufelfußes nach außen mündet, so dass das Gewindeloch um einen spitzen Winkel von der Längsachse des Turbomaschinenrotors weg geneigt ist.

[0025] Dadurch ist das Gewindeloch an der Stirnseite des Schaufelfußes zugänglich, so dass von dort die Stellschraube nach der Montage der Laufschaufel auf die Radscheibe eingestellt werden kann. Ferner, da das Gewindeloch von der Stirnseite des Schaufelfußes her zu dem Schaufelfußboden hin sich erstreckt, durchdringt das Gewindeloch den Schaufelfuß in einem mechanisch wenig belasteten Bereich. Dadurch ist durch das Vorsehen des Gewindelochs in dem Schaufelfuß dieser in seiner Festigkeit wenig beeinträchtigt.

[0026] Auf Grund der Neigung der Stellschraube um den spitzen Winkel weist die von der Stellschraube aufgebraachte Vorspannkraft eine axiale und eine radiale Komponente auf. Dies ist vorteilhaft, da dadurch sowohl die radiale Vorspannkraft als auch eine axiale Kraft zum Arretieren der Laufschaufel in der Radscheibe aufgebracht wird. Dadurch ist sowohl eine radiale als auch eine axiale Befestigung der Laufschaufel gewährleistet. Über den Grad der Neigung der Stellschraube kann die Aufteilung der durch die Stellschraube übertragenen Kraft auf die axiale und radiale Befestigung aufgeteilt werden.

[0027] Es ist bevorzugt, dass die Abstützplatte mindestens eine Kröpfung mit einer flächigen Flanke aufweist, die derart geformt ist, dass das Schraubenende der Stellschraube stirnseitig an der flächigen Flanke anliegt. Bevorzugt ist ebenfalls die Stirnseite des Schraubenendes der Stellschraube flächig ausgebildet, so dass beim flächigen Anliegen des Schraubenendes an der Flanke die Flächenpressung gering ist. Dadurch ist eine extreme mechanische Belastung der Abstützplatte von der Stellschraube unterbunden, wodurch eine unerwünschte Verwerfung der Abstützplatte auf Grund der Einwirkung der Stellschraube nicht auftritt, so dass ein Verkleben der Stellschraube unterbunden ist.

[0028] Bevorzugt ist, dass der Schaufelfuß ein erstes Gewindeloch mit einer ersten Stellschraube und ein zweites Gewindeloch mit einer zweiten Stellschraube aufweist, wobei das erste Gewindeloch an der einen Stirnseite und das zweite Gewindeloch an der anderen Stirnseite des Schaufelfußes nach außen mündet, so dass das erste Gewindeloch um einen ersten spitzen Winkel und das zweite Gewindeloch um einen zweiten spitzen Winkel von der Längsachse des Turbomaschinenrotors weggeneigt ist.

[0029] Dadurch sind die beiden Stellschrauben zueinander entgegengesetzt geneigt angeordnet, so dass die auf die Abstützplatte aufgebrachten axialen Kraftkomponenten einander entgegenwirken. Dadurch kann vorteilhaft eine stabile Befestigung des Schaufelfußes in der Nut erzielt werden, wobei auf den Schaufelfuß eine geringe bis gar keine resultierende axiale Kraft wirkt.

[0030] Außerdem ist es bevorzugt, dass die Abstützplatte die erste Kröpfung mit der ersten Flanke, an der das Schraubenende der ersten Stellschraube anliegt, und die zweite Kröpfung mit der zweiten Flanke aufweist, an der das Schraubenende der zweiten Schraube anliegt.

[0031] Somit ist die Laufschaufel an ihrem Schaufelfuß via den Stellschrauben an den Flanken der Kröpfungen der Abstützplatte in Axialrichtung formschlüssig arretiert.

[0032] Bevorzugt ist, dass der erste Winkel und der zweite Winkel denselben Betrag haben.

[0033] Dadurch ist die Vorspanneinrichtung in der Ebene senkrecht zur Axialrichtung des Turbomaschinenrotors symmetrisch ausgebildet, so dass die Verteilung der Vorspannkräfte in der Vorspanneinrichtung symmetrisch ist. Somit sind die Vorspanneinrichtung, der Schaufelfuß und die Radscheibe ausgeglichen beansprucht.

[0034] Ferner ist es bevorzugt, dass die Abstützplatte zwischen den beiden Kröpfungen einen Rückenabschnitt aufweist, der mit seiner konvexen Seite dem Schaufelfuß zugewandt ist.

[0035] Bevorzugt ist die Abstützplatte aus einem elastischen Material hergestellt. Hervorgerufen durch die Vorspannkräfte, die von den Stellschrauben auf die Flanken der Kröpfungen ausgeübt werden, werden diese in Richtung zum Nutgrund gedrückt. Dadurch wird der Rückenabschnitt gekrümmt, so dass der Rückenabschnitt mit seiner konvexen Seite auf die Schaufelfußunterseite drückt. Dadurch werden die Vorspannkräfte, die die Stellschrauben auf die Abstützplatte ausüben, auf den Schaufelfuß übertragen. Somit ist die Vorspannung der Laufschaufel erhöht.

[0036] Außerdem ist es bevorzugt, dass der Rückenabschnitt vor seiner Montage vorgekrümmt ist, so dass der Rückenabschnitt im Zusammenbauzustand des Turbomaschinenmotors auf die Schaufelfußunterseite drückt.

[0037] Dadurch hat die Abstützplatte eine Federwirkung in Richtung zu der Schaufelfußunterseite, wodurch eine Vorspannreserve für den Fall des Setzens, d.h., wenn sich im Betrieb der Abstand zwischen der Schau-

felfußunterseite und dem Nutgrund vergrößert, geschaffen ist. Ferner ermöglicht die Vorkrümmung des Rückenabschnitts im Zusammenbauzustand einen guten Kraftschluss über den mit den Stellschrauben ausgebildeten Flächenkontakt. Über die Steifigkeit und die Dicke der Abstützplatte kann die Vorspannreserve vordefiniert werden. Durch Verstellen der Stellschrauben kann die Vorspannreserve im Zusammenbauzustand noch variiert werden.

[0038] Bevorzugt ist, dass die Abstützplatte an der ersten Kröpfung einen von dem Rückenabschnitt sich weg erstreckenden ersten Schenkelabschnitt und an der zweiten Kröpfung einen von dem Rückenabschnitt sich weg erstreckenden zweiten Schenkelabschnitt aufweist.

[0039] Dadurch ist erreicht, dass die Abstützplatte flächig und so mit geringer Flächenpressung auf dem Nutgrund abgestützt ist.

[0040] Bevorzugt weist der erste Schenkelabschnitt einen ersten Überstand und der zweite Schenkelabschnitt einen zweiten Überstand auf, wobei die Überstände aus der Nut über die Randscheibe hinaus ragen.

[0041] Dadurch ist die Abstützplatte im Zusammenbauzustand von außen mit den Überständen greifbar, so dass eine Demontage und Remontage der Laufschaufel einfach durchführbar ist.

[0042] Ferner ist es bevorzugt, dass die Überstände abgewinkelt zu den Schenkelabschnitten angeordnet sind, so dass der Turbomaschinenrotor oder die Radscheibe mit der Abstützplatte in Eingriff steht und dadurch in Axialrichtung des Turbomaschinenrotors festgehalten ist.

[0043] Dadurch ist die Abstützplatte an der Radscheibe in Axialrichtung befestigt, insbesondere auch dann, wenn beim Zusammenbauen des Turbomaschinenrotors die Laufschaufel noch nicht in die Nut der Radscheibe eingesetzt ist. Somit muss beim Zusammenbauen des Turbomaschinenrotors die in die Nut auf den Nutgrund gelegte Abstützplatte von außen nicht festgehalten werden, wenn in die Nut der Laufschaufelfuß eingeschoben wird. Bevorzugt kann der Überstand umgebogen oder überschlagen werden.

[0044] Bevorzugt ist es, dass die mindestens eine Stellschraube mit einem Sicherungsmittel gegen unbeabsichtigtes Verdrehen gesichert ist.

[0045] Dadurch ist unterbunden, dass die Stellschraube sich im Betrieb des Turbomaschinenrotors versehentlich löst. Das Sicherungsmittel kann bevorzugt ein Klebstoff sein. Alternativ oder zusätzlich hierzu kann die Stellschraube mit einem Körnerschlag in der Laufschaufel verstemmt werden.

[0046] Die geometrische Dimensionierung der Abstützplatte, der Stellschrauben und des Anzugsmoments ist auf die Masse der Laufschaufel anzupassen.

[0047] Die erfindungsgemäße Laufschaufel, welche zur Montage in eine am Außenumfang eines Turbomaschinenrotors befindliche, sich in Axialrichtung erstreckende Nut vorgesehen ist, weist einen Schaufelfuß mit zwei einander gegenüberliegenden und senkrecht zur

Längsachse des Schaufelfußes angeordneten Stirnseiten und einer sich zwischen den beiden Stirnseiten erstreckenden Schaufelfußunterseite auf, wobei der Schaufelfuß ein erstes Gewindeloch und ein zweites Gewindeloch aufweist, wobei die beiden Gewindelöcher einerseits an der Schaufelfußunterseite nach außen münden, sowie andererseits das erste Gewindeloch an der einen Stirnseite und das zweite Gewindeloch an der anderen Stirnseite des Schaufelfußes nach außen münden, so dass das erste Gewindeloch um einen ersten spitzen Winkel und das zweite Gewindeloch um einen zweiten spitzen Winkel von der Längsachse des Turbomaschinenrotors weggeneigt ist.

[0048] Die Abstützplatte zum Vorspannen einer Laufschaufel eines Turbomaschinenrotors hat eine Längsrichtung und weist entlang dieser angeordnet zwei gegensinnige Kröpfungen mit jeweils einer ebenflächigen Flanke auf, zwischen denen die Abstützplatte einen Rückenabschnitt aufweist.

[0049] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Zusammenbauen eines Turbomaschinenrotors weist auf die Schritte: Bereitstellen des Turbomaschinenrotors mit entlang des Umfangs verteilten Nuten, welche sich wesentlich in Axialrichtung des Turbomaschinenrotors erstrecken und mit jeweils darin angeordneten Laufschaufeln und mit einer Abstützplatte; Einschieben der Laufschaufel in die Nut, so dass der Schaufelfuß in die Nut eingreift und so die Laufschaufel in der Nut formschlüssig in Radialrichtung gehalten ist; Einschieben der Abstützplatte in die Nut zwischen der Schaufelfußunterseite und dem Nutgrund; Einschrauben von der ersten Stellschraube in das erste Gewindeloch und der zweiten Stellschraube in das zweite Gewindeloch, bis die Stellschrauben ihre korrespondierenden Kröpfungen berühren; Anziehen der beiden Stellschrauben mit einem vorbestimmten Anzugsmoment, um die Laufschaufel in Radialrichtung mit einer vorbestimmten Vorspannkraft in der Nut vorzuspannen.

[0050] Im Folgenden wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Turbomaschinenrotors und einer Abstützplatte anhand der beigefügten schematischen Zeichnungen erläutert.

[0051] Es zeigt:

Figur 1 einen Querschnitt durch den Turbomaschinenrotor im Bereich eines Schaufelfußes,

Figur 2 einen Längsschnitt des Turbomaschinenrotors im Bereich des Schaufelfußes,

Figur 3 eine Abstützplatte im Nichteinbauszustand,

Figur 4 die Abstützplatte im Einbauszustand.

[0052] Wie es aus den Figuren 1 und 2 ersichtlich ist, weist ein Turbinenmaschinenrotor 1 eine Mehrzahl von Laufschaufeln 2 und eine Radscheibe 16 auf. Die Laufschaufeln 2 sind an dem Umfang der Radscheibe 16 be-

festigt, so dass eine Rotorstufe des Turbomaschinenrotors 1 gebildet ist.

[0053] Die Laufschaufel 2 ist einstückig hergestellt und weist ein Schaufelblatt 3 und einen Schaufelfuß 4 auf. Das Schaufelblatt 3 ist aerodynamisch wirksam, beispielsweise in einem Verdichter oder einer Turbine einer Turbomaschine. Der Schaufelfuß 4 dient zur Befestigung des Schaufelblatts 3 an der Radscheibe 16.

[0054] Der Schaufelfuß 4 weist in einer Ebene, die zur Drehachse des Turbomaschinenrotors senkrecht steht, einen tannenbaumprofilförmigen Querschnitt und in einer Ebene, in der die Drehachse des Turbomaschinenrotors liegt, einen rechteckigen Querschnitt auf. Der rechteckige Querschnitt des Schaufelfußes 4 ist gebildet von einer Längsseite, an die das Schaufelblatt 3 angrenzt, zwei einander sich abgewandten Stirnseiten, die jeweils senkrecht zur Drehachse des Turbomaschinenrotors 1 stehen, und einer Schaufelfußunterseite 15, die im wesentlichen parallel zur Drehachse des Turbomaschinenrotors 1 und dem Schaufelblatt 3 abgewendet angeordnet ist. In den Eckbereichen des Schaufelfußes 4, die im Bereich der von den Stirnseiten und der Schaufelfußunterseite 15 gebildeten Kanten liegen, weist der Schaufelfuß 4 mechanisch wenig belastete Bereiche 5 und 6 auf.

[0055] Der erste mechanisch wenig belastete Bereich 5 des Schaufelfußes 4 ist von einem ersten Gewindeloch 7 und der zweite mechanisch wenig belastete Bereich 6 des Schaufelfußes 4 ist von einem zweiten Gewindeloch 8 durchdrungen, wobei die beiden Gewindelöcher 7, 8 an der Schaufelfußunterseite 15 nach außen münden und das erste Gewindeloch 7 an der einen Stirnseite des Schaufelfußes 4 und das zweite Gewindeloch 8 an der anderen Stirnseite des Schaufelfußes 4 nach außen münden. In das erste Gewindeloch 7 ist eine erste Stellschraube 9 und in das zweite Gewindeloch 8 ist eine zweite Stellschraube 10 eingeschraubt. Die erste Stellschraube 9 weist ein erstes Schraubenende 11 und die zweite Stellschraube 10 weist ein zweites Schraubenende 12 auf, wobei die Schraubenenden 11, 12 jeweils an der Schaufelfußunterseite 15 außerhalb des Schaufelfußes 4 angesiedelt sind.

[0056] Die beiden Gewindelöcher 7, 8 sowie die beiden Stellschrauben 9, 10 sind gegeneinander verschwenkt angeordnet, so dass das erste Gewindeloch 7 mit der Drehachse des Turbomaschinenrotors 1 einen ersten Winkel 13 und das zweite Gewindeloch 8 mit der Drehachse des Turbomaschinenrotors 1 einen zweiten Winkel 14 einschließt. Die beiden Gewindelöcher 7, 8 sind zueinander derart angeordnet, dass die beiden Schraubenenden 11, 12 der beiden Stellschrauben 9, 10 einander zugewandt angeordnet sind. Jeweils der erste Winkel 13 und der zweite Winkel 14 sind spitze Winkel und im Betrag gleich groß.

[0057] Die Radscheibe 16 weist eine Nut 17 mit einem Nutgrund 18 auf, die mit dem Schaufelfuß 4 in Eingriff steht. Die Form der Nut 17 ist derart ausgebildet, dass sie die Längsseiten des Schaufelfußes 4 und die Schau-

felfußunterseite 15 formschlüssig umschließt, so dass die Laufschaufel 2 mittels des Tannenbaumprofils des Schaufelfußes 4 in der Nut 17 in Radialrichtung und in Umfangsrichtung des Turbomaschinenrotors 1 formschlüssig gehalten ist. Die Nut 17 und der Schaufelfuß 4 sind derart ausgebildet, dass bei der Montage des Turbomaschinenrotors 1 die Laufschaufel 2 mit ihrem Schaufelfuß 4 im Wesentlichen in Axialrichtung des Turbomaschinenrotors 1 einschiebbar ist. Beim zusammengebauten Turbomaschinenrotor 1 schließen die Stirnseiten des Schaufelfußes 4 im Wesentlichen plan mit den Stirnseiten der Radscheibe 16 ab.

[0058] Die Nut 17 ist derart dimensioniert, dass zwischen dem Nutgrund 18 und der Schaufelfußunterseite 15 ein Spalt ausgebildet ist. In den Spalt ist eine Abstützplatte 19 eingesetzt, die in ihrer Mitte einen Rückenabschnitt 20 aufweist, der von einer ersten Kröpfung 21 und einer zweiten Kröpfung 22 gebildet ist. An die erste Kröpfung 21 schließt sich ein erster Schenkelabschnitt 25 und an die zweite Kröpfung 22 schließt sich ein zweiter Schenkelabschnitt 26 an, wobei die Schenkelabschnitte 25, 26 an dem Nutgrund 18 anliegen und der Rückenabschnitt 20 an der Schaufelfußunterseite 15 anliegt. Der Rückenabschnitt 20 und die Schenkelabschnitte 25, 26 sind miteinander fluchtend angeordnet.

[0059] Die erste Kröpfung 21 weist eine erste Flanke 23 und die zweite Kröpfung 22 weist eine zweite Flanke 24 auf, wobei das erste Schraubenende 11 an der ersten Kröpfung 21 und das zweite Schraubenende 12 an der zweiten Kröpfung 24 anliegt. Sowohl das erste Schraubenende 11 als auch die erste Flanke 23 sowie das zweite Schraubenende 12 als auch die zweite Flanke 24 sind ebenflächig ausgebildet, so dass der Kontakt zwischen den Stellschrauben 10, 11 und der Abstützplatte 19 über eine Kontaktfläche hergestellt ist.

[0060] Die beiden Stellschrauben 9, 10 sind derart in ihren Gewindelöchern 7, 8 eingeschraubt und mit einem vorbestimmten Anzugsmoment angezogen, so dass von den Stellschrauben 9, 10 auf die Flanken 23, 24 und somit auf die Abstützplatte 19 jeweils eine vorbestimmte Kraft ausgeübt wird. Die Kraft hat eine Radialkomponente und eine Axialkomponente, wobei, wenn die beiden Stellschrauben 9, 10 mit demselben Anzugsmoment angezogen sind, die Axialkomponenten einander aufheben. Die Radialkomponenten bilden eine vorbestimmte Vorspannkraft, mit der der Schaufelfuß 4 in der Nut 17 vorbestimmt vorgespannt wird.

[0061] An dem ersten Schenkelabschnitt 25 ist ein erster Überstand 27 und an dem zweiten Schenkelabschnitt 26 ist ein zweiter Überstand 28 vorgesehen, wobei sich die Überstände 27, 28 aus der Nut 17 heraus über die Radscheibe 16 hinweg erstrecken. Die beiden Überstände 27, 28 sind in Richtung zur Mitte des Turbomaschinenrotors 1 zu den Schenkelabschnitten 25, 26 abgewinkelt angeordnet, so dass mit den Überständen 27, 28 die Abstützplatte 19 auf dem Nutgrund 18 liegend in Axialrichtung des Turbomaschinenrotors 1 fixiert angeordnet ist.

[0062] In Figuren 3 und 4 ist die Abstützplatte 19 gezeigt, wobei der erste Überstand 27 als Verlängerung des ersten Schenkelabschnitts 25 und der zweite Überstand 28 als Verlängerung des zweiten Schenkelabschnitts 26 angeordnet sind.

[0063] In Figur 3 ist die Abstützplatte 19 im unmontierten Zustand und in Figur 4 im montierten Zustand gezeigt. Die Abstützplatte 19 ist vorgekrümmt gefertigt, so dass die Abstützplatte 19 im unmontierten Zustand eine konvexe Kontur hat. Ist die Abstützplatte 19, so wie es in der Figur 4 gezeigt ist, in die Nut 17 zusammen mit dem Schaufelfuß 4 eingebaut, so wird die Abstützplatte 19 gerade gedrückt, so dass die Abstützplatte 19 auf Grund von Federeigenschaften eine Federkraft auf den Schaufelfuß 4 ausübt.

[0064] Bei einem Verfahren zum Zusammenbauen des Turbinenmaschinenrotors 1 wird die Laufschaufel 2 in die Nut 17 im Wesentlichen in die Axialrichtung des Turbomaschinenrotors 1 eingeschoben, bis die Stirnseiten des Schaufelfußes 4 mit den Stirnseiten der Radscheibe 16 fluchtend angeordnet sind. In dem zwischen der Schaufelfußunterseite 15 und dem Nutgrund 18 ausgebildeten Spalt wird die Abstützplatte 19 gemäß der in Figur 3 gezeigten Ausführungsform geschoben, bis die beiden Überstände 27 und 28 von der Radscheibe 16 vorstehen. Dann wird die erste Stellschraube 9 in das erste Gewindeloch 7 und die zweite Stellschraube 12 in das zweite Gewindeloch 8 eingeschraubt, bis das erste Schraubenende 10 die erste Flanke 23 und das zweite Schraubenende 12 die zweite Flanke 24 berühren. Im Folgenden werden die Stellschrauben 9, 10 mit dem vorbestimmten Anzugsmoment angezogen. Dann werden die Überstände 27 und 28 in Richtung zu der Mitte der Radscheibe 16 gebogen, so dass die Überstände 27, 28 an der Radscheibe anliegen.

Patentansprüche

1. Turbomaschinenrotor (1),
mit entlang des Umfangs verteilten Nuten (17), welche sich wesentlich in Axialrichtung des Turbomaschinenrotors (1) erstrecken und
mit jeweils einer darin angeordneten Laufschaufel (2), deren Schaufelfuß (4) jeweils in eine der Nuten (17) eingreift,
so dass die Laufschaufel (2) in der Nut (17) formschlüssig in Radialrichtung gehalten ist,
und eine Vorspanneinrichtung (7-14, 19-28), die sowohl an einem Nutgrund (18) der Nut (17) als auch an dem Schaufelfuß (4) abgestützt ist und auf den Schaufelfuß (4) eine Vorspannkraft in Radialrichtung ausübt,
wobei die Vorspanneinrichtung (7-14, 19-28) derart eingerichtet ist, dass die Vorspannkraft im Zusammenbauzustand des Turbomaschinenrotors (1) einstellbar ist, wobei die Vorspanneinrichtung (7-14, 19-28) mindestens eine Stellschraube (10, 11) auf-

weist, mit der durch Aufbringen eines vorbestimmten Anzugsmoments die Vorspannkraft im Zusammenbauzustand des Turbomaschinenrotors (1) einstellbar ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

in dem Schaufelfuß (4) mindestens ein Gewindeloch (7, 8) vorgesehen ist, das an der Schaufelfußunterseite (15) dem Nutgrund (18) der Nut (17) zugewandt in diese mündet, und wobei die mindestens eine Stellschraube (9, 10) in das mindestens eine Gewindeloch (7, 8) so eingeschraubt ist, dass sie an dem Schaufelfuß (4) mit ihrem Schraubenende (11, 12) vorsteht und indirekt an dem Nutgrund (18) abgestützt ist.

2. Turbomaschinenrotor (1) nach Anspruch 1, bei dem die entlang des Umfangs verteilten Nuten (17) in einer Radscheibe (16) angeordnet sind.
3. Turbomaschinenrotor (1) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Vorspanneinrichtung (7-14, 19-28) eine Abstützplatte (19) aufweist, die auf dem Nutgrund (18) mindestens im Bereich der einen Stellschraube (9, 10) angeordnet ist, so dass die Stellschraube (9, 10) und die Abstützplatte (19) in Berührungkontakt stehen.
4. Turbomaschinenrotor (1) gemäß Anspruch 1, 2 oder 3, wobei das mindestens eine Gewindeloch (7, 8) mit seinem der Schaufelfußunterseite (15) abgewandten Ende an einer der Stirnseiten des Schaufelfußes (4) nach außen mündet, so dass das Gewindeloch (7, 8) um einen spitzen Winkel (13, 14) von der Längsachse des Turbomaschinenrotors (1) wegge-
neigt ist.
5. Turbomaschinenrotor (1) gemäß Anspruch 4, wobei die Abstützplatte (19) mindestens eine Kröpfung (21, 22) mit einer Flanke (23, 24) aufweist, die derart geformt ist, dass das Schraubenende (11, 12) der Stellschraube (9, 10) stirnseitig flächig an der Flanke (23, 24) anliegt.
6. Turbomaschinenrotor (1) gemäß Anspruch 4 oder 5, wobei der Schaufelfuß (4) ein erstes Gewindeloch (7) mit einer ersten Stellschraube (9) und ein zweites Gewindeloch (8) mit einer zweiten Stellschraube (10) aufweist, wobei das erste Gewindeloch (7) an der einen Stirnseite und das zweite Gewindeloch (8) an der anderen Stirnseite des Schaufelfußes (4) nach außen mündet, so dass das erste Gewindeloch (7) um einen ersten spitzen Winkel (13) und das zweite Gewindeloch (8) um einen zweiten spitzen Winkel (14) von der Längsachse des Turbomaschinenrotors (1) wegge-
neigt ist.

7. Turbomaschinenrotor (1) gemäß Anspruch 6, wobei die Abstützplatte (19) die erste Kröpfung (21) mit der ersten Flanke (23), an der das Schraubenende (11) der ersten Stellschraube (9) anliegt, und die zweite Kröpfung (22) mit der zweiten Flanke (24) aufweist, an der das Schraubenende (12) der zweiten Stellschraube (10) anliegt.
8. Turbomaschinenrotor (1) gemäß Anspruch 6 oder 7, wobei der erste Winkel (13) und der zweite Winkel (14) denselben Betrag haben.
9. Turbomaschinenrotor (1) gemäß Anspruch 8, wobei die Abstützplatte (19) zwischen den beiden Kröpfungen (21, 22) einen Rückenabschnitt (20) aufweist, der mit seiner konvexen Seite den Schaufelfuß (4) zugewandt ist.
10. Turbomaschinenrotor (1) gemäß Anspruch 9, wobei der Rückenabschnitt (20) vor seiner Montage vorgekrümmt ist, so dass der Rückenabschnitt (20) im Zusammenbauzustand des Turbomaschinenrotors (1) auf die Schaufelfußunterseite (15) drückt.
11. Turbomaschinenrotor (1) gemäß Anspruch 9 oder 10, wobei die Abstützplatte (19) an der ersten Kröpfung (21) einen von dem Rückenabschnitt (20) sich weg-
streckenden ersten Schenkelabschnitt (25) und an der zweiten Kröpfung (22) einen von dem Rückenabschnitt (20) sich weg-
streckenden zweiten Schenkelabschnitt (26) aufweist.
12. Turbomaschinenrotor (1) gemäß Anspruch 11, wobei der erste Schenkelabschnitt (25) einen ersten Überstand (27) und der zweite Schenkelabschnitt (26) einen zweiten Überstand (28) aufweist, wobei die Überstände (27, 28) aus der Nut (17) hinausragen.
13. Turbomaschinenrotor (1) gemäß Anspruch 12, wobei die Überstände (27, 28) abgewinkelt zu den Schenkelabschnitten (25, 26) angeordnet sind, so dass der Turbomaschinenrotor (1) mit der Abstützplatte (19) in Eingriff steht und dadurch in Axialrichtung des Turbomaschinenrotors (1) festgehalten ist.
14. Turbomaschinenrotor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die mindestens eine Stellschraube (9, 10) mit einem Sicherungsmittel gegen unbeabsichtigtes Verdrehen gesichert ist.
15. Laufschaufel (2) mit einem zur Montage der Laufschaufel (2) in eine am Außenumfang eines Turbomaschinenrotors (1) befindlichen Nut (17) einschiebbaren Schaufelfuß (4) mit zwei einander gegenüberliegend angeordneten und senkrecht zur Längsachse

se des Schaufelfußes (4) angeordneten Stirnseiten und einer sich zwischen den beiden Stirnseiten erstreckenden Schaufelfußunterseite (15),

dadurch gekennzeichnet, dass

der Schaufelfuß (4) ein erstes Gewindeloch (7) und ein zweites Gewindeloch (8) aufweist, wobei die beiden Gewindelöcher (7, 8) einerseits an der Schaufelfußunterseite (15) nach außen münden und andererseits das erste Gewindeloch (7) an der einen Stirnseite und das zweite Gewindeloch (8) an der anderen Stirnseite des Schaufelfußes (4) nach außen münden.

16. Laufschaufel gemäß Anspruch 15, wobei das erste Gewindeloch (7) um einen ersten spitzen Winkel (13) und das zweite Gewindeloch (8) um einen zweiten spitzen Winkel (14) von der Längsachse des Turbomaschinenrotors weggeneigt ist und der erste Winkel (13) und der zweite Winkel (14) denselben Betrag haben.
17. Verfahren zum Zusammenbauen eines Turbomaschinenrotors (1), aufweisend die Schritte:

- Bereitstellen eines Turbomaschinenrotors (1) mit entlang des Umfangs verteilten Nuten (17), welche sich wesentlich in Axialrichtung des Turbomaschinenrotors (1) erstrecken, darin einschiebbaren Laufschaufeln (2) gemäß Anspruch 15 oder 16 und einer Abstützplatte (19), welche eine Längsrichtung hat und entlang dieser angeordnet zwei gegensinnige Kröpfungen (21, 22) mit jeweils einer ebenflächigen Flanke (23, 24) aufweist, zwischen denen die Abstützplatte (19) einen Rückenabschnitt (20) aufweist;
- Einschieben der Laufschaufel (2) in die Nut (17), so dass der Laufschaufelfuß (4) in die Nut (17) eingreift und so die Laufschaufel (2) in der Nut (17) formschlüssig in Radialrichtung des Turbomaschinenrotors (1) gehalten ist;
- Einschieben der Abstützplatte (19) in die Nut (17) zwischen der Schaufelfußunterseite (15) und dem Nutgrund (18);
- Einschrauben von einer ersten Stellschraube (10) in das erste Gewindeloch (7) und einer zweiten Stellschraube (10) in das zweite Gewindeloch (8), bis die Stellschrauben (9, 10) ihre korrespondierenden Kröpfungen (21, 22) berühren;
- Anziehen der beiden Stellschrauben (9, 10) mit einem vorbestimmten Anzugsmoment, um die Laufschaufel (2) in Radialrichtung mit einer vorbestimmten Vorspannkraft in der Nut (17) vorzuspannen.

Claims

1. Turbomachine rotor (1), with grooves (17) which are distributed along the periphery and extend essentially in the axial direction of the turbomachine rotor (1), and with a rotor blade (2) which is arranged therein in each case, the blade root (4) of which engages in one of the grooves (17) in each case, so that the rotor blade (2) is retained in the groove (17) in a form-fitting manner in the radial direction, and with a pretensioning device (7 - 14, 19 - 28) which is supported both on a bottom (18) of the groove (17) and on the blade root (4) and exerts a pretensioning force upon the blade root (4) in the radial direction, wherein the pretensioning device (7 - 14, 19 - 28) is installed in such a way that the pretensioning force is adjustable in the assembled state of the turbomachine rotor (1), wherein the pretensioning device (7 - 14, 19 - 28) has at least one adjusting screw (10, 11), with which by applying a predetermined tightening torque the pretensioning force is adjustable in the assembled state of the turbomachine rotor (1), **characterized in that** provision is made in the blade root (4) for at least one threaded hole (7, 8) which on the underside (15) of the blade root, facing the bottom (18) of the groove (17), leads into this, and wherein the at least one adjusting screw (9, 10) is screwed into the at least one threaded hole (7, 8) so that it projects on the blade root (4) by its end (11, 12) and is indirectly supported on the bottom (18) of the groove.
2. Turbomachine rotor (1) according to Claim 1, in which the grooves (17) which are distributed along the periphery are arranged in a wheel disk (16).
3. Turbomachine rotor (1) according to Claim 1 or 2, wherein the pretensioning device (7 - 14, 19 - 28) has a support plate (19) which is arranged on the bottom (18) of the groove at least in the region of the one adjusting screw (9, 10) so that the adjusting screw (9, 10) is in touching contact with the support plate (19).
4. Turbomachine rotor (1) according to Claim 1, 2 or 3, wherein the at least one threaded hole (7, 8), by its end which faces away from the underside (15) of the blade root, leads out on one of the end faces of the blade root (4) so that the threaded hole (7, 8) is inclined away from the longitudinal axis of the turbomachine rotor (1) by an acute angle (13, 14).
5. Turbomachine rotor (1) according to Claim 4, wherein the support plate (19) has at least one offset (21, 22) with a flank (23, 24), which is formed in such a way that the end (11, 12) of the adjusting screw

- (9, 10) butts by its end face flat against the flank (23, 24).
6. Turbomachine rotor (1) according to Claim 4 or 5, wherein the blade root (4) has a first threaded hole (7) with a first adjusting screw (9) and a second threaded hole (8) with a second adjusting screw (10), wherein the first threaded hole (7) leads out on the one end face of the blade root (4) and the second threaded hole (8) leads out on the other end face so that the first threaded hole (7) is inclined away from the longitudinal axis of the turbomachine rotor (1) by a first acute angle (13) and the second threaded hole (8) is inclined away by a second acute angle (14).
 7. Turbomachine rotor (1) according to Claim 6, wherein the support plate (19) has the first offset (21) with the first flank (23), against which butts the end (11) of the first adjusting screw (9), and the second offset (22) with the second flank (24), against which butts the end (12) of the second adjusting screw (10).
 8. Turbomachine rotor (1) according to Claim 6 or 7, wherein the first angle (13) and the second angle (14) have the same value.
 9. Turbomachine rotor (1) according to Claim 8, wherein the support plate (19) has a back section (20) between the two offsets (21, 22), which by its convex side faces the blade root (4).
 10. Turbomachine rotor (1) according to Claim 9, wherein the back section (20) is pre-bent before its installation so that in the assembled state of the turbomachine rotor (1) the back section (20) presses onto the underside (15) of the blade root.
 11. Turbomachine rotor (1) according to Claim 9 or 10, wherein on the first offset (21) the support plate (19) has a first leg section (25) which extends away from the back section (20) and on the second offset (22) has a second leg section (26) which extends away from the back section (20).
 12. Turbomachine rotor (1) according to Claim 11, wherein the first leg section (25) has a first projection (27) and the second leg section (26) has a second projection (28), wherein the projections (27, 28) project from the groove (17).
 13. Turbomachine rotor (1) according to Claim 12, wherein the projections (27, 28) are arranged in an angled-down manner in relation to the leg sections (25, 26) so that the turbomachine rotor (1) is in engagement with the support plate (19) and consequently is fixed in the axial direction of the turbomachine rotor (1).
 14. Turbomachine rotor (1) according to one of Claims 1 to 13, wherein the at least one adjusting screw (9, 10) is secured against inadvertent rotation by a securing means.
 15. Rotor blade (2) with a blade root (4) which, for installing the rotor blade (2), can be inserted into a groove (17) located on the outer periphery of a turbomachine rotor (1), and which has two end faces, which are arranged opposite each other and arranged perpendicularly to the longitudinal axis of the blade root (4), and a blade root underside (15) which extends between the two end faces, **characterized in that** the blade root (4) has a first threaded hole (7) and a second threaded hole (8), wherein the two threaded holes (7, 8) lead out on the underside (15) of the blade root on one side, and on the other side the first threaded hole (7) leads out on the one end face of the blade root (4) and the second threaded hole (8) leads out on the other end face.
 16. Rotor blade according to Claim 15, wherein the first threaded hole (7) is inclined away from the longitudinal axis of the turbomachine rotor by a first acute angle (13) and the second threaded hole (8) is inclined away by a second acute angle (14), and the first angle (13) and the second angle (14) have the same value.
 17. Method for assembling a turbomachine rotor (1), featuring the steps:
 - Providing a turbomachine rotor (1) with grooves (17) which are distributed along the periphery and extend essentially in the axial direction of the turbomachine rotor (1), and with rotor blades (2), according to Claim 15 or 16, which can be inserted therein, and with a support plate (19) which has a longitudinal direction and has two opposed offsets (21, 22), which are arranged along this, with a planar flank (23, 24) in each case, between which the support plate (19) has a back section (20),
 - Inserting the rotor blade (2) into the groove (17) so that the blade root (4) engages in the groove (17) and so the rotor blade (2) is retained in a form-fitting manner in the groove (17) in the radial direction of the turbomachine rotor (2);
 - Inserting the support plate (19) into the groove (17) between the underside (15) of the blade root and the bottom (18) of the groove;
 - Screwing of a first adjusting screw (10) into the first threaded hole (7) and screwing a second adjusting screw (10) into the second threaded hole (8) until the adjusting screws (9, 10) contact

their corresponding offsets (21, 22);

- Tightening down the two adjusting screws (9, 10) with a predetermined tightening torque in order to pretension the rotor blade (2) in the groove (17) in the radial direction with a predetermined pretensioning force.

Revendications

1. Rotor (1) de turbomachine, comprenant des cannelures (17) qui sont réparties le long du pourtour et qui s'étendent sensiblement dans la direction axiale du rotor (1) de la turbomachine et comprenant respectivement une aube (2) mobile qui y est montée et dont l'implanture (4) pénètre respectivement dans l'une des cannelures (17), de sorte que l'aube (2) mobile est maintenue dans la direction radiale à complémentarité de forme dans la cannelure (17), et un dispositif (7 à 14, 19 à 28) de précontrainte qui s'appuie à la fois sur un fond (18) de la cannelure (17) et sur l'implanture (4) de l'aube et qui applique une force de précontrainte dans la direction radiale à l'implanture (4) de l'aube, le dispositif (7 à 14, 19 à 28) de précontrainte étant tel que la force de précontrainte à l'état assemblé du rotor (1) de la turbomachine est réglable, le dispositif (7 à 14, 19 à 28) de précontrainte ayant au moins une vis (10, 11) de réglage, par laquelle, par application d'un couple de serrage déterminé à l'avance, la force de précontrainte à l'état assemblé du rotor (1) de la turbomachine est réglable, **caractérisé en ce que** il est prévu dans l'implanture (4) de l'aube au moins un taraudage (7, 8) qui, du côté (15) inférieur de l'implanture de l'aube tourné vers le fond (18) de la cannelure (17), débouche dans celle-ci et dans lequel la au moins une vis (9, 10) de réglage est vissée dans le au moins un taraudage (7, 8) de manière à dépasser par son extrémité (11, 12) de vis de l'implanture (4) de l'aube et à s'appuyer indirectement sur le fond (18) de la cannelure.
2. Rotor (1) de turbomachine suivant la revendication 1, dans lequel les cannelures (17) réparties le long du pourtour sont ménagées dans un disque (16) de roue.
3. Rotor (1) de turbomachine suivant la revendication 1 ou 2, dans lequel le dispositif (7 à 14, 19 à 28) de précontrainte comporte une plaque (19) d'appui, qui est disposée sur le fond (18) de la cannelure au moins dans une zone de la une vis (9, 10) de réglage de manière à ce que les vis (9, 10) de réglage

et la plaque (19) d'appui soient en contact touchant.

4. Rotor (1) de turbomachine suivant la revendication 1, 2 ou 3, dans lequel le au moins taraudage (7, 8) débouche, par son extrémité éloignée du côté (15) inférieur de l'implanture de l'aube, vers l'extérieur sur l'un des côtés frontaux de l'implanture (4) de l'aube, de sorte que le taraudage (7, 8) est incliné d'un angle (13, 14) aigu en s'éloignant de l'axe longitudinal du rotor (1) de la turbomachine.
5. Rotor (1) de turbomachine suivant la revendication 4, dans lequel la plaque (19) d'appui a au moins un coude (21) ayant un flanc (23, 24) qui est conformé de manière à ce que l'extrémité (11, 12) de la vis (9, 10) de réglage s'applique du côté frontal par une surface au flanc (23, 24).
6. Rotor (1) de turbomachine suivant la revendication 4 ou 5, dans lequel l'implanture (4) de l'aube a un premier taraudage (7) ayant une première vis (9) de réglage et un deuxième taraudage (8) ayant une deuxième vis (10) de réglage, le premier taraudage (7) débouchant vers l'extérieur sur l'un des côtés frontaux et le deuxième taraudage (8) sur l'autre côté frontal de l'implanture (4) de l'aube, de sorte que le premier taraudage s'éloigne de l'axe longitudinal du rotor (1) de la turbomachine suivant un premier angle (13) aigu et le deuxième taraudage (8) suivant un deuxième angle (14) aigu.
7. Rotor (1) de turbomachine suivant la revendication 6, dans lequel la plaque (19) d'appui a le premier coude (21) ayant le premier flanc (23) sur lequel s'applique l'extrémité (11) de la première vis (9) de réglage et le deuxième coude (22) a le deuxième flanc (24) sur lequel s'appuie l'extrémité (12) de la deuxième vis (10) de réglage.
8. Rotor (1) de turbomachine suivant la revendication 6 ou 7, dans lequel le premier angle (13) et le deuxième angle (14) ont la même valeur.
9. Rotor (1) de turbomachine suivant la revendication 8, dans lequel la plaque (19) d'appui a entre les deux coudes (21, 22) une partie (20) en retrait, qui tourne sa convexité vers l'implanture (4) de l'aube.
10. Rotor (1) de turbomachine suivant la revendication 9, dans lequel la partie (20) en retrait est pré-coudée avant son montage de manière à ce que la partie

(20) en retrait appuie, lorsque le rotor (1) de la turbomachine est à l'état assemblé, sur le côté (15) inférieur de l'implanture de l'aube.

11. Rotor (1) de turbomachine suivant la revendication 9 ou 10,
dans lequel la plaque (19) d'appui a sur le premier coude (21) une première branche (25) s'éloignant de la partie (20) en retrait et sur le deuxième coude (22) une deuxième branche (26) s'éloignant de la partie (20) en retrait. 10
12. Rotor (1) de turbomachine suivant la revendication 11,
dans lequel la première branche (25) a une première partie (27) en saillie et la deuxième branche (26) a une deuxième partie (28) en saillie, les parties (27, 28) en saillie sortant de la cannelure (17). 15
13. Rotor (1) de turbomachine suivant la revendication 12,
dans lequel les parties (27, 28) en saillie sont cou-
dées par rapport aux branches (25, 26) de manière à ce que le rotor (1) de la turbomachine vienne en prise avec la plaque (19) d'appui et soit ainsi main-
tenu fixement dans la direction axiale du rotor (1) de la turbomachine. 20
14. Rotor (1) de turbomachine suivant l'une des reven-
dications 1 à 13,
dans lequel la au moins une vis (9, 10) de réglage est empêchée de tourner d'une manière intempe-
stive par un moyen de blocage. 25
15. Aube (2) mobile ayant une implanture (4) pou-
vant, pour le montage de l'aube (2) mobile, être introduite dans une cannelure (17) se trouvant sur le pourtour extérieur d'un rotor (1) d'une turboma-
chine, l'implanture ayant deux côtés frontaux oppo-
sés l'un à l'autre et perpendiculaires à l'axe longitu-
dinal de l'implanture (4) de l'aube et un côté (15)
inférieur s'étendant entre les deux côtés frontaux,
caractérisé en ce que
l'implanture (4) de l'aube a un premier taraudage (7) et un deuxième taraudage (8),
dans laquelle les deux taraudages (7, 8) d'une part débouchent vers l'extérieur sur le côté (15) inférieur de l'aube et d'autre part le premier taraudage (7) débouche vers l'extérieur sur l'un des côtés frontaux et le deuxième taraudage (8) sur l'autre côté frontal de l'implanture (4) de l'aube. 30
16. Aube mobile suivant la revendication 15,
dans laquelle le premier taraudage (7) s'éloigne de l'axe longitudinal du rotor de la turbomachine suivant un premier angle (13) aigu et le deuxième tarauda-
ge (8) suivant un deuxième angle (14) aigu et le 35

premier angle (13) et le deuxième angle (14) ont la même valeur.

17. Procédé d'assemblage d'un rotor (1) de turboma-
chine, comprenant les stades dans lesquels : 40

- on se procure un rotor (1) de turbomachine ayant des cannelures (17) qui sont réparties le long du pourtour et qui s'étendent sensiblement dans la direction axiale du rotor (1) de la tur-
bomachine, des aubes (2) mobiles suivant la revendication 15 ou 16 qui y sont insérées et une plaque (19) d'appui, qui a une direction longitudinale et, disposés le long de celle-ci, deux coudes (21, 22) de sens opposé ayant respectivement un flanc (23, 24) de surface plane, entre lesquels la plaque (19) d'appui a une partie (20) en retrait ;
- on introduit l'aube (2) mobile dans la canne-
lure (17) de manière à ce que l'implanture (4) de l'aube mobile pénètre dans la cannelure (17) et de manière à ce que l'aube (2) mobile soit maintenue dans la cannelure (17) à com-
plémentarité de forme dans la direction radiale du rotor (1) de la turbomachine ;
- on introduit la plaque (19) d'appui dans la can-
nelure (17) entre le côté (15) inférieur de l'em-
planture de l'aube et le fond (18) de la cannelure ;
- on visse une première vis (10) de réglage dans le premier taraudage (7) et une deuxième vis (10) de réglage dans le deuxième tarauda-
ge (8) jusqu'à ce que les vis (9, 10) de réglage touchent leurs coudes (21, 22) correspondant ;
- on serre les deux vis (9, 10) de réglage avec un couple de serrage déterminé à l'avance pour pré contraindre l'aube (2) mobile dans la direc-
tion axiale dans la cannelure (17) par une force de précontrainte déterminée à l'avance. 45

FIG 1

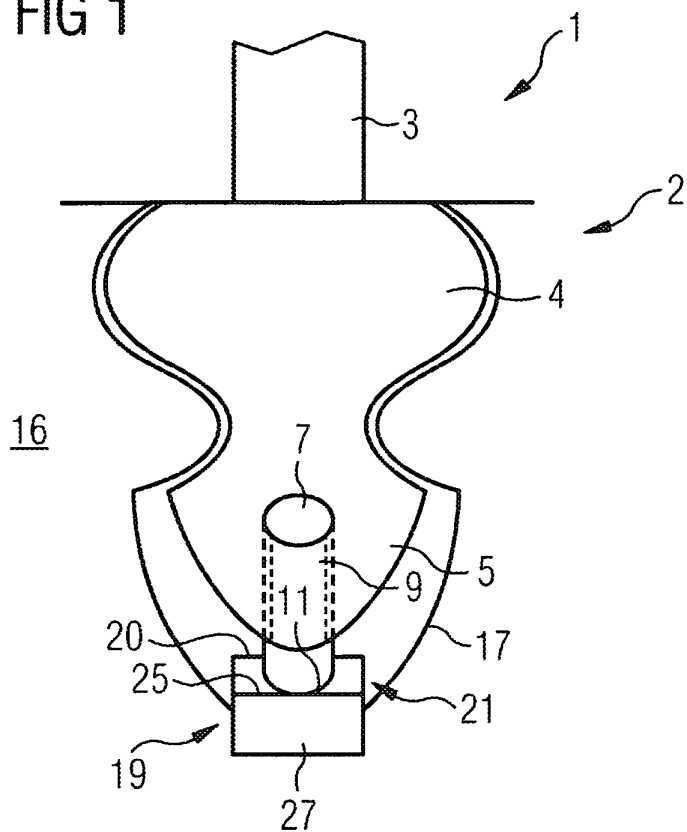


FIG 2

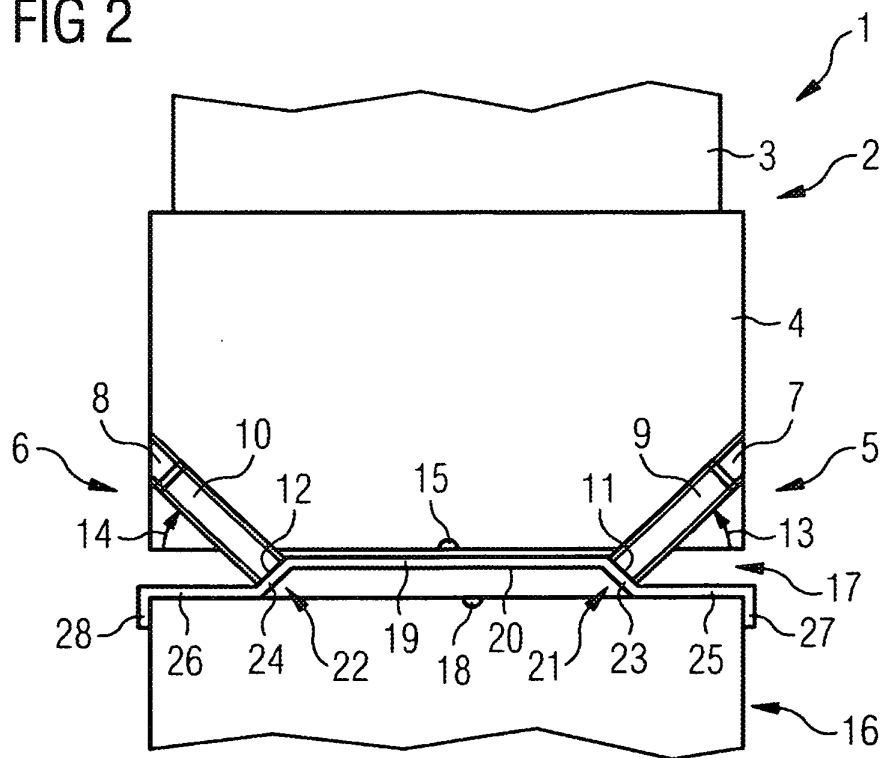


FIG 3

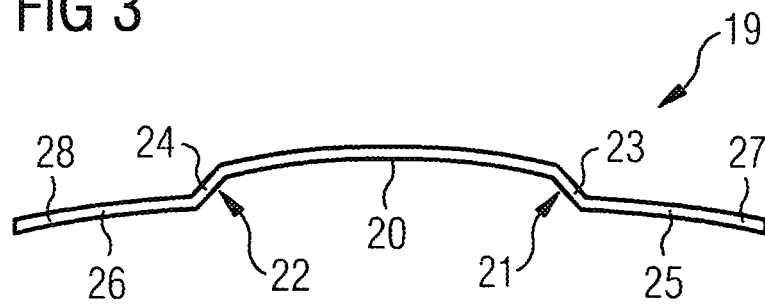
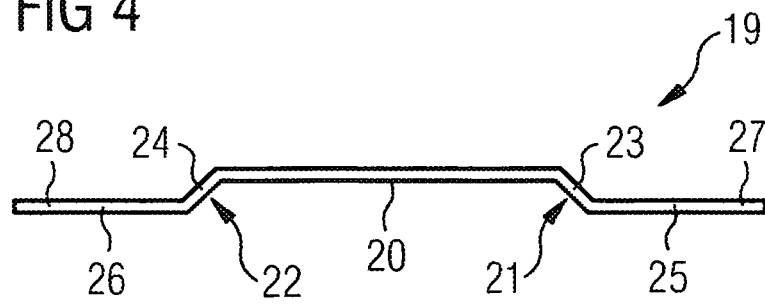


FIG 4



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

- US 2786648 A [0007]
- US 4102602 A [0007]
- US 5123813 A [0008]
- DE 834408 [0008]
- DE 1156419 [0009]
- GB 2026101 A [0010]