(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 873 808 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
17.01.2018 Patentblatt 2018/03

(51) Int Cl.:
F01D 5/30 *(2006.01)* ***F01D 5/32*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **14193324.2**

(22) Anmeldetag: **14.11.2014**

(54) **Schaufel-Scheiben-Verbund, Verfahren und Strömungsmaschine**

Rotor-blade group, method and flow engine

Composé aubes-disques, procédé et 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

(30) Priorität: **19.11.2013 DE 102013223583**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.05.2015 Patentblatt 2015/21

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

(72) Erfinder:
- **Humhauser, Werner**
  85368 Moosburg (DE)
- **Klingels, Hermann**
  85221 Dachau (DE)
- **Klötzer, Alexander**
  82256 Fürstenfeldbruck (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 320 030
DE-T2- 69 900 008
JP-A- H06 212 905
US-A1- 2010 296 936

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).

EP 2 873 808 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Schaufel-Scheiben-Verbund, ein Verfahren zur Herstellung einen derartigen Schaufel-Scheiben-Verbunds sowie eine Strömungsmaschine.

[0002] Bekannte Schaufel-Scheiben-Verbünde in Strömungsmaschinen wie Gasturbinen haben regelmäßig Schaufelsicherungen, die aufgrund ihrer geometrischen Ausgestaltung lebensdauermimmierend für den Schaufel-Scheiben-Verbund oder sogar für den gesamten Rotor sind. Dies gilt insbesondere dann, wenn Sicherungselemente zum Sichern der Schaufeln an der Scheibe hohen Temperaturen ausgesetzt sind oder an stark beanspruchten Positionen montiert sind. Durch die Sicherungselemente entsteht nämlich häufig eine hohe zusätzliche Last auf die Schaufeln oder Scheibe. Bei Blechsicherungen besteht häufig das Problem, dass diese Lasten über Kanten oder Punkte übertragen werden und damit zu zusätzlichen Spannungsspitzen im Material führen. Bei zur Sicherung verwendeten gebogenen Drähten besteht zusätzlich das Problem, eine definierte Lage unter Last vorherzusagen. Eine unerwünschte Bewegung oder ein Schwingen des Drahtes ist nicht aufzuschließen.

[0003] Ein beispielhafter Rotor-Scheiben-Verbund ist in der DE 10 2005 003 511 A1 gezeigt. Die Schaufeln sind auf einem Radialbund der Scheibe angeordnet und greifen mit einem Fußabschnitt in eine umfangsseitige Verankerungsnut ein. Die Sicherung der Schaufeln in Radialrichtung erfolgt über einen Formschluss der Schaufeln mit dem Radialbund. Die Sicherung der Schaufeln in Umtangsrichtung erfolgt über einen Sicherungsring, der entgegengesetzt zu den Schaufeln an dem Radialbund angeordnet ist und dabei mit den Schaufeln verzahnt ist.

[0004] In der GB 630732 A ist ein Schaufel-Scheiben-Verbund gezeigt, bei dem die Schaufeln beidseits an einem sich radial nach außen verjüngenden Radialbund angeordnet sind. Die Sicherung der Schaufeln erfolgt über Sicherungsdrähte, die in sich in Umfangsrichtung erstreckende Aufnahme- bzw. Einfülnuten eingeschoben sind und mit jeweils einem Teilquerschnitt im Radialbund und in den Schaufelfüßen liegen. Zusätzlich können die Schaufelfüße mit Fußabschnitten in eine umfangsseitige Verankerungsnut des Radialbundes formschlüssig eingreifen.

[0005] In der US 3,282,561 ist ein Schaufel-Scheiben-Verbund gezeigt, bei dem die Schaufeln in eine umfangsseitige Verankerungsnut der Scheibe formschlüssig eingreifen und jeweils benachbarte Schaufeln über sich schräg zur Scheibe erstreckende Sicherungsstifte miteinander verbunden sind, die in entsprechende Schaufelfußbohrungen eingerührt sind.

[0006] In der DE 10 346 263 A1 ist ein Schaufel-Scheiben-Verbund gezeigt, bei dem die Schaufeln in eine sich radial nach außen erweiternde Umfangsnut eingesetzt sind und über in Aufnahmenuten positionierten Sicherungsdrähten an der Scheibe gesichert sind, die jeweils mit einem Teilquerschnitt in den Nutwandungen und in den Schaufelfüßen liegen.

[0007] Aus der US 4,255,086 ist ein Schaufel-Scheiben-Verbund bekannt, bei dem die Schaufeln über eine Einfüllnut in eine umfangsseitige Verankerungsnut axial eingesetzt und dann in Umfangsrichtung verschoben werden. Die Schaufeln werden zu Schaufelgruppen zusammengefasst und im Ruhezustand mittels eines sich über jeweils eine Schaufelgruppe erstreckenden Drahtelements radial nach außen gedrückt. Die Einfüllnut ist als eine Einkerbung einer der Nutwandungen der Verankerungsnut ausgebildet. Unabhängig von dem Drahtelement wird ein Herauskippen der Schaufeln über einen Formschluss mit den Nutwandungen verhindert.

[0008] In der DE 10 2004 051 116 A1 ist ein Schaufel-Scheiben-Verbund gezeigt, bei dem die Schaufeln in eine umfangsseitige Verankerungsnut der Scheibe formschlüssig eingreifen. In Radialrichtung sind die Schaufeln über den Formschluss mit der Verankerungsnut gesichert. In Umfangsrichtung sind die Schaufeln über Längsstifte gesichert, die in zinnenartigen Vorsprünge der Nutwandungen geführt sind. Die beiden Nutwandungen der Verankerungsnut sind seitlich geschlossen und somit ohne eine Einfüllnut zum Einsetzen der Schaufeln versehen. Das Einsetzen der Schaufeln erfolgt über eine Kippbewegung der Schaufeln in Axialrichtung des Schaufel-Scheiben-Verbundes.

[0009] In der DE 60 202 738 T2 und in der DE 60 116 460 T2 sind Schaufel-Scheiben-Verbunde gezeigt, die in eine umfangsseitige Verankerungsnut eingesetzt sind und in Radialdichtung über einen Formschluss zwischen nutwandseitigen Lagerabschnitten und ihren Schaufelfüßen gesichert sind. Zum Einsetzen der Schaufeln sind die Lageabschnitte durch radial geöffnete Ausnehmungen in Umfangsrichtung voneinander beabstandet. Die Sicherung der Schaufeln in Umfangsrichtung erfolgt über Verriegelungssysteme bestehend aus einem in die Verankerungsnut eingesetzten Verriegelungskörper und einer radial in dem Verriegelungskörper geführten Schraube. Die Verriegelungssysteme werden zwischen zwei benachbarten Schaufeln positioniert und mittels der Schraube zwischen dem Nutgrund und Schaufelplattformabschnitten eingespannt. Die Schrauben werden dabei gegen den Nutgrund gedrückt bzw. stützen sich auf diesem ab. Ein ähnlicher Schaufel-Scheiben-Verbund ist in der EP 1 801 355 A1 gezeigt.

[0010] In der FR 2965008 A1 ist ein weiterer Schaufel-Scheiben-Verbund gezeigt. Bei diesem Schaufel-Scheiben-Verbund wird beispielsweise zur Sicherung der Schaufeln über Schrauben ein U-förmiger Einsatz zwischen einem in eine Verankerungsnut eingesetzten Verriegelungskörper und dem Nutgrund plastisch verformt.

[0011] In der DE 699 00 008 T2 wird ein Dichtring für Schaufeln einer Turbomaschinenstufe offenbart. Die Schaufeln weisen zwar einen Fußbereich auf, dieser steht aber nur mit einer Rotorscheibe in Kontakt, wobei der Dichtring aus zwei scherenförmig aufschwenkbaren Dichtplatten mit Aussparungen für die Schaufelfüße be-

steht. Diese Dichtplatten weisen Endstücke auf, die zwischen den Nutwandungen und dem entsprechenden Schautelfuß angeordnet ist. Die Endstücke sind über ein Scharnier miteinander verbunden und pressen aufgrund auftretender Zentrifugalkräfte gegen seitliche Schenkel der Rotorscheibe, um eine Dichtigkeitsbarriere gegen rezirkulierende Luft zu erreichen. Herauskippsicherungselemente werden nicht beschrieben.

[0012] US 2010 296936 A1 zeigt ein Befestigungssystem für in Umfangsrichtung einführbare Schaufeln, so dass die Belastungen an der Schaufelfußeinschnürung so gering wie möglich ausfallen. Ein Laufschaufelfußabschnitt liegt direkt an einem Nutgrund an. Es werden keine Herauskippsicherungselemente gezeigt, die im Ruhezustand die Laufschaufeln in Oberlage vom Nutgrund beabstanden.

[0013] EP 2 320 030 A1 zeigt eine Laufschaufel mit einem Fußbereich, der in eine Verankerungsnut einer Rotorscheibe eingesetzt ist. An dem Fußbereich kann ein Zusatzvolumen angeordnet sein. Einleiten wird eine Feder erwähnt, welche die Laufschaufel während der Montage in radialer Richtung fixiert. Es handelt sich also bei der Feder weder um eine Sicherung, und schon gar nicht um ein gegen ein Kippen wirkendes bzw. sicherndes Element.

[0014] Aufgabe der Erfindung ist es, einen Schaufel-Scheiben-Verbund zu schaffen, der eine alternative Schaufelsicherung umfasst und einfach zu montieren und demontieren ist. Des Weiteren ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Montage eines derartigen Schaufel-Scheiben-Verbundes sowie eine Strömungsmaschine zu schaffen.

[0015] Diese Aufgabe wird gelöst, durch einen Schaufel-Scheiben-Verbund mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 12 und durch eine Strömungsmaschine mit den Merkmalen des Patentanspruchs 14.

[0016] Ein erfindungsgemäßer Schaufel-Scheiben-Verbund einer Strömungsmaschine hat eine Vielzahl von nebeneinander angeordneten Laufschaufeln und eine Verschlussschaufel, die mit Fußabschnitten in eine umfangsseitige Verankerungsnut einer Rotorscheibe eingesetzt sind und mit Lagerabschnitten einer vorderen Wandung und einer hinteren Wandung in Radialrichtung formschlüssig zusammenwirken. Zudem hat der erfindungsgemäßer Schaufel-Scheiben-Verbund zumindest ein Umfangssicherungselement, das mit zumindest einer der Schaufeln formschlüssig zusammenwirkt und eine Vielzahl von Herauskippsicherungselementen, die zwischen dem Nutgrund und den Fußabschnitten angeordnet sind und die im Ruhezustand die Schaufeln in Oberlage vom Nutgrund beabstanden.

[0017] "Oberlage bedeutet, dass sich die Schaufeln an einem oberen Bereich des Schaufel-Scheiben-Verbundes befinden. Bei horizontaler Ausrichtung der Strömungsmaschine ist dies der Bereich oberhalb der Horizontalebene. Das Anheben der Schaufeln in Oberlage bewirkt im Ruhezustand bzw. Stillstand der Strömungsmaschine dass ihre Fußabschnitten nahe der Lagerabschnitte positioniert sind, wodurch ein Herauskippen aus der Verankerungsnut im Ruhezustand verhindert wird. In Unterlage, dass heißt bei Positionierung in einem unteren Bereich des Schaufel-Scheiben-Verbundes, werden die Schaufeln im Ruhezustand durch die Schwerkraft selbsttätig in Anlage mit den Lagerabschnitten gebracht und stützen sich an diesen ab, wodurch sie gegen ein Herauskippen gesichert sind. Im Betrieb der Strömungsmaschine werden die Schaufeln aufgrund der auf sie wirkenden Fliehkraft gegen die Lagerabschnitte gedrückt und sind somit ebenfalls gegen ein Herauskippen gesichert. Die Herauskippsicherungselemente und aufgrund der hohen Fliehkräfte im Wesentlichen auch die Umfangssicherungselemente erfüllen im Betrieb keine primäre Sicherungsfunktion. Diese wird ausschließlich über die Lagerabschnitte der Nutwandungen erbracht. Hierdurch können die Laufschaufeln und die Verschlussschaufel eine optimale Betriebslage einnehmen. Die Lagerabschnitte können dabei aufgrund des Einkippens der Schaufeln frei von Ausnehmungen zum Einsetzen der Schaufeln sein. Bevorzugterweise werden die Schaufeln in Axialrichtung, also um ihre Querachse, eingeklippt.

[0018] Die Erfindung schafft die Möglichkeit, die Schaufeln eines Schaufel-Scheiben-Verbundes in axialer Richtung und in Umtangsrichtung form- und kraftschlüssig zu sichern. Durch die Art der konstruktiven Ausführung werden lebensdauerminimierende Eigenschaften an der Scheibengeometrie deutlich reduziert. Gleichzeitig kann durch die Art der konstruktiven Ausführung auf kostengünstige und nach Wartungsintervallen zum Teil wieder verwendbare Sicherungselemente zurückgegriffen werden. Der Vorteil des erfindungsgemäßen Schaufel-Scheiben-Verbundes besteht insbesondere in dem Verzicht auf lebensdauerlimitierende Einfüllnuten für die Schaufeln und für die Sicherungselemente, und in der Verwendung von niedrig belasteten Sicherungselementen. Im Betrieb liegen die Sicherungselemente großflächig an den angrenzenden Bauteilen an. Dadurch entstehen kaum Kantenlasten oder Punktlasten und damit auch keine Spannungsspitzen im Material. Die Art der Konstruktion gewährleistet eine einfache, schnelle und reproduzierbare Montage und Demontage bzw. Sicherung und Endsicherung der Schaufeln, da keine oder nur geringe plastische Verformungen an den Sicherungselementen notwendig sind.

[0019] Bei einem Ausführungsbeispiel ist das zumindest eine Umfangssicherungselement ein länglicher Körper, der endseitig in zwei zueinander fluchtende Aufnahmen der Wandungen eingesetzt ist, wobei die zumindest eine Schaufel eine axiale Aussparung zur Aufnahme des Umfangssicherungselementes hat. Die Aufnahmen sind einfach auszubilden und verhindern bei Positionierung in den Lagerabschnitten eine Schwächung der Nutwandungen. Zudem kann, wenn die Aufnahmen als in radialer Richtung geöffnete Schlitze ausgebildet sind, das zumindest eine Umfangssicherungselement radial von

außen nach innen eingesteckt werden. Dabei können sie derartige Breiten bzw. Radien ausweisen, dass das zumindest eine Umfangssicherungselement nicht radial eingesteckt wird, sondern eingedreht werden kann. Die Drehung verläuft dabei dann bevorzugterweise in radialer Richtung.

[0020] Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel ist das zumindest eine Umfangssicherungselement ein Wandabschnitt der einen Wandung und die zumindest eine Schaufel hat eine korrespondierende plattformseitige axiale Rückstufung zum Zusammenwirken mit dem Wandabschnitt. Hierdurch ist das zumindest eine Umfangssicherungselement als ein integraler Abschnitt der Scheibe ausgebildet, was die Montage der Schaufel aufgrund von wegfallenden Montageschritten weiter vereinfacht und zeitlich verkürzt.

[0021] Die Herauskippsicherungselemente sind bevorzugterweise umgeformte Blechkörper, die sich mit ihren Stützschenkeln bzw. Beinen am Nutgrund abstützen. Derartige Blechkörper sind einfach herzustellen und anzupassen. Insbesondere sind sie U-förmige oder M-förmige Metallprofile. Die Profilform richtet sich nach den Schaufelfüßen und insbesondere nach deren Unterseiten, mit denen die Schaufeln im Ruheszustand auf den Blechkörper aufliegen.

[0022] Zur Sicherung der Herauskippsicherungselemente in Umfangsrichtung können zumindest einige Schaufeln einen Anlageabschnitt haben, an dem jeweils ein Herauskippsicherungselement seitlich anliegt.

[0023] Bevorzugterweise weist der Schaufel-Scheiben-Verbund ein. Schließelement auf, das abschnittsweise zwischen dem Nutgrund und den Fußabschnitten angeordnet ist und das im Ruhezustand die Verschlussschaufel in Oberlage vom Nutgrund beabstandet. Die Verschlussschaufel wird somit quasi wie die übrigen Schaufeln in der Verankerungsnut gehalten.

[0024] Bei einem Ausführungsbeispiel ist das Schließelement in einer Bohrung der Verschlussschaufel geführt und taucht zwischen zwei benachbarte Herauskippsicherungselemente ein. Durch die Ausbildung der Bohrung in der Verschlussschaufel sind keine zusätzlichen Verriegelungskörper notwendig. Die Bohrung ist bevorzugterweise derart in radialer Richtung orientiert, dass sie mit ihrer Längsachse an dem Schaufelblatt vorbeigeführt ist. Hierdurch ist das Schließelement frei zugänglich.

[0025] Bevorzugterweise ist das Schließelement ein Schraubelement, das mit einer Drehsicherung versehen ist. Das Schraubelement erlaubt eine präzise Einstellung und insbesondere entfällt eine plastische Verformung. Zudem erlaubt das Schraubelement eine zerstörungsfreie Demontage und ist somit wiederverwendbar. Durch die Drehsicherung wird ein unbeabsichtigtes Verdrehen des Schraubelementes verhindert.

[0026] Um ein Lösen des Schließelementes von der Verschlussschaufel im Betrieb selbst in dem unwahrscheinlichen Fall zu verhindern, dass die Drehsicherung versagt, kann das Schließelement einen Kopf aufweisen, der gegenüber seinem in der Bohrung geführten Schaft verdickt ist und der zwischen zwei Herauskippsicherungselementen angeordnet ist,

[0027] Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel hat das Schließelement einen Herauskippsicherungselementartigen Grundkörper mit einer plastisch verformbaren Lasche, die in einer Ausnehmung der Verschlussschaufel eingreift. Die Lasche ermöglicht eine einfache und wirkungsvolle Verriegelung. Die Verschlussschaufel ist lediglich mit einer fußseitigen Ausnehmungen zu versehen. Die Ausbildung einer die Verschlussschaufel durchsetzenden Bohrung und insbesondere einer Innengewindebohrung entfällt.

[0028] Die Montage dieses Schließelements wird vereinfacht, wenn der Grundkörper eine Vielzahl von Werkzeugaufnahmen aufweist, die in Umfangsrichtung des Schaufel-Scheiben-Verbundes nebeneinander angeordnet sind. Hierdurch können die schließelementenseitige Lasche und die verschlussschaufelseitige Ausnehmung genau zueinander ausgerichtet werden.

[0029] Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Montieren eines erfindungsgemäßen Schaufel-Scheiben-Verbundes wird zuerst eine Rotorscheibe mit einer umfangsseitigen Verankerungsnut bereitgestellt, die von zwei Wandungen begrenzt ist, wobei die Wandungen zwei gegenüberliegende Lagerabschnitte aufweisen. Dann werden die Laufschaufeln in die Verankerungsnut eingekippt, wobei die Laufschaufeln mit ihren Fußabschnitten unter die Lagerabschnitte eintauchen und eine zuerst eingesetzte Schaufel formschlüssig mit einem Umfangssicherungselement in Eingriff gebracht wird. Anschließend werden die Laufschaufeln einzeln oder in Gruppen durch das Einschieben von Herauskippsicherungselementen unter ihre Fußabschnitten angehoben bzw. vom Nutgrund beabstandet. Abschließend wird eine Verschlussschaufel in die Verankerungsnut eingekippt und bevorzugterweise ein mit der Verschlussschaufel zusammenwirkendes Schließelement aktiviert. Das Verfahren ermöglicht eine einfache, schnelle und reproduzierbare Montage und Demontage bzw. Sicherung und Endsicherung der Schaufeln.

[0030] Bevorzugterweise ist das Schließelement ein Schraubelement und wird soweit eingedreht, dass es bei Anlage der Laufschaufeln an den Lagerabschnitten vom Nutgrund beabstandet ist. Hierdurch werden im Betrieb Relativbewegungen zwischen dem Schließelement und dem Nutgrund verhindert, so dass negative Phänomene wie ein Materialabrieb bzw. "Fretting" zwischen dem Schließelement und dem Nutgrund verhindert werden.

[0031] Eine erfindungsgemäße Strömungsmaschine wie eine Gasturbine und insbesondere ein Flugtriebwerk weist zumindest einen erfindungsgemäßen Schaufel-Scheiben-Verbund auf. Der Schaufel-Scheiben-Verbund ist verdichterseitig und/oder turbinenseitig anordenbar. Eine derartige Strömungsmaschine zeichnet sich durch einen hochbelastbaren Rotor aus.

[0032] Sonstige vorteilhafte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind Gegenstand weiterer Unteransprüche.

[0033] Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand schematischer Darstellungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Schaufel-Scheiben-Verbundes,

Fig. 2 einen Frontalschnitt durch das erste Ausführungsbeispiel,

Fig. 3 eine Unteransicht einer Laufschaufel mit einem Herauskippsicherungselement des ersten Ausführungsbeispiels,

Fig. 4 eine Draufsicht auf ein montiertes Umfangssicherungselement des ersten Ausführungsbeispiels,

Fig. 5 das Umfangssicherungselement im Zusammenwirken mit einer Laufschaufel,

Fig. 6 eine Vorderansicht eines Fußabschnitt einer Verschlussschaufel des ersten Ausfuhrungsbetspiels,

Fig. 7 eine perspektivische Darstellung des Fußabschnitten der Verschlussschaufel,

Fig. 8 einen Längsschnitt durch ein zweites Ausfüürungsbeispiel des erfindungsgemäßen Schaufel-Scheiben-Verbundes,

Fig. 9 eine Einzeldarstellung eines Schließelementes des zweiten Ausführungsbeispiels,

Fig. 10 das Schließelement des zweiten Ausführungsbeispiels im Zusammenwirken einer Verschlussschaufel,

Fig. 11 einen Schnitt durch das Schließelement des zweiten Ausführungsbeispiels im Zusammenwirken mit einer Verschlussschaufel und zwei benachbarten Laufschaufeln in Rückansicht, und

Fig. 12 einen Längsschnitt durch ein drittes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Schaufel-Scheiben-Verbundes.

[0034] Wie in dem Längsschnitt in Fig. 1 und in der in Fig. 2 gezeigt, hat ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Schaufel-Scheiben-Verbundes 1 einer Strömungsmaschine eine Schaufelreihe 2 und eine Rotorscheibe 4. Mit Bezug zur Fig. 1 wird die Strömungsmaschine in Richtung ihrer Maschinenlängsachse, also in axialer Richtung, von einem Heißgas von links nach rechts durchströmt. Mit Bezug zur Fig. 2 tritt somit das Heißgas senkrecht in die Zeichenebene ein. Die Strömungsmaschine ist beispielsweise eine Gasturbine und insbesondere ein Flugtriebwerk.

[0035] Der Schaufel-Scheiben-Verbund 1 bildet einen Teil eines Rotors, der um die Maschinenlängssachse rotiert. Der Rotor ist in dem gezeigten Ausführungsbeispiel ein Turbinenrotor kann jedoch auch ein Verdichterrotor sein. Die Schaufelreihe 2 besteht aus einer Vielzahl von in Umfangsrichtung des Schaufel-Scheiben-Verbundes 1 nebeneinander angeordneten Laufschaufeln 6, 8, 10, 11. Die Laufschaufeln 6, 8, 10, 11 sind jeweils mit ihrem Fuß bzw, Fußabschnitt 12 und ihrem Hals bzw. Halsabschnitt 14 in einer umfangsseitigen Verankerungsnut 16 der Rotorscheibe 4 aufgenommen.

[0036] Die Verankerungsnut 16 hat eine in Strömungsrichtung betrachtete vordere Wandung 18 und eine hintere Wandung 20, die über einen Nutgrund 22 miteinander verbunden sind. Zur Sicherung der Laufschaufeln 6, 8, 10, 11 in Radialrichtung haben die Wandungen 18, 20 zwei gegenüberliegende Ringwulste bzw. Lagerabschnitten 24, 26, an denen die Laufschaufeln 6, 8, 10, 11 mit ihren gegenüber ihren Hälsen 14 verbreiterten Füßen 12 im Betrieb der Strömungsmaschine in Radialrichtung anliegen. Der Nutgrund 22 ist in dem gezeigten Ausführungsbeispiel in Axialrichtung nicht angestellt.

[0037] Die Laufschaufeln 6, 8, 10, 11 erstrecken sich stromaufwärts mit einem vorderen Plattformabschnitt 28 über die vordere Wandung 18 und schließen bündig mit einer sich in Radialrichtung erstreckenden Stirnseite 30 der vorderen Wandung 18 ab. Im Ruhezustand liegen die Laufschaufeln 6, 8, 10, 11 mit ihren vorderen Plattformabschnitt 28 jeweils auf einer Umfangsfläche 32 der vorderen Wandung 18 auf und sind im Betrieb über einen kleinen Radialspalt von dieser beabstandet. Da die vordere Wandung 18 in Umfangsrichtung mit einer einheitlichen Höhe ausgebildet ist, weisen sämtliche Laufschaufeln 6, 8,10,11 den gleichen vorderen Plattformabschnitt 28 auf.

[0038] Die Laufschaufeln 6, 8, 10, 11 erstrecken sich mit einem stromabwärtigen bzw. hinteren Plattformabschnitt 36 über die hintere Wandung 20. Aufgrund der geringeren Höhe der hinteren Wandung 20 im Vergleich zur vorderen Wandung 18 sind die Laufschaufeln. 6, 8, 10, 11 im Ruhezustand mit ihren hinteren Plattformabschnitten 36 jeweils von der hinteren Wandung 20 in Radialrichtung beabstandet. Um ein versehentliches Herauskippen der Laufschaufeln 6, 8, 10 in Oberlage im Ruhezustand zu vermeiden, sind zwischen dem Nutgrund 22 und den Füßen 12 der Laufschaufeln 6, 8, 10 Herauskippsicherungselemente 38 angeordnet.

[0039] Die mit der Bezugsziffer 11 bezeichnete Laufschaufel ist eine sogenannte Verschlussschaufel, die zuletzt in die Verankerungsnut 16 eingesetzt wird und mittels der die Schaufelreihe 2 geschlossen wird. Diese wirkt nicht mit einem Herauskippsicherungselement 38 zusammen, sondern verfügt über einen alternativen Herauskippsicherungsmechanismus, der im Folgenden noch erläutert wird.

[0040] Die Laufschaufeln 6, 8, 10 werden mittels der Herauskippsicherungselemente 38 im Ruhezustand in der gezeigten Oberlage vom Nutgrund 22 beabstandet und somit in Richtung der Lagerabschnitten 24, 26 angehoben. Die Laufschaufeln 6,8,10 sind somit mit ihren Füßen 12 nahe den Lagerabschnitten 24, 26 und entfernt vom Nutgrund 22 positioniert, wodurch sie nicht aus der Verankerungsnut 16 Herauskippen können bzw. herausgekippt werden können.

[0041] Wie in Fig. 1 gezeigt, haben die Herauskippsicherungsetemente 38 ein Profil mit einem vorderen Stützschenkel 40, einem hinteren Stützschenkel 42 und einem sich zwischen den Stützschenkeln 40, 42 erstreckenden Auflageabschnitt 44. Die Herauskippsicherungselemente 38 sind beispielsweise ein mehrfach gebogener Blechkörper und haben federelastische Eigenschaften. Im montierten Zustand stützen sich in der Oberlage die Herauskippsicherungselemente 38 mit ihren Stützschenkel 40, 42 auf dem Nutgrund 22 ab. Die Laufschaufeln 6, 8, 10 liegen mit ihrernFußunterseiten 46 auf den Auflageabschnitten 44 auf und werden hierdurch mit ihren Fußoberseiten 48, 50 nahezu in Anlage mit den Lagerabschnitten 24, 26 gebracht. Im Ruhezustand der Strömungsmaschine sind leichte radiale Bewegungen der Laufschaufeln 6, 8, 10 ermöglicht. Die Form der Auflageabschnitte 44 ist korrespondierend zu den Fußunterseiten 46 gewählt. Aufgrund der hier zueinander angestellten Teilflächen des Auflageabschnitts 44 sind die Herauskippsicherungselemente 38 hier insbesondere M-förmige Profile. Wenn die Fußunterseiten 46 beispielsweise eben ausgebildet sind, haben die Herauskippsicherungselemente 38 ein U-förmiges Profil (siehe drittes Ausführungsbeispiel in Figur 12).

[0042] Wie in den Figuren 3 gezeigt, kann jeder Laufschaufel 6, 8, 10 ein Herauskippsicherungselement 38 zugeordnet sein. Alternativ ist ein Herauskippsicherungselement 38 mehreren Laufschaufeln 6, 8, 10 zugeordnet. Zur Umfangssicherung der Herauskippsicherungselemente 38 in der Verankerungsnut 16 haben die Laufschaufeln 6, 8, 10 und die Verschlussschaufel 11 jeweils einen sich in Axialrichtung erstreckenden Anlageabschnitt 52. Der Anlageabschnitt 52 bildet eine seitliche Schultertläche für die Herauskippsicherungselemente 38, so dass sich, wie in Figur 2 dargestellt, im montierten Zustand die Herauskippsicherungselemente 38 beidseits in Anlage mit den jeweils benachbarten Anlageabschnitten 52, 54 befinden.

[0043] Wie in den Fig. 2, 4, 5 gezeigt, weist der Schaufel-Scheiben-Verbund 1 zur Umfangssicherung der Laufschaufeln 6, 8, 10 und der Verschlussschaufel 11 zumindest ein Umfangssicherungselement 56 auf. Das Umfangssicherungselement 56 ist beispielsweise ein rechteckiger Körper mit einer ebenen Auflagefläche 57 und einer abgerundeten Kopffläche 58. Er bildet mit zumindest einer der Laufschaufeln 6, 8, 10 eine formschlüssige Verbindung, die zur Aufnahme des Umfangssicherungselementes 56 eine sich in Längsrichtung erstreckende Aussparung 59 mit einer zur Außenkontur korrespondierenden konvexen Innenfläche aufweist. Selbstverständlich können auch mehrere Umfangssicherungselemente 56 vorgesehen sein. Beispielsweise kann auch jeder Laufschaufel 6, 8, 10 ein Umfangssicherungselement 56 zugeordnet sein.

[0044] Das Umfangssicherungselement 56 ist endseitig in zwei zueinander fluchtende wandungsseitige Aufnahmen 60 eingesetzt und stützt sich im montierten Zustand auf einem Herauskippsicherungselement 38 mit seiner Auflagefläche 57 ab. Die Aufnahmen 60 sind hier axiale Rückstufungen der gegenüberliegenden Lagerabschnitten 24, 26. Bevorzugterweise sind die Aufnahmen 60 im Bereich der Lagerabschnitten 24, 26 ausgebildet und durchsetzen diese in radiale Richtung, so dass zum einen die Wandungen 18, 20 nicht geschwächt werden und zum anderen das Umfangssicherungselement 56 radial von außen nach innen eingesetzt werden kann.

[0045] Wie in den Figuren 1, 2, 6 und 7 gezeigt, wirkt die Verschlussschaufel 11 zum Verriegeln der Schaufelreihe 2 mit einem Schließelement 62 zusammen, das gleichzeitig als Herauskippsicherungsmechanismus wirkt und die Verschlussschaufel 11 in der gezeigten Oberlage gegen ein Herauskippen sichert. Das Schließelement 62 ist als ein Schraubelement mit einem Gewindeschaft 64 und einem gegenüber dem Gewindeschaft 64 verbreiterten Kopf 66 ausgebildet. Es ist in einer Innengewindebohrung 68 der Verschlussschaufel 11 geführt, die deren Plattform, Hals 14 und Fuß 12 in radialer Richtung durchsetzt. Zur Vermeidung einer Kollision des Schließelementes 62 mit ihrem Schaufelblatt 69 ist die Innengewindebohrung 68 in Umfangsrichtung angestellt. Das Schließelement 62 ragt mit seinem Kopf 66 fußseitig aus der Verschlusssehaufel 11 heraus und taucht zwischen zwei benachbarte Herauskippsicherungselemente 38 ein. Zum vereinfachten Einsetzen der Verschlussschaufel 11 in die Verankerungsnut 16 hat diese eine fußseitige Ausnehmung 70 zur zumindest abschnittweisen Aufnahme des Kopfes 66 beim Einsetzen. Zur Betätigung des Schließelementes 62 hat dieses eine außenliegende Werkzeugaufnahme 72, die in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel als ein Innensechskant ausgebildet ist. Um Strömungsturbulenzen im Bereich des Schließelementes 62 zu vermeiden, ist das Schließelement 62 bzw. der Gewindeschaft 64 im verriegelten Zustand gegenüber einer Plattformoberfläche 74 versenkt. Zur Fixierung des Schließelementes 62 in seiner Verriegelungsstellung ist eine nicht gezeigte Drehsicherung vorgesehen, mittels der eine unbeabsichtigte Drehbewegung des Schließelements 62 und somit ein Verstellen des Schließelementes 62 verhindert wird.

[0046] Zum Montieren des ersten Ausführungsbeispiels des Schaufel-Scheiben-Verbundes wird zunächst das zumindest eine Umfangssicherungselement 56 durch radiales Einstecken in die Aufnahmen 60 in der Rotorscheibe 4 angeordnet. Danach wird die Lautschaufel 6 über dem Umfangssicherungselement 56 in die Verankerungsnut 16 eingekippt. Das Einkippen erfolgt über die hintere Wandung 20 in Axialrichtung nach vorne. Da-

bei wird die Laufschaufel 6 mit ihrem Fuß 12 unter den hinteren Lagerabschnitt 26 eingetaucht und dann nach vorne gerippt. Dabei wird sie mit dem auf dem Nutgrund 22 aufliegenden Umfangssicherungselement 56 derart in Eingriff gebracht wird, das dieses zumindest abschnittsweise in die Aussparung 59 eintaucht. Anschließend wird zumindest ein Herauskippsicherungselement 38 in die Verankerungsnut 16 eingesetzt und in Umfangsrichtung unter das Umfangssicherungselement 56 und somit unter die Laufschaufel 6 geschoben. Das Umfangssicherungselement 56 liegt nun wie die Laufschaufel 6 auf dem Herauskippsicherungselement 38 auf und ist vom Nutgrund 22 beabstandet. Anschließend werden die übrigen Laufschaufeln 8, 10 in die Verankerungsnut 16 eingekippt und mittels der nachfolgend eingesetzten Herauskippsicherungselemente 38 vom Nutgrund 22 beabstandet. Selbstverständlich können die Laufschaufeln 6, 8, 10 auch in Gruppen angehoben werden bzw. ein Herauskippsicherungselement 38 unter mehrere Laufschaufeln 6, 8, 10 gleichzeitig geschoben werden. Abschließend wird die Verschlussschaufel 11 mit zurückgefahrenem Schließelement 62 eingekippt. Im zurückgefahrenen Zustand befindet sich der Kopf 66 des das Schließelements 62 zumindest abschnittweise in der Ausnehmung 70. Das Schließelement 62 wird durch eine Drehbewegung in seine Verriegelungsposition ausgefahren. Dabei stützt es sich mit seinem Kopf 66 auf dem Nutgrund 22 zwischen den benachbarten Herauskippsicherungselementen 38 ab und hebt hierdurch die Verschlussschaufel 11 an. Die Verriegelungsposition ist erreicht, sobald die Verschlussschaufel 11 im Ruhezustand gegen ein Herauskippen gesichert ist. Das Schließelement 62 wird dabei bevorzugterweise nur derart weit aufgefahren, das es im Betrieb mit seinem Kopf 66 vom Nutgrund 22 beabstandet ist. Die Verschlussschaufel 11 wird also mittels des Schließelements 62 nicht zwischen dem Nutgrund 22 und dem Lagerabschnitten 24, 26 eingespannt. Im Ruhezustand sind leichte radiale Bewegungen ermöglicht. Somit kann die Verschlussschaufel 11 eine optimale Betriebslage einnehmen. Zudem wird ein Materialabrieb zwischen dem Kopf 66 und dem Nutgrund 22 verhindert.

[0047] In den Figuren 8, 9, 10 und 11 ist ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Schaufel-Scheiben-Verbundes 1 gezeigt. Im wesentlichen Unterschied zum ersten Ausführungsbeispiel nach den Figuren 1 bis 7 zeigt das zweite Ausführungsbeispiel nach den Figuren 8 bis 11 ein alternatives Schließelement 62 und eine mit diesem Schließelement 62 zusammenwirkende alternative Verschlussschaufel 11.

[0048] Das Schließelement 62 hat einen kippelementartigen Grundkörper. Es hat somit im Wesentlichen ein Profil wie die vorbeschriebenen und bei diesem Ausführungsbeispiel ebenfalls verwendeten Herauskippsicherungselemente 38. Es ist bevorzugterweise ein mehrfach gebogener Blechkörper mit federnden Eigenschaften, der aufgrund der zueinander angestellten Teilflächen der Fußunterseiten 46 der Verschlussschaufel 11 und der zumindest zur Verschlussschaufel 11 benachbarten Laufschaufeln 8, 10 hier M-förmig ist. Er hat einen vorderen Stützschenkel 76 und einen hinteren Stützschenkel 78 sowie einen die Stützschenkel 76, 78 miteinander verbindenden Auflageabschnitt 80, der korrespondierend zu den Fußunterseiten 46 ausgebildet ist. Das Schließelement 62 hat eine Breite bzw.. Erstreckung in Umfangsrichtung, die etwa der doppelten Fußbreite der Laufschaufeln 8, 10 und der Verschlussschaufel 11 entspricht. Die Laufschaufeln 8, 10 und die Verschlussschaufeln haben die gleiche Fußbreite. Somit wird die Verschlussschaufel 11 in ihrer gezeigten Oberlage vollständig von dem Schließelement 62 angehoben. Die benachbarten Laufschaufeln 8, 10 liegen jeweils hälftig auf dem Schließelement 62 auf.

[0049] Zum Zusammenwirken mit der als Verschlussschaufel 11 hat das Schließelement 62 eine mittig angeordnete Lasche 82, die über eine plastische Verformung aus einer Freigabeposition a in eine Verriegelungsposition b überführt wird. Die Lasche 82 ist ein integraler Abschnitt des Auflageabschnitts 80 und in der Freigabeposition a in einer Öffnung 84 angeordnet. Hierdurch schließt die Lasche 82 in der Freigabeposition a bündig mit dem Auflageabschnitt 80 ab, was die Montage der Verschlussschaufel 11 und der benachbarten Laufschaufeln 8, 10 vereinfacht. Insbesondere zeichnet die Lasche 82 den Verlauf des Anlageabschnitts 80 nach.

[0050] Zur Aufnahme der Lasche 82 hat die Verschlussschaufel 11 eine hierfür entsprechend ausgebildete fußseitig Verriegelungsausnehmung 86. Die Verriegelungsausnehmung 86 ist in Schaufelquerrichtung, also im montierten Zustand in Umfangsrichtung betrachtet, mittig und von hinten in den Fuß 12 eingebracht. Sie durchsetzt die Fußunterseite 46 und die hintere Fußoberseite 50. Sie hat eine in Axialrichtung angestellte Verriegelungsfläche 88, die einen Anschlag für die hochgebogene Lasche 82 bildet und somit die Verriegelungsposition b definiert. Die Breite der Verriegelungsausnehmung 86 entspricht in etwa der Laschenbreite 82 bzw. die Verriegelungsausnehmung 86 ist zur Vereinfachung der Montage ein bisschen breiter als die Lasche 82.

[0051] Zum Ausrichten des Schließelementes 62 bei der Montage sind in dem Grundkörper 64 eine Vielzahl von Werkzeugaufnahmen 90, 92 ausgebildet, die in Umfangsrichtung nebeneinander angeordnet sind. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind nur zwei Werkzeugaufnahmen 90, 92 beziffert. Die Werkzeugaufnahmen 90, 92 sind identisch ausgebildet und dienen zum Ansetzen eines entsprechenden Werkzeuges. Sie ermöglichen eine Verschiebung des in die Verankerungsnut 16 eingesetzten Schließelementes 62 bei ebenfalls bereits eingesetzten Laufschaufeln 8, 10.

[0052] Im Unterschied zum vorhergehend erläuterten Verfahren zur Montage des Schaufel-Scheiben-Verbundes 1 ändert sich lediglich die Montage der Verschlussschaufel 11 und der sie flankierenden Laufschaufeln 8, 10. Nachdem die vorherigen Laufschaufeln 6 mit zumindest einem Umfangssicherungselement 56 und den sie

in der Oberlage tragenden Herauskippsicherungselementen 38 eingesetzt sind und sich in ihren Soll-Positionen befinden, wird zuerst das Schließelement 62 in die Verankerungsnut 16 eingesetzt und seitlich verschoben. Danach werden die Laufschaufeln 8, 10 und die Verschlussschaufel 11 an der freien Stelle der Verankerungsnut 16 durch eine Bewegung von hinten nach vorne eingekippt und in ihre jeweilige Soll-Position verschoben. Dann wird das Schließelement 62 exakt ausgerichtet und die Verschlussschaufel 11 eingekippt. Abschließend wird die Lasche 82 aus ihrer Freigabeposition a in ihre Verriegelungsposition b umgebogen, bis sie in die Verriegelungsausnehmung 86 eintaucht und sich in Anlage mit der Verriegelungstläche 88 befindet. Die Laufschaufeln 8, 10 sowie die Verschlussschaufel 11 liegen nun im Ruhezustand in der gezeigten Oberlage auf dem Schließelement 62 auf und sind gegen Herauskippen gesichert. Dabei liegt die Verschtussschaufel 11 vollflächig auf dem Schließelement 62 auf. Die Laufschaufeln 8, 10 liegen hälftig auf dem Schließelement 62 auf. Die Laufschaufeln 8, 10 und die Verschlussschaufel 11 sind somit vom Nutgrund 22 beabstandet und mit ihren Fußoberseiten 44, 46 nahe den Lagerabschnitten 24, 26 positioniert. Der Lascheneingriff in die Verriegelungsausnehmung 86 verhindert insbesondere ein Herauskippen der Verschlussschaufel 11.

[0053] In Figur 12 ist ein Längsschnitt durch ein drittes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Schaufel-Scheiben-Verbundes 1 gezeigt. Im wesentlichen Unterschied zu den vorhergehenden Ausführungsbeispielen weist das dritte Ausführungsbeispiel nach Figur 12 eine alternative Umfangssicherung auf.

[0054] Eine Verschlussschaufel 11 ist ähnlich der Verschlussschaufel nach dem ersten Ausführungsbeispiel ausgeführt. Entsprechend wirkt die Verschlussschaufel 11 mit einem schraubartigen Schließelement 62 zusammen, dass in einer Innengewindebohrung 68 geführt ist und mit seinem verdickten Kopf 66 im montierten Zustand zwischen zwei Herauskippsicherungselemente 38 eintaucht. Im Ruhezustand liegt in der Oberlage der Kopf 66 auf dem Nutgrund 22 auf und hebt hierdurch die Verschlussschaufel 11 an. In dem hier gezeigten Betriebszustand wird die Verschlussschaufel 11 mit ihren Fuß 12 gegen die Lagerabschnitte 24, 26 gedrückt und der Kopf 66 des Schließelementes 62 ist vom Nutgrund 22 beabstandet.

[0055] Zum Anheben der sonstigen Laufschaufeln in der Oberlage im Ruhezustand sind entsprechende Herauskippsicherungselemente 38 vorgesehen, die ähnlich den Herauskippsicherungselementen 38 nach den vorhergehenden Ausführungsbeispielen ausgerührt sind. Sie haben jeweils zwei Stützschenkel 40, 42 und einen die Stützschenkel 40, 42 miteinander verbindenden Auflageabschnitt 44. Im Wesentlichen Unterschied ist bei den hier verwendeten Herauskippsicherungselemente 38 der Auflageabschnitt 44 eben ausgebildet und der hintere Stützschenkel 42 ist gegenüber dem vorderen Stützschenkel 40 verlängert. Die Herauskippsicherungselemente 38 haben somit ein U-förmiges Profil. Die Verlängerung des zweiten Stützschenkel 42 ergibt sich aus dem in Axialrichtung angestellten Nutgrund 22. In Strömungsrichtung betrachtet ist der Nutgrund 22 radial von außen nach innen angestellt. Der Längenunterschied zwischen den Stützschenkeln 40, 42 bewirkt nun den Ausgleich dieses Höhenunterschieds bzw. des radialen Versatzes, so dass der Auflageabschnitt 44 in Axialrichtung nicht angestellt ist.

[0056] Gemäß Figur 12 wird die alternative Umfangssicherung dadurch gebildet, dass sich zumindest eine Laufschaufel, hier die Verschlussschaufel 11, mit ihrem vorderen Plattformabschnitt 28 seitlich in Anlage mit einem als Wandungsabschnitt ausgebildeten Umfangssicherungselement 56 der vorderen Wandung 18 befindet. Das Umfangssicherungselement 56 wird durch einen radialen Ausschnitt 94 in der vorderen Wandung 18 gebildet. Zur Anlage an dem Umfangssicherungselement 56 ist in dem vorderen Plattformabschnitt 28 der Verschlussschaufel 11 im Bereich seiner Vorderkante zumindest in einem Eckbereich eine axiale Rückstufung 96 eingebracht.

[0057] Die vordere Wandung 18 kann eine Vielzahl von derartigen Umfangssicherungselementen 56 aufweisen, so dass die vordere Wandung 18 quasi kranzartig ausgebildet ist. Alternativ bzw. entsprechend hätten dann die übrigen Laufschaufeln 8, 10, 12 einen korrespondierenden vorderen Plattformabschnitt 28.

[0058] Im Wesentlichen Verfahrensunterschied zum ersten Ausführungsbeispiel entfällt bei der Montage das Einsetzen der Umfangssicherungselemente 56 in die Verankerungsnut 16, da die Umfangssicherungselement 56 unmittelbar an der vorderen Wandung 20 ausgebildet sind.

[0059] Offenbart ist Schaufel-Scheiben-Verbund einer Strömungsmaschine, mit einer Vielzahl von nebeneinander angeordneten Laufschaufeln und mit einer Verschlussschaufel, die in eine Verankerungsnut eingekippt werden, mit zumindest einem Umfangssicherungselement, das mit zumindest einer Schaufel formschlüssig zusammenwirkt, einer Vielzahl von Herauskippsicherungselementen, die zwischen dem Nutgrund und den Fußabschnitten angeordnet sind und die im Ruhezustand die Schaufeln in Oberlage vom Nutgrund beabstanden, und mit einem Schließelement, das abschnittsweise zwischen dem Nutgrund und den Fußabschnitten angeordnet ist und das im Ruhezustand die Verschlussschaufel in Oberlage vom Nutgrund beabstandet, ein Verfahren zur Montage eines derartigen Schaufel-Scheiben-Verbundes sowie eine Strömungsmaschine.

Bezugszeichenliste

[0060]

1 Schaufel-Scheiben-Verbund
2 Schaufelreihe
4 Rotorscheibe

6 Laufschaufel
8 Laufschaufel
10 Laufschaufel
11 Laufschaufel / Verschlussschaufel
12 Fuß Fußabschnitt
14 Hals / Halsabschnitt
16 Verankerungsnut
18 vordere Wandung
20 hintere Wandung
22 Nutgrund
24 Lagerabschnitte
26 Lagerabschnitte
28 vorderer Plattformabschnitt
30 Stirnseite
34 Umfangsfläche
36 hinterer Plattformabschnitt
38 Herauskippsicherungselement
40 Stützschenkel
42 Stützschenkel
44 Auflageabschnitt
46 Unterseite / Fußunterseite
48 vordere Oberseite / Fußoberseite
50 hintere Oberseite / Fußoberseite
52 axialen Anlageabschnitt
54 axialen Anlageabschnitt
56 Umfangssicherungselement
57 Auflagefläche
58 Kopffläche
59 axiale Aussparung
60 Aufnahme
61 Innenfläche
62 Schließelement
64 Gewindeschaft
66 Kopf
68 Innengewindebohrung
69 Schaufelblatt
70 Ausnehmung
72 Werkzeugaufnahme
74 Plattformoberfläche
76 Stützschenkel
78 Stützschenkel
80 Auflageabschnitt
82 Lasche
84 Öffnung
86 Verriegelungsausnehmung
88 Verriegelungsfläche
90 Werkzeugaufnahme
92 Werkzeugaufnahme
94 radialer Ausschnitt
96 axiale Rückstufung

a Freigabeposition
b Verriegelungsposition

Patentansprüche

1. Schaufel-Scheiben-Verbund (1) einer Strömungsmaschine, mit einer Vielzahl von nebeneinander angeordneten Laufschaufeln (6, 8, 10) und mit einer Verschlussschaufel (11), die mit ihren Fußabschnitten (12) in einer umfangsseitige Verankerungsnut (16) einer Rotorscheibe (4) eingesetzt sind und mit Lagerabschnitten (24, 26) einer vorderen Wandung (18) und einer hinteren Wandung (20) der Verankerungsnut (16) in Radialrichtung formschlüssig zusammenwirken, und mit

- zumindest einem Umfangssicherungselement (56), das mit zumindest einer der Schaufeln (6, 8, 10, 11) formschlüssig zusammenwirkt, und
- einer Vielzahl von Herauskippsicherungselementen (38), die zwischen einem Nutgrund (22) und den Fußabschnitten (12) angeordnet sind und die im Ruhezustand die Laufschaufeln (6, 8, 10) in Oberlage vom Nutgrund (22) beabstanden.

2. Schaufel-Scheiben-Verbund nach Anspruch 1, wobei das zumindest eine Umfangssicherungselement (56) ein länglicher Körper ist, der endseitig in zwei zueinander fluchtende Aufnahmen (60) der Wandungen (18, 20) eingesetzt ist und die zumindest eine Laufschaufel (6, 8, 10) eine axiale Aussparung (59) zur Aufnahme des Umfangssicherungselementes (56) hat.

3. Schaufel-Scheiben-Verbund nach Anspruch 1, wobei das zumindest eine Umfangssicherungselement (56) ein Wandabschnitt der einen Wandung (18) ist und zumindest eine Schaufel ((6, 8, 10, 11) hat eine korrespondierende plattformseitige axiale Rückstufung (96) zum Zusammenwirken mit dem Wandabschnitt.

4. Schaufel-Scheiben-Verbund nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei die Herauskippsicherungselemente (38) umgeformte Blechkörper sind, die sich im Ruhezustand mit ihren Stützschenkeln (40, 42) am Nutgrund (22) abstützen.

5. Schaufel-Scheiben-Verbund nach Anspruch 4, wobei zumindest einige Schaufeln (6, 8, 10, 11) einen Anlageabschnitt haben, an dem jeweils ein Herauskippsicherungselement (38) seitlich anliegt.

6. Schaufel-Scheiben-Verbund nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Schließelement (62) vorgesehen ist, das abschnittsweise zwischen dem Nutgrund (22) und den Fußabschnitten (12) angeordnet ist und das im Ruhezustand die Verschlussschaufel (11) in Oberlage vom Nutgrund (22) beabstandet.

7. Schaufel-Scheiben-Verbund nach Anspruch 6, wobei das Schließelement (62) in einer Bohrung (68)

der Verschlussschaufel (11) geführt ist und zwischen zwei benachbarte Herauskippsicherungselemente (38) eintaucht.

8. Schaufel-Scheiben-Verbund nach Anspruch 7, wobei das Schließelement (62) ein Schraubelement ist und eine Drehsicherung hat.

9. Schaufel-Scheiben-Verbund nach Anspruch 8, wobei das Schließelement (62) einen Kopf (66) hat, der gegenüber seinem in der Bohrung (68) geführten Schaft (64) verdickt ist und der zwischen den Herauskippsicherungselementen (38) angeordnet ist.

10. Schaufel-Scheiben-Verbund nach Anspruch 6, wobei das Schließelement (62) einen Herauskippsicherungselementartigen Grundkörper mit einer plastisch verformbaren Lasche (82) hat, die in eine Ausnehmung (70) der Verschlussschaufel (11) eingreift.

11. Schaufel-Scheiben-Verbund nach Anspruch 10, wobei der Grundkörper eine Vielzahl von Werkzeugsaufnahmen (90, 92) hat, die in Umfangsrichtung des Schaufel-Scheiben-Verbund (1) nebeneinander angeordnet sind.

12. Verfahren zum Montieren eines Schaufel-Scheiben-Verbundes (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit den Schritten:

- Bereitstellen einer Rotorscheibe (4) mit einer umfangsseitigen Verankerungsnut (16), die von zwei Wandungen (18, 20) begrenzt wird, wobei die Wandungen (18, 20) zwei gegenüberliegende Lagerabschnitte (24, 26) aufweisen,
- Einkippen von Laufschaufeln (6, 8, 10) in die Verankerungsnut (16), wobei die Laufschaufeln (6, 8, 10) mit ihrem Fußabschnitt (12) unter die Lagerabschnitte (24, 26) eintauchen und eine zuerst eingesetzten Laufschaufeln (6, 8, 10) formschlüssig mit einem Umfangssicherungselement (56) in Eingriff gebracht wird,
- Anheben der Laufschaufel (6, 8, 10) einzeln oder in Gruppen und Einschieben eines Herauskippsicherungselementes (38) unter deren Fußabschnitte (12), und
- Einkippen einer Verschlussschaufel (11) in die Verankerungsnut (16).

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Schließelement (62) ein Schraubelement ist und soweit eingedreht wird, das es bei Anlage der Verschlussschaufel (11) an den Lagerabschnitten (24, 26) vom Nutgrund (22) beabstandet ist.

14. Strömungsmaschine mit einem Schaufel-Scheiben-Verbund (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11.

Claims

1. A blade-disk group (1) of a turbomachine, having a plurality of adjacent rotor blades (6, 8, 10) and a locking blade (11), which are inserted with their root portions (12) into a peripheral anchoring groove (16) of a rotor disk (4) and cooperate with a form fit in the radial direction with bearing portions (24, 26) of an anterior wall (18) and a rear wall (20) of the anchoring groove (16), and with

- at least one peripheral securing element (56), which cooperates, with a form fit, with at least one of the blades (6, 8, 10, 11), and
- a plurality of tipping-out safety elements (38), which are positioned between the bottom of the groove (22) and the root portions (12) and which, in the resting state, separate the rotor blades (6, 8, 10) in an upper position from the bottom of the groove (22).

2. The blade-disk group of claim 1, wherein the at least one peripheral securing element (56) is an oblong body, which is inserted at the ends into two mutually aligned recesses (60) of walls (18, 20) and the at least one rotor blade (6, 8, 10) has an axial cavity (59) for receiving the peripheral securing element (56).

3. The blade-disk group of claim 1, wherein the at least one peripheral securing element (56) is a wall portion of the one wall (18) and at least one blade (6, 8, 10, 11) has a corresponding platform-side axial rear-step (96) for cooperating with the wall portion.

4. The blade-disk group of claim 1, 2 or 3, wherein the tipping-out safety elements (38) are deformed sheet metal bodies, which, in the resting state, abut with their supporting legs (40, 42) on the bottom of the groove (22).

5. The blade-disk group of claim 4, wherein at least some of the blades (6, 8, 10, 11) have an abutment portion, on which a respective tipping-out safety element (38) is laterally abutting.

6. The blade-disk group of any of the preceding claims, wherein a closing element (62) is provided, which is positioned in portions between the bottom of the groove (22) and the root portions (12) and which, in the resting state, separates the locking blade (11) in the upper position from the bottom of the groove (22).

7. The blade-disk group of claim 6, wherein the closing element (62) is introduced in a hole (68) of the locking blade (11) and is inserted between two neighboring tipping-out safety elements (38).

8. The blade-disk group of claim 7, wherein the closing element (62) is a screw element having an anti-rotation safety.

9. The blade-disk group of claim 8, wherein the closing element (62) has a head (66), which is thickened with respect to its stem (64) which is introduced in the hole (68) and which is positioned between the tipping-out safety elements (38).

10. The blade-disk group of claim 6, wherein the closing element (62) has a base body similar to an element of the tipping-out safety, with a plastically deformable tongue (82), which engages in a cavity (70) of the locking blade (11).

11. The blade-disk group of claim 10, wherein the base body has a plurality of tool receptacles (90, 92), which are adjacent to each other in the peripheral direction of the blade-disk group (1).

12. A method for mounting a blade-disk group (1) of any of the preceding claims, with the steps:

- providing a rotor disk (4) with a peripheral anchoring groove (16), which is delimited by two walls (18, 20), wherein the walls (18, 20) have two opposed bearing portions (24, 26),
- tilting in of rotor blades (6, 8, 10) into the anchoring groove (16), wherein the rotor blades (6, 8, 10) immerse with their root portion (12) under the bearing portions (24, 26) and a previously introduced rotor blade (6, 8, 10) is engaged with a form fit with a peripheral securing element (56),
- lifting the rotor blade (6, 8, 10) individually or in groups and inserting a tipping-out safety element (38) under their root portions (12) and
- tilting in of a locking blade (11) into the anchoring groove (16).

13. The method of claim 12, wherein the closing element (62) is a screw element, which is screwed in until by abutting of the locking blade (11) against the bearing portions (24, 26) it is separated from the bottom of the groove (22).

14. A turbomachine with a blade-disk group (1) of any of claims 1 to 11.

Revendications

1. Ensemble aube-disque (1) d'une turbomachine, comprenant une pluralité d'aubes directrices (6, 8, 10) juxtaposées et une aube de fermeture (11), lesquelles sont insérées au niveau de leurs parties de pied (12) dans une rainure d'ancrage périphérique (16) d'un disque de rotor (4) et coopèrent par complémentarité de formes dans la direction radiale avec des parties de support (24, 26) d'une paroi avant (18) et d'une paroi arrière (20) de la rainure d'ancrage (16), et avec

- au moins un élément de fixation circonférentiel (56) qui coopère positivement avec au moins l'une des aubes (6, 8, 10, 11), et comprenant en outre

  - au moins un élément de fixation circonférentielle (56) qui coopère par complémentarité de formes avec au moins une des aubes (6, 8, 10, 11), et
  - une pluralité d'éléments anti-déboîtement (38) qui sont disposés entre un fond de rainure (22) et les parties de pied (12) et qui espacent au repos les aubes de rotor (6, 8, 10) en position haute du fond (22) de la rainure.

2. Ensemble aube-disque selon la revendication 1, dans lequel l'au moins un élément de fixation circonférentielle (56) est un corps allongé qui est inséré au côté extrémité dans deux logements (60), alignés l'un avec l'autre, des parois (18, 20) et l'au moins une aube directrice (6, 8, 10) comporte un évidement axial (59) destiné à recevoir l'élément de fixation circonférentielle (56).

3. Ensemble aube-disque selon la revendication 1, dans lequel l'au moins un élément de fixation circonférentielle (56) est une partie d'une paroi (18) et au moins une aube (6, 8, 10, 11) comporte un retrait axial côté plate-forme correspondant (96) destiné à coopérer avec la partie de paroi.

4. Ensemble aube-disque selon la revendication 1, 2 ou 3, dans lequel les éléments anti-déboîtement (38) sont des corps en tôle déformée qui sont en appui au repos, au niveau de leurs branches de support (40, 42), au fond (22) de la rainure.

5. Ensemble aube-disque selon la revendication 4, dans lequel au moins certaines aubes (6, 8, 10, 11) comportent une partie d'appui sur laquelle l'élément anti-déboîtement (38) est en appui latéralement.

6. Ensemble aube-disque selon l'une des revendications précédentes, dans lequel un élément de fermeture (62) est prévu qui est disposé par endroits entre le fond (22) de la rainure et les parties de pied (12) et qui espace au repos l'aube de fermeture (11) en position haute du fond (22) de la rainure.

7. Ensemble aube-disque selon la revendication 6, dans lequel l'élément de fermeture (62) est guidé

dans un alésage (68) de l'aube de fermeture (11) et pénètre entre deux éléments anti-déboîtement adjacents (38).

8. Ensemble aube-disque selon la revendication 7, dans lequel l'élément de fermeture (62) est un élément fileté et comporte une protection anti-rotation.

9. Ensemble aube-disque selon la revendication 8, dans lequel l'élément de fermeture (62) comporte une tête (66) qui est épaissie par rapport à sa tige (64) guidée dans l'alésage (68) et est disposée entre les éléments anti-déboîtement (38).

10. Ensemble aube-disque selon la revendication 6, dans lequel l'élément de fermeture (62) comporte un corps de base du type élément anti-déboîtement muni d'une languette (82) déformable plastiquement qui s'engage dans un évidement (70) de l'aube de fermeture (11).

11. Ensemble aube-disque selon la revendication 10, dans lequel le corps de base comporte une pluralité de porte-outils (90, 92) qui sont disposés côte à côte dans la direction circonférentielle de l'ensemble aube-disque (1).

12. Procédé de montage d'un ensemble aube-disque (1) selon l'une des revendications précédentes, comprenant les étapes suivantes :

- la production d'un disque de rotor (4) pourvu d'une rainure d'ancrage périphérique (16) qui est délimitée par deux parois (18, 20), les parois (18, 20) comportant deux partie de support opposées (24, 26),
- l'emboîtement des aubes directrices (6, 8, 10) dans la rainure d'ancrage (16), les aubes directrices (6, 8, 10) pénétrant au niveau de leur partie de pied (12) sous les parties de support (24, 26) et une des aubes directrices (6, 8, 10) préalablement insérées étant amenée en engagement par complémentarité de forme avec un élément de fixation circonférentielle (56),
- le soulèvement des aubes directrices (6, 8, 10) individuellement ou en groupes et l'insertion d'un élément anti-déboîtement (38) sous les parties de pied (12) de celles-ci, et
- l'emboîtement d'une aube de fermeture (11) dans la rainure d'ancrage (16).

13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel l'élément de fermeture (62) est un élément fileté et est vissé jusqu'à être espacé du fond (22) de la rainure lorsque l'aube de fermeture (11) est en appui sur les parties de support (24, 26).

14. Turbomachine équipée d'un ensemble aube-disque (1) selon l'une des revendications 1 à 11.

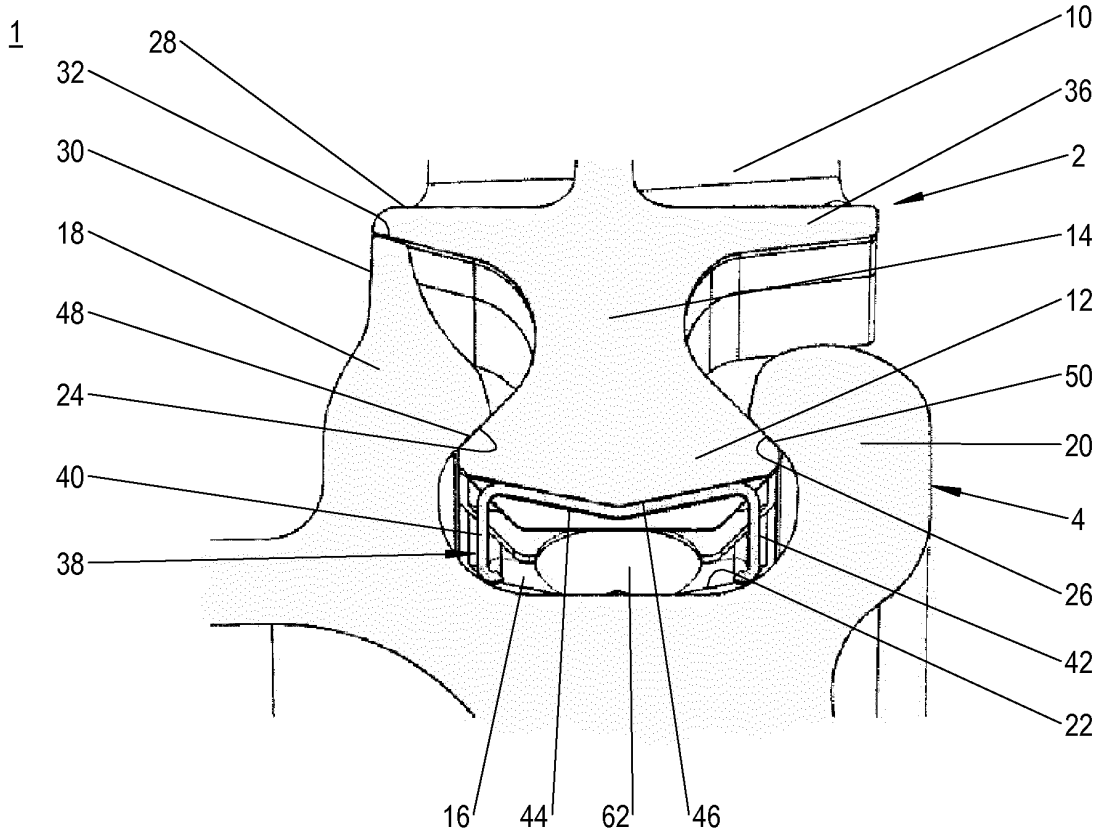

1
28
32
30
18
48
24
40
38
10
36
2
14
12
50
20
4
26
42
22
16
44
62
46

Fig. 1

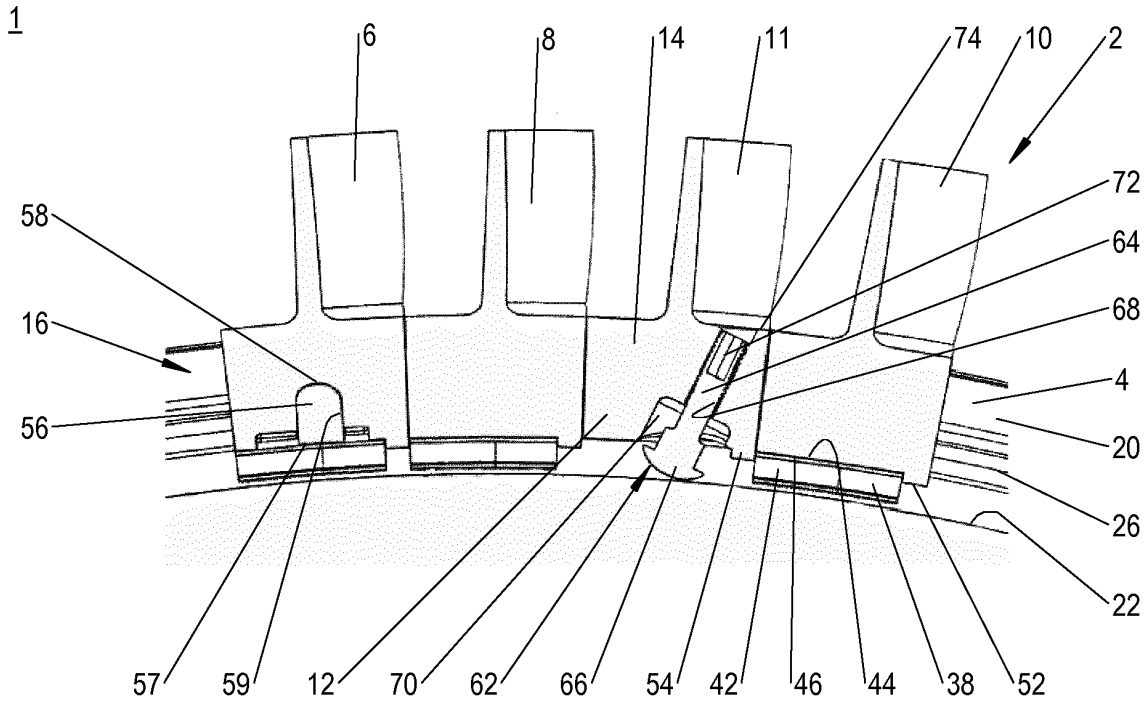

1
6
8
14
11
74
10
2
72
64
68
4
20
26
22
58
16
56
57
59
12
70
62
66
54
42
46
44
38
52

Fig. 2

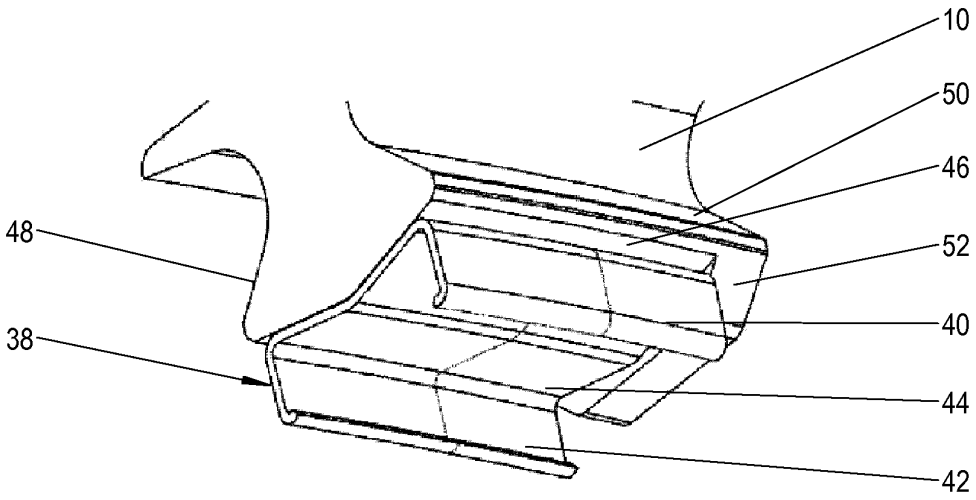


Fig. 3

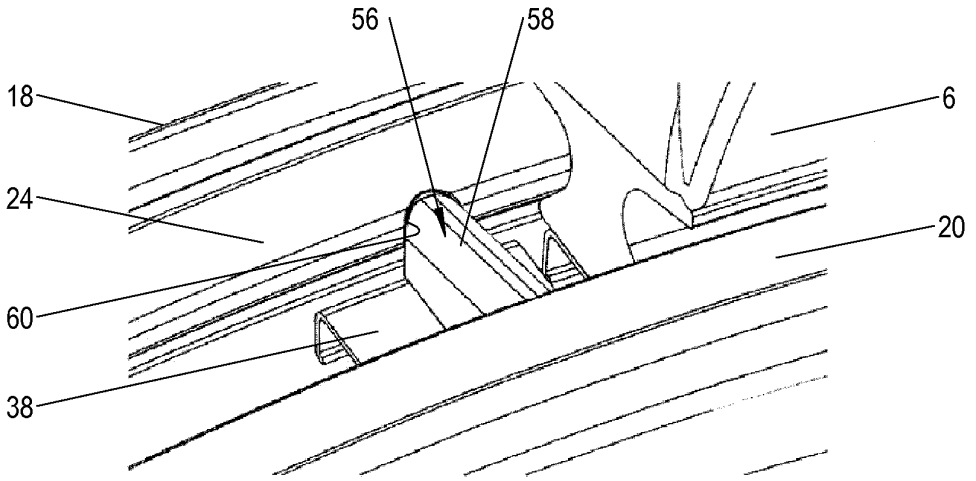


Fig. 4

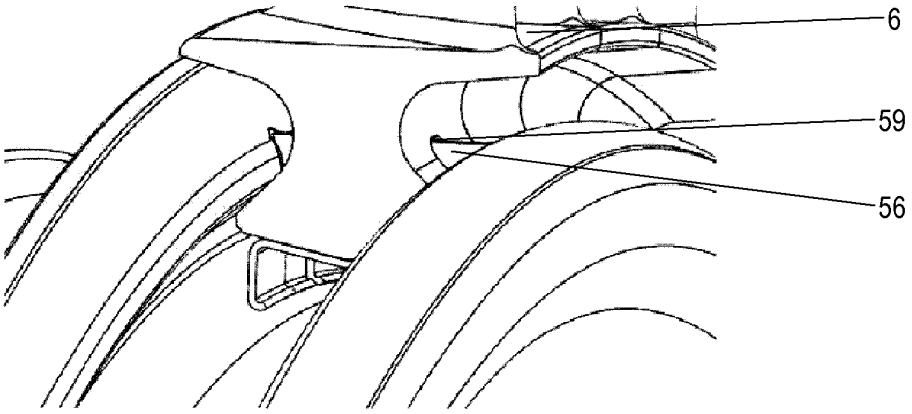


Fig. 5

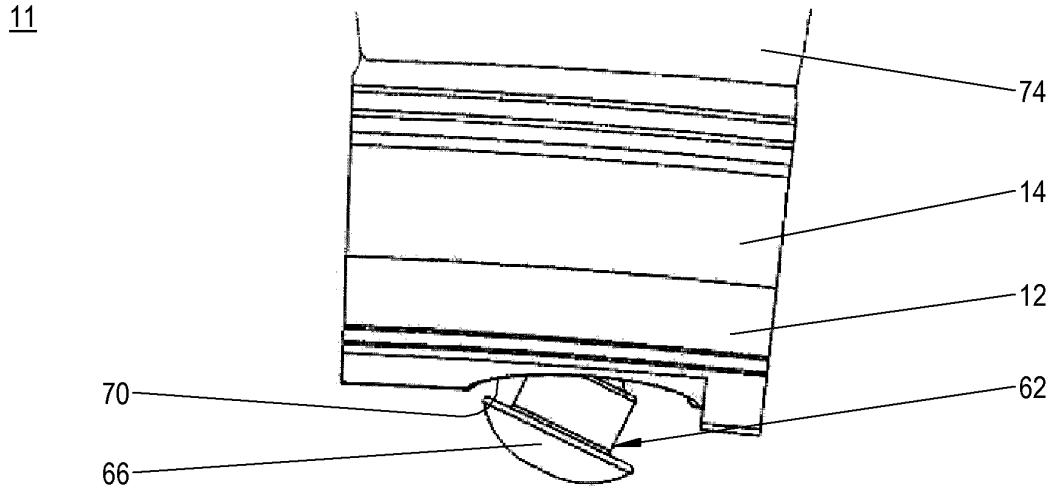


Fig. 6

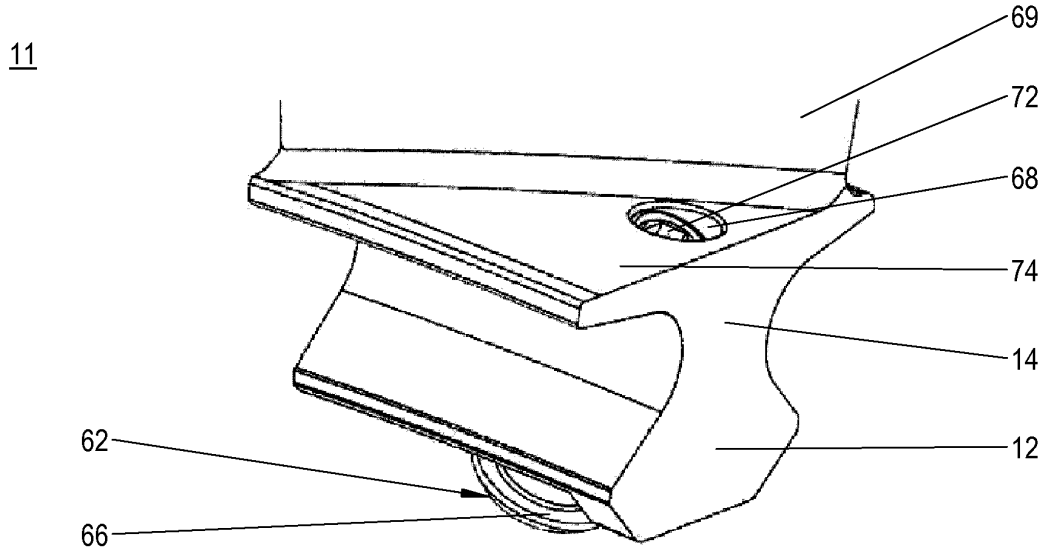


Fig. 7

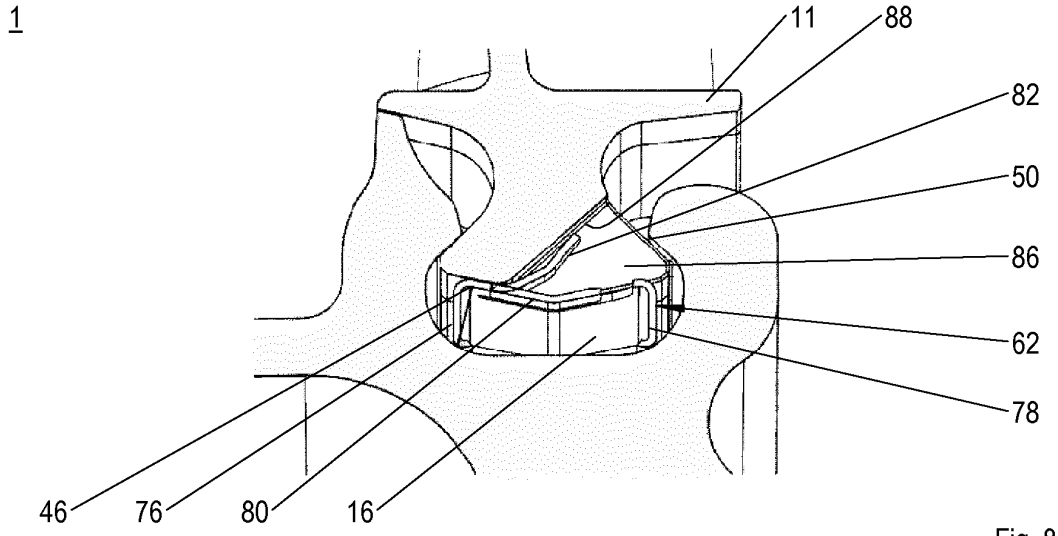


Fig. 8

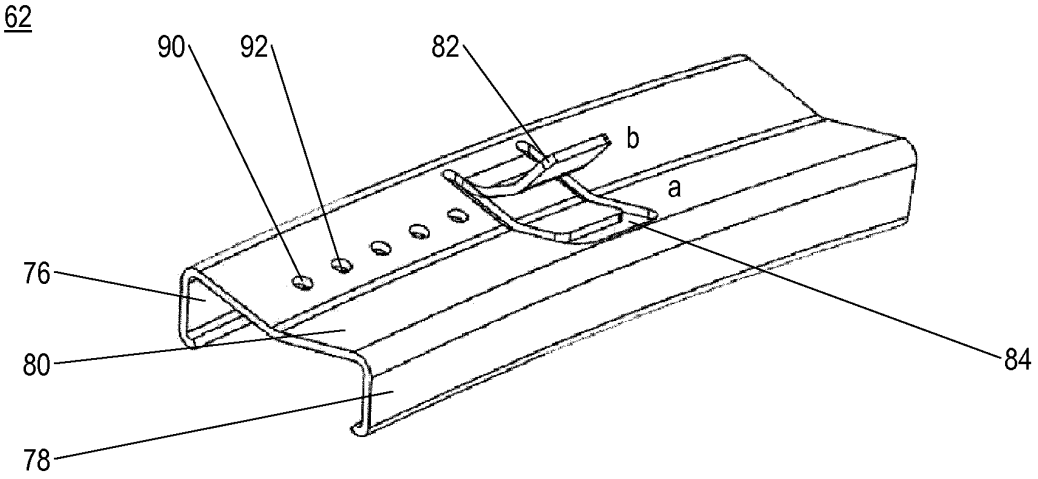


Fig. 9

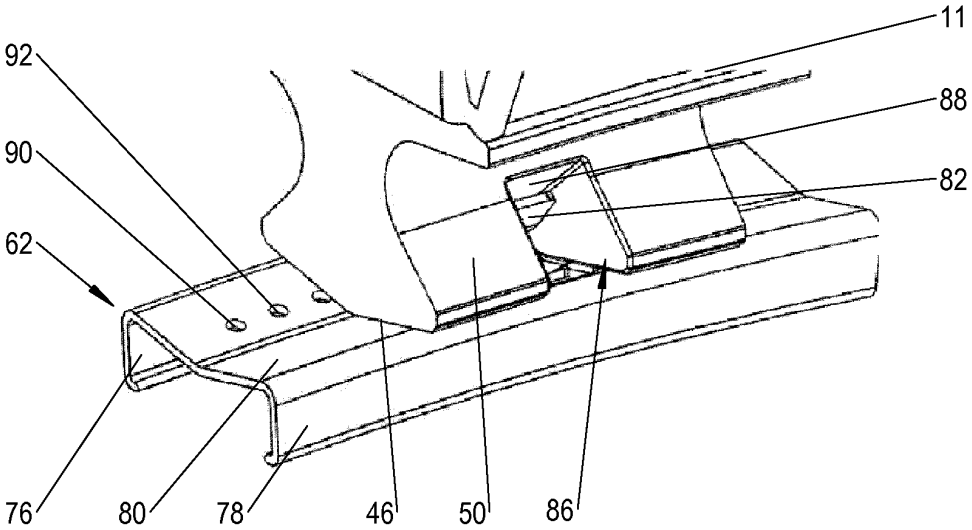


Fig. 10

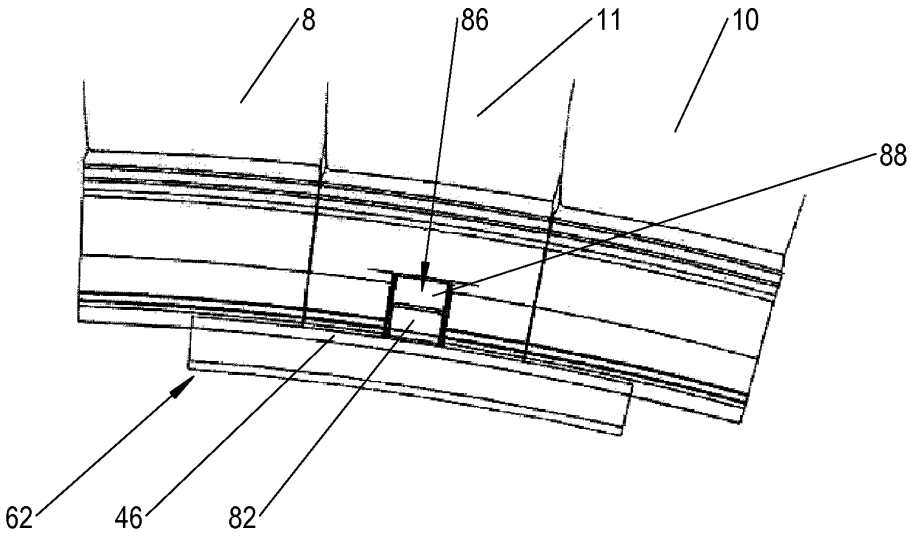


Fig. 11

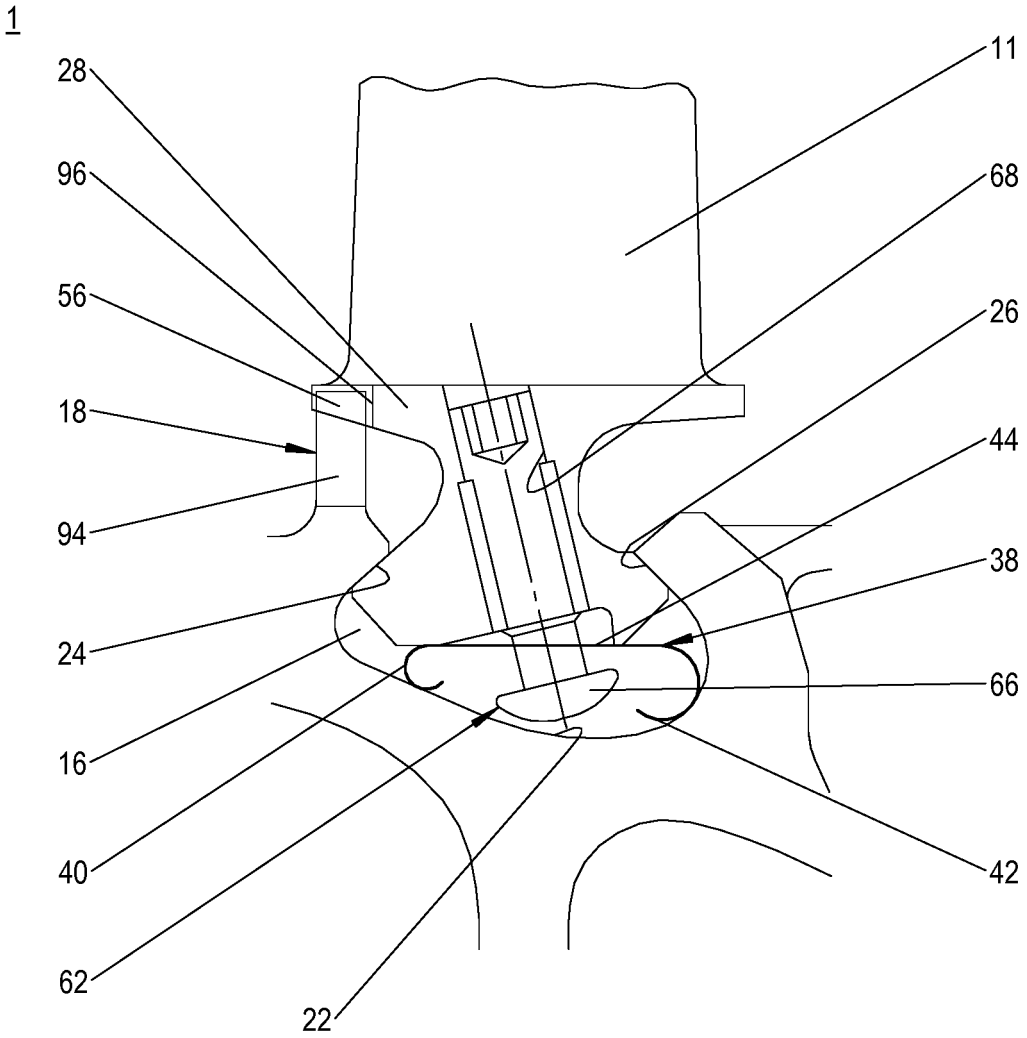


Fig. 12

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 102005003511 **[0003]**
- DE A1 **[0003]**
- GB 630732 A **[0004]**
- US 3282561 A **[0005]**
- DE 10346263 A1 **[0006]**
- US 4255086 A **[0007]**
- DE 102004051116 A1 **[0008]**
- DE 60202738 T2 **[0009]**
- DE 60116460 T2 **[0009]**
- EP 1801355 A1 **[0009]**
- FR 2965008 A1 **[0010]**
- DE 69900008 T2 **[0011]**
- US 2010296936 A1 **[0012]**
- EP 2320030 A1 **[0013]**