

(19)



(11)

EP 2 818 638 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
31.12.2014 Patentblatt 2015/01

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

(21) Anmeldenummer: **13174014.4**

(22) Anmeldetag: **27.06.2013**

(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**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **MTU Aero Engines AG**
80995 München (DE)

(72) Erfinder: **Klötzer, Alexander, Dr.**
82256 Fürstenfeldbruck (DE)

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

(57) Offenbart ist ein Schaufel-Scheiben-Verbund (1) einer Strömungsmaschine, mit einer Vielzahl von nebeneinander angeordneten Laufschaufeln (6, 8, 10), die mit ihren Fußabschnitten (12) in einer sich in Umfangsrichtung erstreckenden Verankerungsnut (16) einer Rorscheibe (4) eingesetzt sind und mit Abschnitten (24, 26) einer vorderen Wandung (18) und einer hinteren Wandung (20) der Verankerungsnut (16) in Radialrichtung formschlüssig zusammenwirken, wobei zumindest eine der Wandungen (18, 20) einen radialen Ausschnitt (38) zum Einsetzen der Laufschaufeln (6, 8, 10) aufweist, wobei zwei Laufschaufeln (6, 8) jeweils an einem den

Ausschnitt (38) in Umfangsrichtung begrenzenden Anschlag (46, 48) zum Bilden von zwei zueinander entgegengesetzten umfangsseitigen Formschlussverbindungen anliegen und zwischen ihnen eine mittlere Laufschaufel (10) angeordnet ist, die durch zumindest ein Drahtelement (40) gegen Kippbewegungen in Axialrichtung gesichert ist, das sich in Umfangsrichtung zwischen der ausgeschnittenen Wandung (20) und Plattformabschnitten (36) der Laufschaufeln (6, 8, 10) erstreckt. Ein Verfahren zur Montage eines derartigen Schaufel-Scheiben-Verbundes (1) sowie eine Strömungsmaschine.

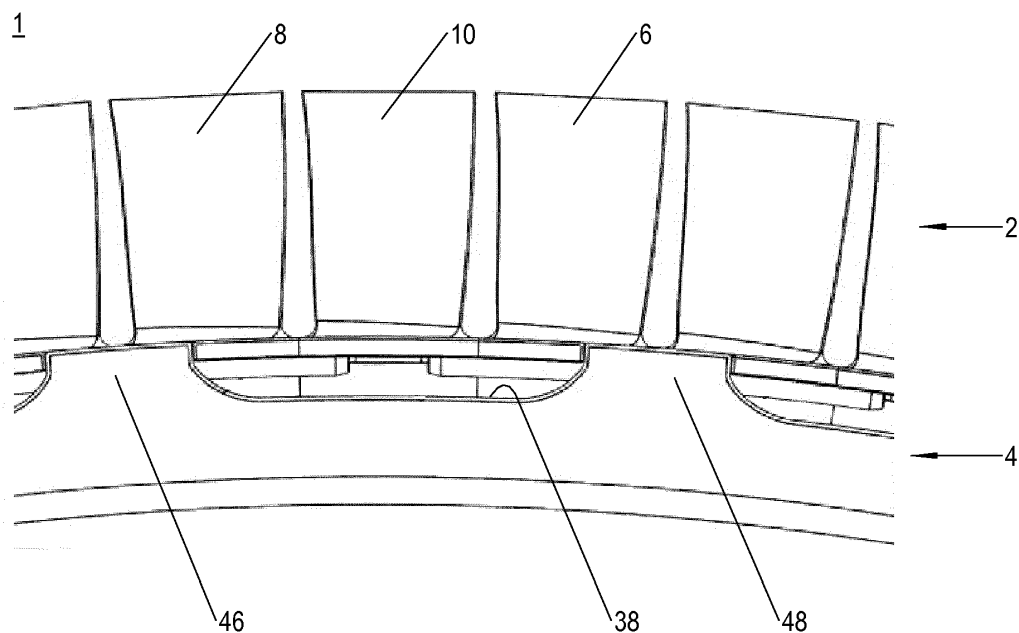


Fig. 2

EP 2 818 638 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Schaufel-Scheiben-Verbund nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Schaufel-Scheiben-Verbunds sowie eine Strömungsmaschine.

[0002] Bekannte Schaufel-Scheiben-Verbunde in Strömungsmaschinen wie Gasturbinen haben regelmäßig Schaufelsicherung, die häufig lebensdauerminimierend für den Schaufel-Scheiben-Verbund an sich oder den gesamten Rotor sind. Dies gilt beispielsweise bei Schaufelsicherungen bzw. Sicherungselementen in Schwalbenschwanzausführung, da hierfür eine entsprechende Aufnahmenut notwendig ist, die die Scheibe strukturell mechanisch schwächt. Bei Ausführungen mit Sicherungsblechen oder mit gebogenen Sicherungsdrähten besteht der Nachteil in ihrer plastischen Verformung zur Lagerfixierung in dem Schaufel-Scheiben-Verbund. Derartige Sicherungselemente sind sehr aufwendig zu montieren und zu demontieren und darüber hinaus nicht wiederverwendbar. Im Bereich der plastischen Verformung besteht bereits bei der Montage als auch im Betrieb bei hoher Temperaturbelastung die Gefahr von Spannungsrissen.

[0003] Zudem entsteht durch die Sicherungselemente eine zusätzliche Last auf die Schaufeln oder die Scheibe. Beispielsweise besteht bei Blechsicherungen häufig das Problem, dass diese Lasten über Kanten oder Punkte in die Schaufeln und/oder in die Scheibe übertragen werden und damit zu zusätzlichen lokalen Spannungsspitzen führen. In jedem Fall ist die Einleitung der Lasten schwer definierbar und berechenbar. Bei den gebogenen Sicherungsdrähten besteht zusätzlich die Schwierigkeit, eine definierte Lage unter Last vorherzusagen. Eine unerwünschte Bewegung oder ungewünschte Schwingen der Sicherungsdrähte ist/sind nicht auszuschließen.

[0004] In der DE 10 2005 003 511 A1 ist ein Schaufel-Scheiben-Verbund gezeigt, bei dem die Schaufeln einseitig auf einem Radialbund der Scheibe angeordnet sind und mit einem Fußabschnitt in eine umfangsseitige Verankerungsnut eingreifen. Die Sicherung der Schaufeln in Radialrichtung erfolgt über einen Formschluss der Schaufeln mit dem Radialbund. Die Sicherung der Schaufeln in Umfangsrichtung erfolgt über einen Sicherungsring, der entgegengesetzt zu den Schaufeln mit dem Radialbund verschraubt wird und dabei mit den Schaufeln verzahnt wird.

[0005] In der GB 630732 A ist ein Schaufel-Scheiben-Verbund gezeigt, bei dem die Schaufeln beidseits an einem Radialbund angeordnet sind. Die Sicherung der Schaufeln erfolgt über Sicherungsdrähte, die in sich in Umfangsrichtung erstreckende Aufnahmenuten eingeschoben sind und mit jeweils einem Querschnitt im Radialbund und in den Schaufelfüßen liegen. Zusätzlich könnten die Schaufelfüße mit Fußabschnitten in umfangsseitige Verankerungsnut des Radialbundes formschlüssig eingreifen.

[0006] 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 Schreibe erstreckende Sicherungsstifte miteinander verbunden sind, die in entsprechende Schaufelfußbohrungen eingeführt sind.

[0007] In der DE 10 346 263 A1 ist ein Schaufel-Scheiben-Verbund gezeigt, bei dem die Schaufeln in eine Umfangsnut eingesetzt sind und lediglich über in Aufnahmenuten positionieren Sicherungsdrähten an der Scheibe gesichert sind, die mit jeweils einem Querschnitt in Nutwandungen und den Schaufelfüßen liegen.

[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 benachbarte Schaufeln über Längsstifte gesichert, die in entsprechende Nutwandungen eingeführt sind.

[0009] 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-Verbunds sowie eine Strömungsmaschine zu schaffen.

[0010] Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Schaufel-Scheiben-Verbund mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 8 und durch eine Strömungsmaschine mit den Merkmalen des Patentanspruchs 10.

[0011] Ein erfindungsgemäßer Schaufel-Scheiben-Verbund einer Strömungsmaschine hat eine Vielzahl von nebeneinander angeordneten Laufschaufeln, die mit ihren Fußabschnitten in einer umfangsseitigen Verankerungsnut einer Rotorscheibe eingesetzt sind und mit Abschnitten einer vorderen Wandung und einer hinteren Wandung der sich in Verankerungsnut in Radialrichtung formschlüssig zusammenwirken. Erfindungsgemäß weist zumindest eine der Wandungen zumindest einen radialen Ausschnitt zum Einsetzen der Laufschaufeln auf, wobei zwei Laufschaufeln an einem den Ausschnitt in Umfangsrichtung begrenzten Anschlag zum Bilden von zwei zueinander entgegengesetzten umfangsseitigen Formschlussverbindung anliegen und zwischen ihnen eine mittlere Laufschaufel angeordnet ist, die durch zumindest ein Drahtelement gegen Kippbewegungen in Axialrichtung gesichert ist, dass sich in Umfangsrichtung zwischen der ausgeschnittenen Wandung und Plattformenabschnitten der Laufschaufeln erstreckt.

[0012] Bei dem erfindungsgemäßen Schaufel-Scheiben-Verbund werden insbesondere auf lebensdauerminimierende Sicherungselemente verzichtet. Durch die erfindungsgemäße Art der konstruktiven werden die Laufschaufeln in radialer, axialer Richtung und in Umfangsrichtung form- und kraftschlüssig an der Scheibe gesichert. Die Sicherung der Laufschaufeln in Radialrich-

tung erfolgt über den Formschluss ihrer Fußabschnitte mit den Wandungsabschnitten der Verankerungsnut. Die Sicherung der Laufschaufeln in Umfangsrichtung erfolgt durch die seitlichen Anschläge bzw. seitlichen Begrenzungen der Ausschnitte im Zusammenwirken mit zumindest zwei Laufschaufeln. Die Sicherung der Laufschaufeln in Axialrichtung und somit die Sicherung der mittleren Laufschaufeln erfolgt durch das zumindest eine Drahtelement. Mit Hilfe dieses zumindest einen Drahtelementes, dessen Einbau durch leichte elastische Verformung möglich ist, entsteht ein Formschluss für den gesamten Schaufel-Scheiben-Verbund. Gleichzeitig kann durch die Art der konstruktiven Ausführung auf kostengünstige und Wartungsintervallen wiederverwendbare als Sicherungselemente dienende Drahtelemente zurückgegriffen werden. Das zumindest eine Drahtelement ist durch die erfindungsgemäße Konstruktion spannungsfrei in dem Schaufel-Scheiben-Verbund gehalten. Im Betrieb liegt es großflächig an Begrenzungsflächen dem Schaufel-Scheiben-Verbund an. Hierdurch entstehen keine zusätzlichen Kanten oder Punktlasten oder die damit einhergehenden Spannungsspitzen. Eine Montage des zumindest einen Drahtelementes erfolgt ohne plastische Verformung oder Verschraubungen, wodurch undefinierte Materialspannungen durch Verformung und damit mögliche Rißbildungen vermieden werden. Somit ist der erfindungsgemäße Schaufel-Scheiben-Verbund wesentlich temperaturbeständiger als herkömmliche Schaufel-Scheiben-Verbunde mit plastisch verformten Sicherungselementen.

[0013] Bevorzugterweise wird das zumindest eine Drahtelement in eine Aufnahmenut eingesetzt, die in den Laufschaufeln und/oder am Ende der Rotorscheibe ausgebildet ist. Eine derartige Aufnahmenut lässt sich einfach ausbilden.

[0014] Um ein Verrutschen des zumindest einen Drahtelementes in Umfangsrichtung zu verhindern, kann die zumindest eine mittlere Laufschaufel und/oder die Rotorscheibe ein aufnahmenutenseitigen Begrenzungsabschnitt zum Lagefixieren des zumindest einen Drahtelementes in Umfangsrichtung haben. Hierdurch ist der Begrenzungsabschnitt im Bereich des jeweiligen Ausschnitts angeordnet, so dass deren Lage zum Begrenzungsabschnitt ohne Hilfsmittel visuell einfach kontrolliert werden kann.

[0015] Zur Bildung der zueinander entgegengesetzten Formschlussverbindungen in Umfangsrichtung können die Laufschaufeln seitlich der mittleren Laufschaufel eine plattformseitige axiale Rückstufung zur Anlage an den Anschlägen aufweisen. Eine derartige plattformseitige Rückstufung ist technisch einfach auszuführen. Zudem werden hierdurch bei einer Vielzahl von Ausschnitten einzelne Schaufelgruppen gebildet, die jeweils für sich in Umfangsrichtung gesichert sind.

[0016] Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind eine Vielzahl von Ausschnitten in zumindest eine der Wandungen, eine Vielzahl von Aufnahmenuten und eine Vielzahl von Drahtelementen vorgesehen. Die

Drahtelemente liegen dabei jeweils mit ihren Enden auf zwei nächsten mittleren Laufschaufeln. Hierdurch ist jede Laufschaufel durch zwei Drahtelemente gegen Kippbewegungen gesichert, so dass selbst im unwahrscheinlichen Fall eines Versagens eines der Drahtelemente die betroffene mittlere Laufschaufel durch das andere Drahtelemente gegen Kippbewegungen in Axialrichtung gesichert ist. Die Anzahl der Aufnahmenuten und der Drahtelemente richtet sich bevorzugterweise nach der Anzahl der Ausschnitte und ist bevorzugterweise mit diesen identisch.

[0017] Die Montage des zumindest eines Drahtelementes lässt sich vereinfachen, wenn das zumindest eine Drahtelement bzw. die Drahtelemente insbesondere entsprechend dem Verlauf der zumindest einen Aufnahmenut vorgebogen sind. Hierdurch kann das zumindest eine Drahtelement einfach in die zumindest eine Aufnahmenut eingeschoben werden.

[0018] Ebenso lässt sich die Montage vereinfachen, wenn das zumindest eine Drahtelement gerade ausgebildet ist und die Aufnahmenuten schräg zur Rotorscheibe angestellt sind.

[0019] Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Montieren eines erfindungsgemäßen Schaufel-Scheiben-Verbundes wird zuerst eine Rotorscheibe mit einer umfangsseitigen Verankerungsnut bereitgestellt, wobei in zumindest einer der beiden Nutwandungen zumindest ein radialer Ausschnitt eingebracht ist. Dann werden die Laufschaufeln einzeln in die Verankerungsnut im Bereich des zumindest einen Ausschnittes eingesetzt. Danach wird das zumindest eine Drahtelement in Umfangsrichtung in eine Aufnahmenut zwischen Schaufelplattformen und der ausgeschnittenen Wandung eingeschoben.

[0020] Eine Montage des zumindest einen Drahtelementes erfolgt ohne plastische Verformung oder Verschraubungen, wodurch undefinierte Materialspannungen durch Verformung und damit mögliche Rißbildungen vermieden werden. Das zumindest eine Drahtelement wird zur Montage lediglich leicht elastisch verformt und entspannt sich nach dem Einsetzen in die Aufnahmenut. Das zumindest eine Drahtelement ist durch die erfindungsgemäße Konstruktion spannungsfrei in dem Schaufel-Scheiben-Verbund gehalten. Somit ist der erfindungsgemäße Schaufel-Scheiben-Verbund wesentlich temperaturbeständiger als herkömmliche Schaufel-Scheiben-Verbunde mit plastisch verformten Sicherungselementen.

[0021] Zudem ermöglicht die fehlende plastische Verformung eine einfache, schnelle und reproduzierbare Montage und Demontage bzw. Sicherung und Entsicherung der Laufschaufeln. Insbesondere durch den Wegfall der plastischen Verformung kann das zumindest eine Drahtelement wiederverwendet werden.

[0022] Bei einem bevorzugten Verfahren ist in zumindest einer der Wandungen eine Vielzahl von Ausschnitten vorgesehen, wobei in jedem Ausschnitt drei Laufschaufeln den Ausschnitten zugeordnet werden. Es wird jeweils eine erste Laufschaufel in die Verankerungsnut

in dem Bereich eines Ausschnittes eingesetzt und bis zu einem Anschlag in Umfangsrichtung verschoben. Dann wird eine zweite Laufschaufel in die Verankerungsnut im Bereich des Ausschnittes eingesetzt und in eine Gegenumfangsrichtung bis zu einem Gegenanschlag verfahren. Anschließend wird eine dritte Laufschaufel in die Verankerungsnut im Bereich des Ausschnittes eingesetzt. Dann wird ein Drahtelement in die jeweilige Aufnahme- nut eingeschoben und dieses mit seinen Enden jeweils auf zwei nächste mittlere Laufschaufeln geführt. Dieses Ausführungsbeispiel vereinfacht durch die Vielzahl von Ausschnitten die Montage, da quasi über den gesamten Scheibenumfang eine visuelle Kontrolle der Drahtelemente in den Aufnahme- nuten erfolgen kann. Zudem werden Schaufelgruppen gebildet, die jeweils für sich in Umfangsrichtung gesichert sind.

[0023] 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 anord- bar, so dass sich eine Strömungsmaschine mit einer Viel- zahl von derartigen Schaufel-Scheiben-Verbunden durch einen hochbelastbaren Rotor auszeichnet.

[0024] Sonstige vorteilhafte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind Gegenstand weiterer Unteransprüche.

[0025] Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand schematischer Darstellungen näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 eine Vorderansicht eines Abschnitts eines erfindungsgemäßen Schaufel-Scheiben-Verbundes,
- Figur 2 eine Rückansicht des Schaufel-Scheiben-Verbundes,
- Figur 3 einen Längsschnitt durch den Schaufel-Scheiben-Verbund,
- Figur 4 eine perspektivische Rückansicht des Schaufel-Scheiben-Verbundes,
- Figur 5 die Rückansicht des Schaufel-Scheiben-Verbundes aus Figur 2, und
- Figur 6 eine weitere perspektivische Rückansicht des Schaufel-Scheiben-Verbundes.

[0026] Wie in der Vorderansicht in Figur 1 und in der Rückansicht in Figur 2 gezeigt, hat ein erfindungsgemäßer Schaufel-Scheiben-Verbund 1 einer Strömungsmaschine eine Schaufelreihe 2 und eine Rotorscheibe 4. Die Vorderansicht entspricht einer Draufsicht in axialer Strömungsrichtung eines die Strömungsmaschine durchströmenden Heißgases. Die Rückansicht entspricht somit einer stromaufwärtigen Sicht bzw. einer axialen Sicht entgegen der Strömungsrichtung. Die Strömungs-

maschine ist beispielsweise eine Gasturbine und insbesondere ein Flugtriebwerk. Der Schaufel-Scheiben-Verbund 1 bildet einen Teil eines Rotors, der um eine axiale Rotationsachse 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. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind lediglich drei Laufschaufeln 6, 8, 10 der Schaufelreihe 2 beziffert. Die Laufschaufeln 6, 8, 10 sind wie im Axialschnitt in Figur 3 an der Laufschaufel 8 gezeigt jeweils mit ihrem Fuß 12 und ihrem Hals 14 in einer umfangsseitigen Verankerungsnut 16 der Rotorscheibe 4 aufgenommen.

[0027] Die Verankerungsnut 16 hat eine in Strömungsrichtung betrachtet vordere Wandung 18 und eine hintere Wandung 20, die über einen Nutgrund 22 miteinander verbunden sind. Zur Sicherung der Laufschaufeln 6, 8, 10 in Radialrichtung haben die Wandungen 18, 20 zwei gegenüberliegende Ringwulste 24, 26, an denen die Laufschaufeln 6, 8, 10 mit ihren gegenüber ihren Halsen 14 verbreiterten Füßen 12 im Betrieb in Radialrichtung anliegen. Vom Nutgrund 22 sind die Laufschaufeln 6, 8, 10 stets mit ihren Füßen 12 beabstandet.

[0028] Die Laufschaufeln 6, 8, 10 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 mit ihren vorderen Plattformabschnitten 28 jeweils auf einer Umfangsfläche 32 der vorderen Wandung 18 auf und sind im Betrieb über einen kleinen Radialspalt von dieser beabstandet. Wie in Figur 1 gezeigt, ist die vordere Wandung 18 in Umfangsrichtung mit einer einheitlichen Höhe ausgebildet, so dass sämtliche Laufschaufeln 6, 8, 10 den gleichen vorderen Plattformabschnitt 28 aufweisen.

[0029] Zwischen hinteren Plattformabschnitten 36 der Laufschaufeln 6, 8, 10 und der hinteren Wandung 20, die gemäß der Darstellung in Figur 2 eine Vielzahl von radialen Ausschnitten 38 aufweist, ist in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel jeweils ein Drahtelement 40 zum Sichern der jeweils in Umfangsrichtung mittig in den Ausschnitten 38 angeordneten Laufschaufel 10 gegen axiale Kippbewegungen eingeschoben. Das jeweilige Drahtelement 40, das im Folgenden noch näher erläutert wird, ist in jeweils eine Aufnahme- nut 42 eingeschoben, die in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel abschnittsweise in eine Unterseite 44 der hinteren Plattformabschnitte 36 und den jeweiligen Ausschnitt 38 seitlich begrenzenden radialen Vorsprünge 46, 48 der hinteren Wandung 20 eingebracht ist. Die Vorsprünge 46, 48 sind in Figur 2 beziffert. Bevorzugterweise haben das Drahtelement 40 und die Aufnahme- nut 42 einen korrespondierenden Kreisquerschnitt.

[0030] Wie in Figur 2 gezeigt, weist der hier beispielhaft beschriebene Schaufel-Scheiben-Verbund 1 eine Viel-

zahl von Ausschnitten 38 auf, denen jeweils drei Laufschaufeln 6, 8, 10 zugeordnet sind. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist lediglich ein Ausschnitt 38 stellvertretend für alle Ausschnitte beziffert. Die Laufschaufeln 6, 8, 10 sind jeweils derart einem Ausschnitt 38 zugeordnet, dass eine der Laufschaufeln 10 wie oben bereits erwähnt in Umfangsrichtung mittig des Ausschnittes 38 und die beiden anderen Laufschaufeln 6, 8 seitlich der mittleren Laufschaufel 10 angeordnet sind.

[0031] Die seitlichen Laufschaufeln 6, 8 bilden abschnittsweise eine umfangsseitige Überlappung mit den Vorsprüngen 46, 48 und sind hierdurch gegen axiale Kippsicherungen gesichert. Zur Bildung der Überlappungen weisen die seitlichen Laufschaufeln 6, 8 wie in Figur 4 gezeigt jeweils eine seitliche und axiale Rückstufung 50, 52 in ihrem hinteren Plattformabschnitt 36 auf. Im montierten Zustand greifen die Vorsprünge 46, 48 der hinteren Wandung 20 in jeweils eine der Rückstufungen 50, 52 ein und bilden mit diesen zwei zueinander entgegengesetzte Formschlussverbindungen, so dass die Laufschaufeln 6, 8, 10 als einzelne 3er-Gruppen in Umfangsrichtung an der Rotorscheibe 4 lagegesichert sind. Die Vorsprünge 46, 48 wirken somit als Anschlag und Gegenanaschlag für die beiden seitlichen Laufschaufeln 6, 8 der Schaufelgruppe.

[0032] Wie in den Figur 5 gezeigt, erstreckt sich jedes Drahtelement 40, 40' jeweils zwischen zwei benachbarten Ausschnitten 38, 38' und somit über einen Vorsprung 48 hinweg. Sie verlaufen jeweils über zwei benachbarte seitliche Laufschaufeln 6, 8' hinweg und enden endseitig auf zwei nächsten mittleren Laufschaufeln 10, 10'. Die Drahtelemente 40, 40' bewirken insbesondere im Zusammenwirken mit der vorderen Wandung 18 eine Sicherung der mittleren Laufschaufeln 10, 10' gegen Kippbewegung in Axialrichtung, wobei dadurch, dass jeweils zwei benachbarte Drahtelemente 40, 40' mit ihren gegenüberliegenden Endabschnitten 54, 56' auf eine der mittleren Laufschaufel 10 geführt ist, diese selbst im unwahrscheinlichen Fall eines Versagens eines der Drahtelemente 40, 40' gegen Kippbewegungen gesichert ist. Um die Drahtelemente 40, 40' in Umfangsrichtung gegen ein Verrutschen zu sichern, haben die mittleren Laufschaufeln 10, 10' wie auch in Figur 6 gezeigt jeweils einen aufnahmenutenseitigen Begrenzungsabschnitt 58, 58' an dem die Drahtelemente 40, 40' mit ihren gegenüberliegenden Endabschnitten 54, 56' stirnseitig anliegen bzw. nahezu anliegen. Zur Vereinfachung deren Montage sind die Drahtelemente 40, 40' bevorzugterweise in Umfangsrichtung gebogen und zeichnen somit die Biegung der Aufnahmenuten 42 nach. Die Aufnahmenuten 42 erstrecken sich somit in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel über jeweils zwei benachbarte seitliche Laufschaufeln 6, 8' und enden auf zwei nächsten mittleren Laufschaufeln 10, 10'.

[0033] Bei einem bevorzugten Verfahren zur Montage des Schaufel-Scheiben-Verbundes 1 wird zuerst die Rotorscheibe 4 mit einer Vielzahl von radialen Ausschnitten 38 bereitgestellt. Dann werden die Laufschaufeln 6, 8,

10 in die Verankerungsnut 16 eingesetzt. Hierzu wird die erste seitliche Laufschaufel 6 mittig des Ausschnittes 38 in die Verankerungsnut 16 gekippt oder gedreht. Die seitliche Laufschaufel 6 wird dann in Umfangsrichtung soweit verschoben, bis sie mit ihrem vorderen Plattformabschnitt 28 an dem Vorsprung 48 der Rotorscheibe 4 anliegt. Dann wird die in Umfangsrichtung gegenüberliegende zweite seitliche Laufschaufel 8 mittig des Ausschnittes 36 in die Verankerungsnut 16 der Rotorscheibe 4 gekippt oder gedreht und in Gegenrichtung zum Vorsprung 46 verschoben, bis dieser in ihrer Rückstufung 52 eingreift. Danach wird die mittlere Laufschaufel 10 mittig des Ausschnittes 38 zwischen den seitlichen Laufschaufeln 6, 8 in die Verankerungsnut 16 eingekippt. Danach werden im Bereich eines benachbarten Ausschnitts 38' die Laufschaufeln 6', 8', 10' in die Verankerungsnut 16 eingesetzt.

[0034] Sobald zwei Ausschnitte 38, 38' mit ihren Laufschaufeln 6, 8, 10 bzw. 6', 8', 10' versehen sind, wird ein Drahtelement 40 in die sich auf die beiden mittleren Laufschaufeln 10, 10' erstreckende Aufnahmenut 42 derart eingeschoben, dass sie stirnseitig an den aufnahmenutenseitigen Begrenzungsabschnitten 58, 58' der mittleren Laufschaufeln 10, 10' anliegen. Die Montage des Drahtelementes 40 erfolgt jeweils von außen durch seitliches Einschieben in die Aufnahmenuten 42 in Umfangsrichtung, bis ihr einer Endabschnitt 54 am Begrenzungsabschnitt 58 ansteht. Hierzu wird das Drahtelement 40 jeweils leicht elastisch verformt. Der andere Endabschnitt 56 des Drahtelementes 40 schnappt dann in die Aufnahmenut 42 über seine gesamte Länge ein und legt stirnseitig am Begrenzungsabschnitt 58' der nächsten mittleren Laufschaufel 10' ein. Dieses Verfahren wird solange wiederholt, bis sämtliche Laufschaufeln 6, 8, 10 bzw. 6', 8', 10' eingesetzt sind.

[0035] Die Demontage des jeweiligen Drahtelementes 40 wird in umgekehrter Reihenfolge durchgeführt. Hierbei werden die Drahtelemente 40 leicht elastisch verformt und können dann nach außen in Umfangsrichtung gezogen werden. Um die Drahtelemente 40 leicht aus der Verankerungsnut 42 heben zu können, ist in den Aufnahmenuten 42 und/oder in den Drahtelementen 40 eine entsprechende Aussparung vorgesehen.

[0036] Wenn anstelle einer Vielzahl von Ausschnitten 38 lediglich ein Ausschnitt vorgesehen ist, so werden sämtliche Laufschaufeln 6, 8, 10 über eine Kipp- oder Drehbewegung im Bereich des Ausschnittes 36 in die Verankerungsnut 16 eingesetzt. Nach dem Einsetzen sämtlicher Laufschaufeln 6, 8, 10 wird ein Drahtelement 40 in Umfangsrichtung in eine Aufnahmenut 42 in Umfangsrichtung eingeschoben. Nach dem Einschieben des Drahtelementes 40 in die sich über den Umfang erstreckende Aufnahmenut 42 sind die Endabschnitte 54, 56 des einzigen Drahtelementes 40 auf der zuletzt eingesetzten bzw. einzigen mittleren Laufschaufel 10 angeordnet und über einen Begrenzungsabschnitt 58 der mittleren Laufschaufel 10 voneinander beabstandet. Um ein Einschieben der Laufschaufeln in die Verankerungsnut

16 zu ermöglichen, die vollständig zwischen den Wandungen 18, 20 und somit außerhalb des Ausschnittes 38 angeordnet sind, weisen diese einen verkürzten vorderen Plattformabschnitt 28 auf. Die beiden seitlich der mittleren Laufschaufel 10 angeordneten seitlichen Laufschaufeln 6, 8 sind jeweils mit einer vorderen plattformseitigen Rückstufung 50, 52 zum Zusammenwirken mit den seitlichen, den Ausschnitt begrenzenden Vorsprüngen 46, 48 zur Sicherung der Laufschaufelreihe 2 in Umfangsrichtung versehen.

[0037] In den Figuren sind die Drahtelemente 40 und die Ausschnitte 36 im Bereich der hinteren Wandung 20 angeordnet. Selbstverständlich können sie auch im Bereich der vorderen Wandung 18 oder an beiden Wandungen 18, 20 angeordnet sein.

[0038] Selbstverständlich können die Ausschnitte 38 auch eine derartige Erstreckung in Umfangsrichtung haben, dass ihnen mehr als drei Laufschaufeln 6, 8, 10 zugeordnet sind. Beispielsweise sind auch Schaufelgruppen mit vier, fünf, sechs oder mehr Laufschaufeln möglich, so dass zwei, drei, vier oder mehr mittlere Laufschaufeln 10 pro Ausschnitt 38 vorgesehen sind.

[0039] Offenbart ist ein Schaufel-Scheiben-Verbund einer Strömungsmaschine, mit einer Vielzahl von nebeneinander angeordneten Laufschaufeln, die mit ihren Fußabschnitten in einer sich in Umfangsrichtung erstreckenden Verankerungsnut einer Rotorscheibe eingesetzt sind und mit Abschnitten einer vorderen Wandung und einer hinteren Wandung der Verankerungsnut in Radialrichtung formschlüssig zusammenwirken, wobei zumindest eine der Wandungen einen radialen Ausschnitt zum Einsetzen der Laufschaufeln aufweist, wobei zwei Laufschaufeln jeweils an einem den Ausschnitt in Umfangsrichtung begrenzenden Anschlag zum Bilden von zwei zueinander entgegengesetzten umfangsseitigen Formschlussverbindung anliegen und zwischen ihnen eine mittlere Laufschaufel angeordnet ist, die durch zumindest ein Drahtelement gegen Kippbewegungen in Axialrichtung gesichert ist, das sich in Umfangsrichtung zwischen der ausgeschnittenen Wandung und Plattformenabschnitten der Laufschaufeln erstreckt. ein Verfahren zur Montage eines derartigen Schaufel-Scheiben-Verbundes sowie eine Strömungsmaschine.

Bezugszeichenliste

[0040]

1	Schaufel-Scheiben-Verbund
2	Schaufelreihe
4	Rotorscheibe
6	Laufschaufel
8	Laufschaufel

10, 10'	Laufschaufel
12	Fuß
5 14	Hals
16	Verankerungsnut
18	vordere Wandung
10 20	hintere Wandung
22	Nutgrund
15 24	Ringwulst
26	Ringwulst
28	vorderer Plattformabschnitt
20 30	Stirnseite
34	Umfangsfläche
25 36	hinterer Plattformabschnitt
38, 38'	Ausschnitt
40	Drahtelement
30 42	Aufnahmenut
44	Unterseite
35 46	Vorsprung
48	Vorsprung
50	Rückstufung
40 52	Rückstufung
54	Endabschnitt
45 56, 56'	Endabschnitt
58, 58'	Begrenzungsabschnitt

50 Patentansprüche

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

- Verankerungsnut (16) in Radialrichtung formschlüssig zusammenwirken, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine der Wandungen (18, 20) einen radialen Ausschnitt (38) zum Einsetzen der Laufschaufeln (6, 8, 10) aufweist, wobei zwei Laufschaufeln (6, 8,) jeweils an einem den Ausschnitt (38) in Umfangrichtung begrenzenden Anschlag (46, 48) zum Bilden von zwei zueinander entgegengesetzten umfangsseitigen Formschlussverbindung anliegen und zwischen ihnen eine mittlere Laufschaufel (10,) angeordnet ist, die durch zumindest ein Drahtelement (40) gegen Kippbewegungen in Axialrichtung gesichert ist, das sich in Umfangsrichtung zwischen der ausgeschnittenen Wandung (20) und Plattformabschnitten (36) der Laufschaufeln (6, 8, 10) erstreckt.
2. Schaufel-Scheiben-Verbund nach Anspruch 1, wobei das zumindest eine Drahtelement (40) in eine Aufnahmenut (42) eingesetzt ist, die in den Laufschaufeln (6, 8, 10) und/oder in der Rotorscheibe (4) ausgebildet ist.
 3. Schaufel-Scheiben-Verbund nach Anspruch 1 oder 2, wobei die zumindest eine mittlere Laufschaufel (10) und/oder die Rotorscheibe (4) ein aufnahmenseitigen Begrenzungsabschnitt (58) zum Lagefixieren des zumindest einen Drahtelements (40) in Umfangsrichtung hat.
 4. Schaufel-Scheiben-Verbund nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei die seitlichen Laufschaufeln (6, 8) eine plattformseitige axiale Rückstufung (50, 52) zur Anlage an den Anschlüssen (46, 48) aufweisen.
 5. Schaufel-Scheiben-Verbund nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Vielzahl von Ausschnitten (38) in zumindest eine der Wandungen (18, 20), eine Vielzahl von Aufnahmenuten (42) und eine Vielzahl von Drahtelementen (40) vorgesehen sind, die mit ihren Enden (54, 56) jeweils auf zwei benachbarte nächste Laufschaufeln (10, 10') geführt sind.
 6. Schaufel-Scheiben-Verbund nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das zumindest eine Drahtelement (40) vorgebogen ist.
 7. Schaufel-Scheiben-Verbund nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das zumindest eine Drahtelement (40) gerade ist und die zumindest eine Aufnahmenut schräg zur Rotorscheibe (4) angestellt sind.
 8. 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), wobei in zumindest einer der beiden Wandungen (18, 20) zumindest ein radialer Ausschnitt (38) eingebracht ist,
 - Einsetzen der Laufschaufeln (6, 8, 10) in die Verankerungsnut (16) im Bereich des zumindest einen Ausschnitts (38), und
 - Einschieben zumindest eines Drahtelements (40) in Umfangsrichtung in eine Aufnahmenut (42) zwischen Schaufelplattformen (28, 36) und der ausgeschnittenen Wandung (20).
 9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei in zumindest einer der Wandungen (18, 20) eine Vielzahl von Ausschnitten (38) vorgesehen sind und jeweils drei Laufschaufeln (6, 8, 10) den Ausschnitten (38) zugeordnet werden, wobei jeweils eine erste Laufschaufel (6) in die Verankerungsnut (16) im Bereich eines Ausschnitts (38) eingesetzt wird und bis zu einem Anschlag (48) in Umfangsrichtung verschoben wird, eine zweite Laufschaufel (8) in die Verankerungsnut (16) im Bereich des Ausschnitts (38) eingesetzt wird und in eine Gegenumfangsrichtung bis zu einem Gegenanschlag (46) verfahren wird, eine dritte Laufschaufel (10) in die Verankerungsnut (16) im Bereich des Ausschnitts (38) eingesetzt wird, und jeweils ein Drahtelement (40) in die jeweilige Aufnahmenut (42) eingeschoben wird, wobei dieses mit seinen Enden (54, 56) jeweils auf zwei benachbarte mittlere Laufschaufeln (10, 10') geführt wird.
 10. Strömungsmaschine mit einem Schaufel-Scheiben-Verbund (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 7.

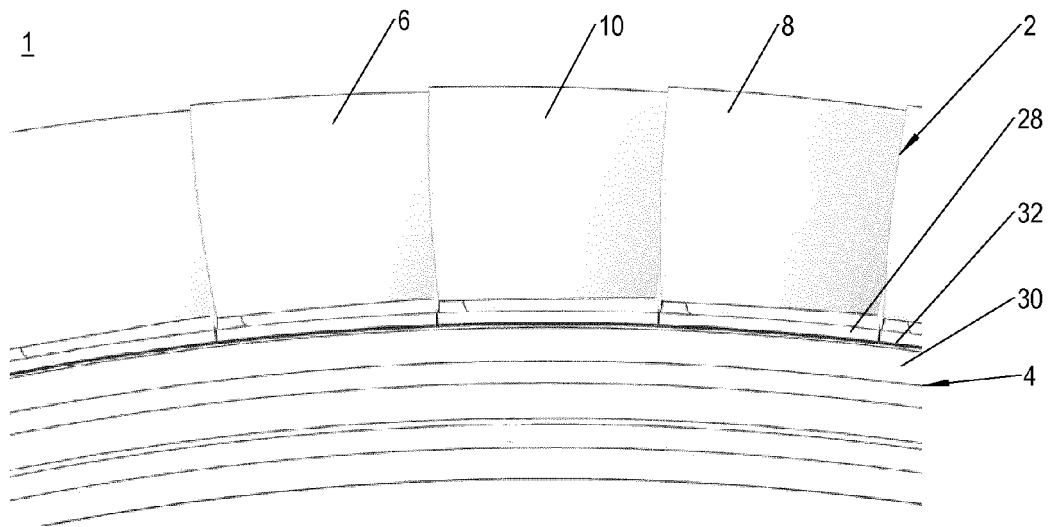


Fig. 1

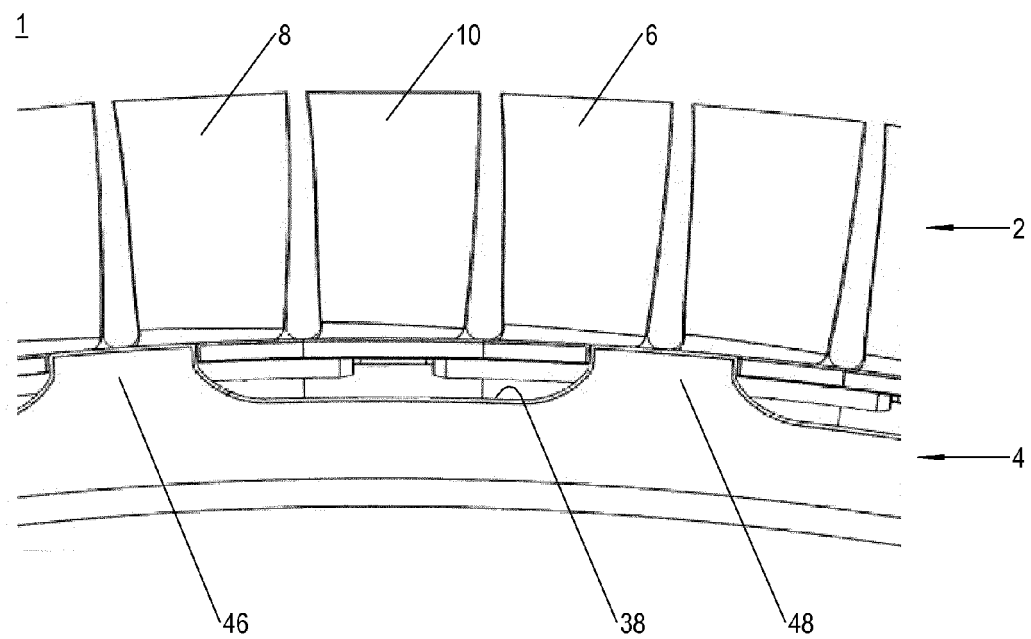


Fig. 2

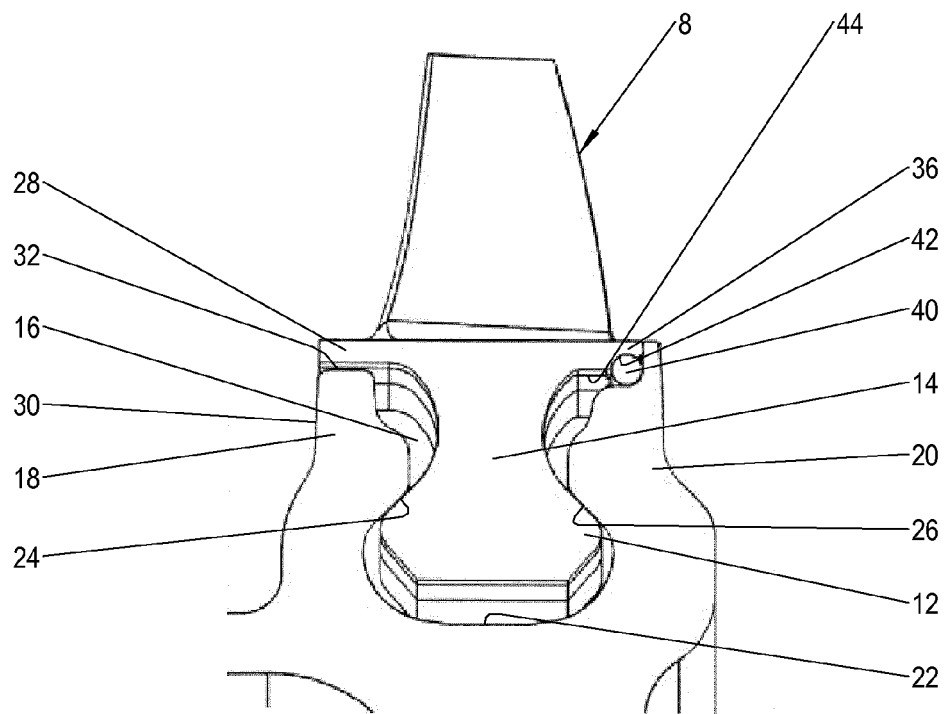


Fig. 3

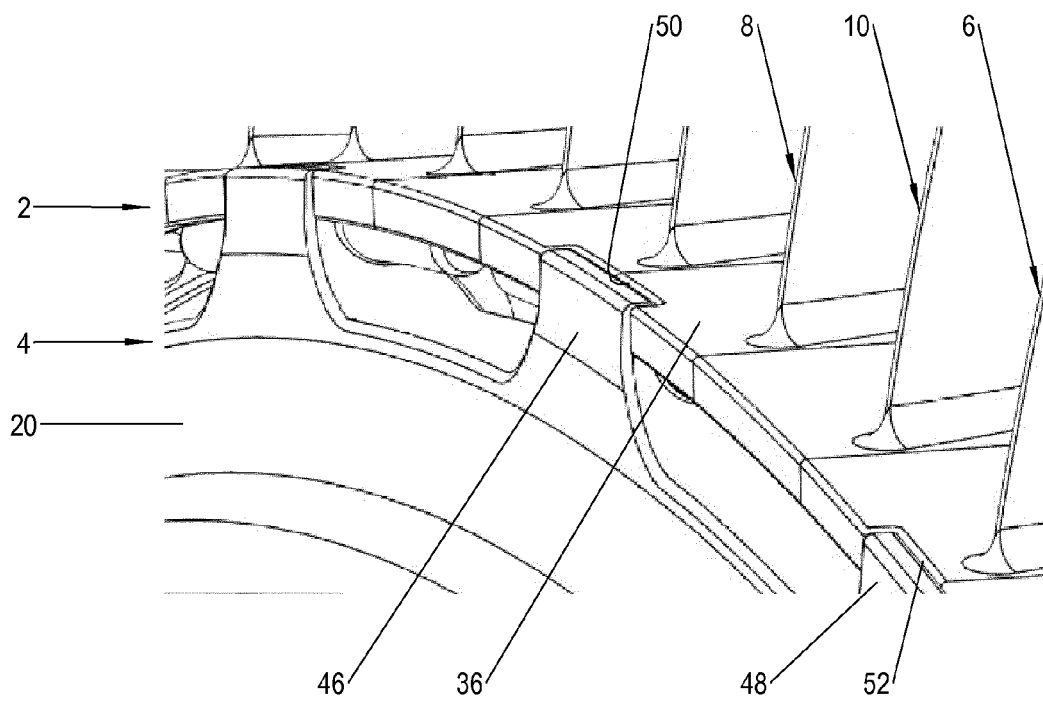


Fig. 4

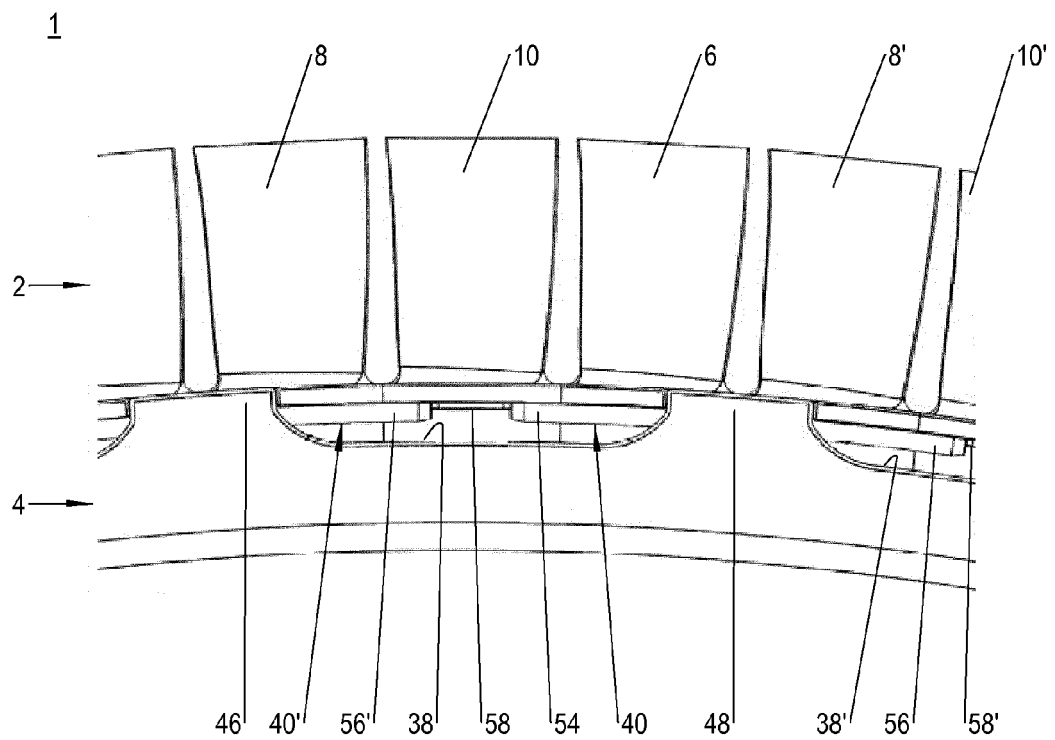


Fig. 5

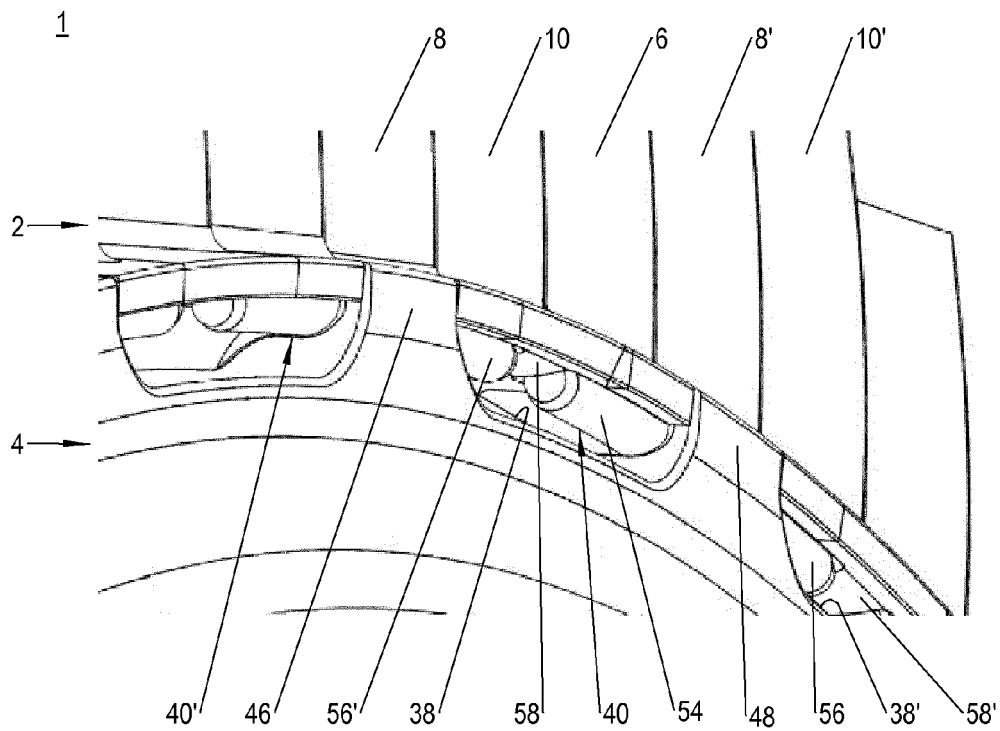


Fig. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 13 17 4014

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 1 650 405 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 26. April 2006 (2006-04-26) * Abbildungen 2, 3 *	1-10	INV. F01D5/30
A	JP H01 131801 U (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES) 7. September 1989 (1989-09-07) * Abbildungen 1, 6 *	1-10	
A	US 2 873 088 A (GERHARD NEUMANN) 10. Februar 1959 (1959-02-10) * Abbildung 1 *	1-10	
A	EP 2 022 944 A1 (SIEMENS AG [DE]) 11. Februar 2009 (2009-02-11) * Abbildung 6 *	1-10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 8. Januar 2014	Prüfer Delaitre, Maxime
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 13 17 4014

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

08-01-2014

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1650405 A1	26-04-2006	DE 102004051116 A1	27-04-2006
		EP 1650405 A1	26-04-2006
		US 2006083621 A1	20-04-2006
JP H01131801 U	07-09-1989	KEINE	
US 2873088 A	10-02-1959	KEINE	
EP 2022944 A1	11-02-2009	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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 A1 [0004]
- GB 630732 A [0005]
- US 3282561 A [0006]
- DE 10346263 A1 [0007]
- DE 102004051116 A1 [0008]