

(19)



(11)

EP 2 873 809 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
20.05.2015 Patentblatt 2015/21

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

(21) Anmeldenummer: 14193326.7

(22) Anmeldetag: 14.11.2014

(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)

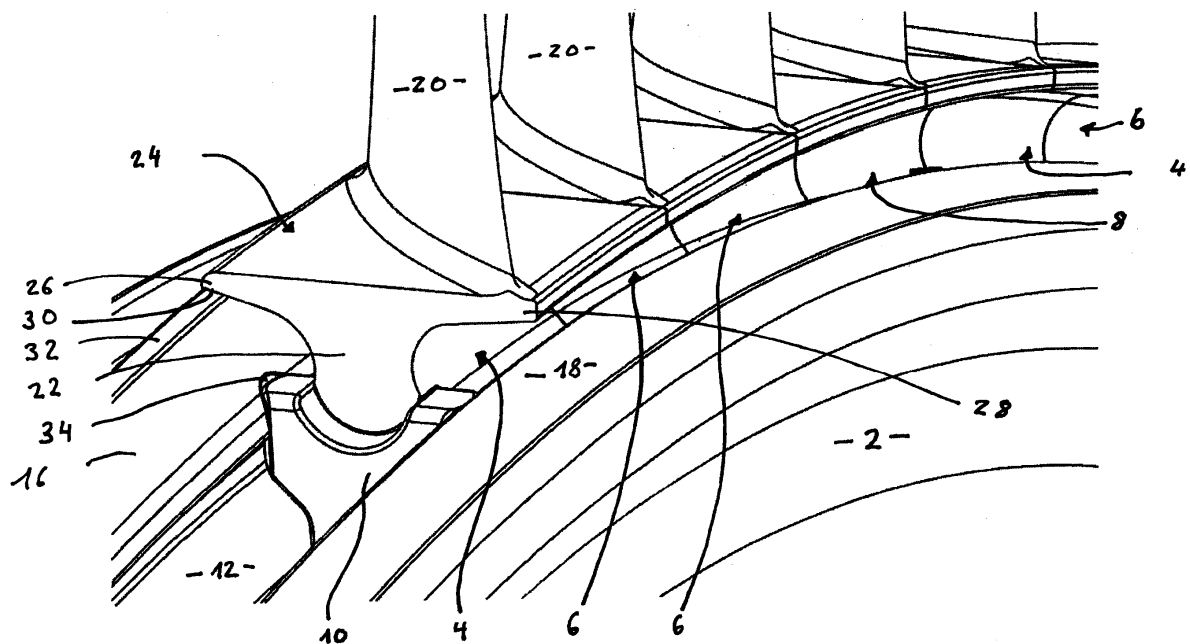
(72) Erfinder:
• **Klötzer, Alexander**
82256 Fürstenfeldbruck (DE)
• **Hofmann, Dieter**
85221 Dachau (DE)

(30) Priorität: 19.11.2013 DE 102013223607

(54) **Rotor einer Strömungsmaschine**

(57) Die Erfindung betrifft einen Rotor einer Strömungsmaschine. Der Rotor umfasst mindestens eine Schaufel (4, 6, 8), die ein Schaufelblatt (20) und einen Schaufelfuß (54, 55, 58) aufweist, und einen Rotorgrundkörper (2), insbesondere eine Scheibe (2), die eine nach außen geöffnete Umfangsnut (12) zur Aufnahme des

Schaufelfußes (54, 55, 58) aufweist. Dabei sind die Umfangsnut (12) und der Schaufelfuß (54, 55, 58) derart geformt, dass durch Drehen der Schaufel (4, 6, 8) um eine Achse (A_r , A_T) der Schaufelfuß (54, 55, 58) in der Umfangsnut (12) sicherbar ist.

FIG 1**EP 2 873 809 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Rotor einer Strömungsmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Ein solcher Rotor ist aus der Druckschrift US 7,708,529 B2 bekannt. Der Rotor weist in einer Rotorscheibe eine C-förmige radial nach außen geöffnete Umfangsnut mit Aussparungen an den Schenkeln der C-förmigen Umfangsnut auf. Durch diese Aussparungen werden die Schaufelfüße eingeschwenkt. Ferner weist dieser Rotor eine ringförmige Sicherung auf, die zwischen einer Unterseite des Innendeckbandes der Schaufel und auf einer radial außen liegenden Fläche der Rotorscheibe befestigt wird, um ein Herausschwenken der Schaufeln aus der Umfangsnut zu vermeiden.

[0003] Dieser Aufbau ist insbesondere nachteilig, da die Übergänge von solchen Aussparungen zu den an der Umfangsnut angeordneten Erhebungen des Rotors die Rotorscheibe derart strukturellmechanisch schwächen können, dass solche Rotoren an diesen Übergängen eine Kerbwirkung erfahren können und an diesen Stellen entsprechend Risse entstehen können. Im schlimmsten Fall kann es sogar zum Versagen eines Rotors führen.

[0004] Somit liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zu Grunde diese Nachteile zu überwinden.

[0005] Die Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0006] Die Erfindung betrifft einen Rotor einer Strömungsmaschine. Der Rotor umfasst mindestens eine Schaufel, die ein Schaufelblatt und einen Schaufelfuß aufweist, und mindestens einen Rotorgrundkörper, insbesondere eine Scheibe, die eine nach außen geöffnete Umfangsnut zur Aufnahme des Schaufelfußes aufweist. Die Umfangsnut und der Schaufelfuß sind derart geformt, dass durch Drehen der Schaufel um eine Achse der Schaufelfuß in der Umfangsnut sicherbar ist.

[0007] Dies hat den Vorteil, dass die Schaufeln bereits direkt nach dem Drehen in der Nut gesichert sind. Eine weitere Sicherung entfällt. Dabei wird viel Montagezeit eingespart. Dabei kann die Umfangsnut mit geringem Kerbfaktor ausgeführt werden.

[0008] Weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sind in den Unteransprüchen wiedergegeben.

[0009] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung verläuft die Achse parallel zur Senkrechten der Rotationsachse des Rotorgrundkörpers. Alternativ oder in Kombination dazu verläuft die Achse radial zum Rotorgrundkörper.

[0010] Dies ist insbesondere vorteilhaft, da die absoluten Bewegungen zum Sichern der Schaufel verhältnismäßig klein sind. Bei einer eventuellen Reparatur kann eine defekte Schaufel ausgebaut werden, ohne den Rotorgrundkörper aus dem Triebwerk auszubauen.

[0011] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst der Rotor in der Umfangsnut ein Sicherungselement, insbesondere einen Sicherungsdraht, der gegen die Unterseite des Schaufelfußes aufliegt.

[0012] Dies ist insbesondere vorteilhaft, da damit wirksam verhindert wird, dass die Schaufeln in die Umfangsnut hineinfallen, wenn sich der Rotor bzw. die Scheibe nicht mehr dreht und die Fliehkraft die Schaufeln nicht mehr radial nach außen drücken. Das Sicherungselement kann als ein c-förmiger Sicherungsdraht gestaltet sein und im nicht eingebauten Zustand einen etwas größeren Radius aufweisen als im eingebauten Zustand. Damit ist der Sicherungsdraht in der Umfangsnut vorgespannt und kann sich an allen Schaufel abstützen. Der Sicherungsdraht erfährt dadurch eine Zentrierung und berührt die Basis der Umfangsnut nicht. Das Sicherungselement kann als Blech ausgebildet sein.

[0013] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist der Schaufelfuß ein zum Sicherungselement komplementär geformtes Führungselement, insbesondere eine Führungsnut, auf.

[0014] Dies ist insbesondere vorteilhaft, da die Schaufel erst dann ein Einrasten erfährt, wenn die Schaufel in der Umfangsnut richtig platziert ist. Das Sicherungselement muss nicht zwingend mittig im Schaufelfuß angeordnet sein. Die Führungsnut kann in der unteren Fläche des Schaufelfußes geformt sein oder aber die Führungsnut kann seitlich im Schaufelfuß geformt sein.

[0015] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Schaufel, insbesondere zwischen dem Schaufelblatt und dem Schaufelfuß, ein quer zum Schaufelblatt verlaufendes Innendeckband auf, so dass im eingebauten Zustand nur ein erster Steg des Innendeckbandes zusammen mit der Scheibe einen Spalt bildet. Dabei kann der Abstand des Spaltes Null betragen, so dass der erste Steg die Scheibe berührt, insbesondere den stromabwärts gerichteten Schenkel der Scheibe. Es ist anzumerken, dass das Innendeckband einen stromaufwärts angeordneten Steg und einen stromabwärts angeordneten Steg aufweist. Vorzugsweise ist der stromabwärts angeordnete Steg der erste Steg. Im Betrieb des Turbinenwerkes (stationäre oder instationäre Gasturbine) drückt der Strömungsdruck dann die einzelnen Schaufel auf diesen ersten Steg und sichert damit die richtige Positionierung der Schaufeln in axialer Richtung.

[0016] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Engstelle der Umfangsnut derart groß, dass beim Drehen der Schaufeln um die Achse der Schaufelfuß in die Umfangsnut einführbar ist und/oder die Engstelle der Schenkel derart klein ist, dass im eingebauten Zustand die Auflageflächen des Schaufelfußes auf die Auflageflächen der Schenkel liegen.

[0017] Dies ist insbesondere vorteilhaft, da die einzelnen Schaufeln nicht über einen in den Schenkeln eingebrachten Durchgang eingefädelt werden müssen und anschließend in Umfangsuchung entlang der Umfangsnut an ihre Position verschoben werden müssen, im schlimmsten Fall sogar bis zur zum Durchgang diametral gegenüberliegende Position. Erfindungsgemäß können die Schaufeln an jeder Stelle der Umfangsnut eingebracht werden. Dies hat den Vorteil, dass Montagezeit

eingespart werden kann. Darüber hinaus wird kein Durchgang benötigt, der das Scheibenmaterial schwächt und eine potentielle Sollbruchstelle darstellt.

[0018] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Engstelle der Umfangsnut größer ist als eine Tiefe des Schaufelfußes. Alternativ oder in Kombination dazu ist Engstelle der Umfangsnut kleiner als die Breite des Schaufelfußes. In allen Fällen ist die die Breite des Schaufelfußes größer ist als die Tiefe des Schaufelfußes, wobei die Breite im eingebauten Zustand der Schaufel die Ausdehnung des Schaufelfußes in axialer Richtung des Rotorgrundkörpers widerspiegelt und die Tiefe die Ausdehnung des Schaufelfußes in radialer Richtung des Rotorgrundkörpers widerspiegelt.

[0019] Dies insbesondere vorteilhaft, dass die Schaufeln entlang einer radialen Achse in die Umfangsnut einführbar sind, und anschließend durch Drehen um die radiale Achse die Schaufel in der Nut gesichert wird. Bei Rotoren mit vielen Laufschaufeln kann damit die Engstelle der Umfangsnut kleiner ausfallen und das der Umfangsnut umgebende Material kann weniger sein, so dass der Rotor schlanker und damit leichter ausgelegt werden kann.

[0020] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst der Rotor eine Umfangssicherung, die einen Kopfbereich mit einer Aufnahme für einen Teil mindestens eines Schaufelfußes aufweist. Ferner weist der Schaufelfuß einen zur Aufnahme komplementär geformten Überhang.

[0021] Dies ist insbesondere vorteilhaft, da die Umfangssicherung formschlüssig mit der benachbarten Schaufel verbunden ist. Damit wird verhindert, dass sich die Schaufeln innerhalb der Umfangsnut verschieben können. Vorzugsweise weisen zwei benachbarte Schaufelfüße komplementär geformte Überhänge auf, so dass diese in der Aufnahme der Umfangssicherung angeordnet sind. Die Form der Auflagefläche der Aufnahme kann beliebig sein. Die Form der Auflagefläche kann gebogen, eben, dachförmig, sphärisch oder zylinderförmig sein.

[0022] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst der Rotor eine Umfangssicherung mit einem Fußbereich, der auf der Basis der Umfangsnut aufliegt.

[0023] Die Umfangssicherung kann über unterschiedliche Befestigungsarten in der Umfangsnut fixiert werden. So kann eine Schraube (bspw. Madenschraube) die Umfangssicherung an die Scheibe befestigen. Denkbar sind auch Blech- und/oder Drahtelemente.

[0024] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist der Rotorgrundkörper mindestens eine Aussparung und/oder eine Erhöhung in der Basis der Umfangsnut auf. Ferner weist die Umfangssicherung einen Fußbereich auf, der in der zweiten Aussparung angeordnet ist.

[0025] Vorzugsweise ist die Aussparung, insbesondere die zweite Aussparung, schmetterlingsförmig. Die Umfangssicherung wird soweit radial verschoben, bis der Fußbereich der Umfangssicherung in diese Aussparung

eingeführt ist. Die Aussparung kann darüber hinaus mindestens noch einen Anschlag aufweisen, der quer zur Umfangsnut verläuft. Die Umfangssicherung kann in der Umfangsnut nur soweit gedreht werden, bis der Fußbereich an den Anschlag gelangt. Der Anschlag sichert, dass die Breite der Umfangssicherung genau senkrecht zur Umfangsnut verläuft, da ein Überdrehen vermieden werden kann. Außerdem bietet der Anschlag eine formschlüssige Umfangssicherung mit der Scheibe, d. h. die Scheibe samt Schaufeln, Umfangssicherung und Sicherungselement können in Umfangsrichtung nicht mehr in sich verdrehen. Im Gegensatz zur Halterung weist die Umfangssicherung vorzugsweise keine Öffnung auf. Nachdem die Halterung und das Sicherungselement in die entsprechenden Öffnung eingeführt wurde, dient die Umfangssicherung als Anschlag für das Sicherungselement, so dass dieser seine Lage nicht mehr verlassen kann. Die Umfangssicherung kann aber auch ein Sack oder Durchgangsöffnung aufweisen, um die Sicherungselementen aufzunehmen und zu fixieren.

[0026] Eine Erhöhung kann an der Basis der Umfangsnut angeformt sein und radial nach außen ragen, so dass es mit der Scheibe eine Einheit bildet.

[0027] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Breite des Kopfbereiches der Umfangssicherung größer als die Engstelle der Schenkel.

[0028] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Höhe der Umfangssicherung mindestens genauso groß wie die Nuthöhe. Ferner umfasst der Rotor mindestens eine zur Umfangsnut querverlaufende Nut zur Aufnahme der Umfangssicherung auf.

[0029] Dies ist insbesondere vorteilhaft, da eine solche Nut verhindert, dass sich die Umfangssicherung entlang der Umfangsnut bewegen kann. Damit werden auch die Schaufeln in der Umfangsnut gesichert.

[0030] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Höhe der Umfangssicherung kleiner als die Nuthöhe. Mindestens eine Seitenwandung, insbesondere ein Schenkel, der Umfangsnut weist eine, insbesondere dritte, Aufnahme für die Umfangssicherung auf.

[0031] Damit wird ebenfalls die Umfangssicherung sichergestellt. Vorzugsweise kann diese dritte Aufnahme kreissegmentförmig ausgebildet sein. Damit kann die Umfangssicherung in die Umfangsnut eingedreht werden.

[0032] Im Weiteren werden anhand der schematischen Zeichnung bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung näher beschrieben. Dabei zeigen:

- Figur 1: eine Schrägansicht von einem Teil eines Rotor mit einigen eingebauten Schaufeln und eine Umfangssicherung,
- Figur 2: eine Schrägansicht von einigen Schaufeln mit einer Umfangssicherung und einer Halterung,
- Figur 3: die gleiche Ansicht wie in Figur 2, jedoch mit weniger Schaufeln,

- Figur 4A: einen Schnitt quer durch die Umfangsnut der Scheibe, wobei die Schaufel im eingebauten Zustand abgebildet ist,
- Figur 4B: einen Schnitt quer durch die Umfangsnut der Scheibe, wobei die Schaufel im gekippten Zustand abgebildet ist,
- Figur 5 eine axiale Ansicht auf einen Teil des Rotors mit eingebauten Schaufeln,
- Figur 6 einen Schnitt quer durch die Umfangsnut der Scheibe, wobei die Halterung abgebildet ist,
- Figur 7 eine Draufsicht auf die Umfangsnut in radialer Richtung, und
- Figur 8 einen Schnitt quer durch die Umfangsnut der Scheibe, wobei zwei Ausführungsformen der Umfangssicherung abgebildet sind.

[0033] Die Figur 1 zeigt eine Schrägansicht von einem Teil eines Rotor mit einem Rotorgrundkörper 2, mit einigen eingebauten Schaufeln 4, 6 und 8 und einer Umfangssicherung 10. Der Rotorgrundkörper 2 kann eine Scheibe oder ein Scheibenring sein. In dieser Ausführungsform gibt es drei unterschiedliche Schaufeln 4, 6 und 8, dies sich insbesondere in der Form ihrer Schaufelfüße 54, 55 und 58 in Umfangsrichtung unterscheiden. Die Scheibe 2 weist eine insbesondere C-formige Umfangsnut 12 auf, in der die Schaufelfüße 54 der ersten Schaufel 4, die Schaufelfüße 55 der zweiten Schaufel 6 und die Schaufelfüße 58 der dritten Schaufel 8 angeordnet sind. Die Umfangsnut 12 weist eine Basis 14 und an den beiden Enden der Basis 14 jeweils einen Schenkel 16 und 18 auf (siehe auch Figuren 4A und 4B), die die Seitenwandungen der Umfangsnut 12 bilden. Der stromabwärts gerichtete Schenkel 16 (bzw der erste Schenkel) ist verglichen mit dem stromaufwärts gerichteten Schenkel 18 (im Folgenden als der zweite Schenkel bezeichnet) in der radialen Abmessung größer. Die Schaufel 4 weist zwischen einem radial nach außen erstreckenden Schaufelblatt 20 und einem radial nach innen erstreckenden Schaufelfuß 22 ein in axialer Richtung (der Scheibe 2) erstreckendes Innendeckband 24. Das Innendeckband 24 weist einen stromabwärts angeordneten Steg 26 (im Folgenden als der erste Steg bezeichnet) und einen stromaufwärts angeordneten Steg 28 (im Folgenden als der zweite Steg bezeichnet) auf. Dabei liegt die Unterseite 30 des ersten Stegs 26 auf der Oberseite 32 des ersten Schenkels 16.

[0034] Die Umfangsnut 12 weist ferner eine zweite radial nach innen verlaufende Nut 34 auf, die sich in den beiden Schenkeln 16 und 18 eingelassen ist. In diese beiden zweite Nuten 34 ist die Umfangssicherung 10 angeordnet.

[0035] In den Figuren 2 und 3 ist eine Schrägansicht von einigen Schaufeln mit einer Umfangssicherung 10 und einer Halterung bzw. Drathalterung 36 abgebildet. Zum besseren Verständnis wurden in den Figuren 2 und 3 der Scheibe 2 nicht mitabgebildet. Ferner wurden in

Figur 3 die Schaufeln zwischen Umfangssicherung 10 und der Drathalterung 36 zur besserem Verständnis nicht abgebildet. Im vorderen Bereich ist die Umfangssicherung 10 zu sehen. Die Umfangssicherung 10 weist einen im Wesentlichen rechteckförmigen oberen Kopfbereich 38 und einen im Wesentlichen ebenfalls rechteckförmigen Fußbereich 40 auf. In radialer Richtung der Scheibe 2 erstreckt sich die Höhe h_U der Umfangssicherung 10. In Umfangsrichtung erstreckt sich die Tiefe t_U der Umfangssicherung 10. In axialer Richtung erstreckt sich der Kopfbereich 38 der Umfangssicherung 10 in die Breite b_U . Die Umfangssicherung 10 weist im Kopfbereich 38 eine - hier bogenförmige - erste Aufnahme 42 auf. Die Drathalterung 36 weist einen Kopf 44 und einen im Wesentlichen rechteckförmigen Fuß 46 auf. Die Drathalterung 36 weist im Kopf 44 eine - hier bogenförmige - zweite Aufnahme 48 auf. Die beiden Aufnahmen 42 und 48 sind vorzugsweise identisch geformt. In der Mitte der Drathalterung 36 ist eine Öffnung 50 bzw. Bohrung eingelassen. Durch diese Öffnung 50 verläuft ein Sicherungselement bzw. Sicherungsdraht 51.

[0036] Zwischen der Umfangssicherung 10 und der Drathalterung 36 sind drei unterschiedliche Schaufeln 4, 6 und 8 mit einer Tiefe T angeordnet (siehe Figur 2). Diese Schaufeln 4, 6 und 8 unterscheiden sich durch die unterschiedliche Ausgestaltung der entsprechenden Schaufelfüße 54, 55, 58 in Umfangsrichtung. Die erste Schaufel 4 weist einen ersten Schaufelfuß 54 auf, bei dem die zur Umfangssicherung 10 weisende Stirnfläche 52 einen zur ersten Aufnahme 42 komplementär geformten Überhang 56 aufweist. Die Stirnflächen der zweiten Schaufelfüße 55 der beiden zweiten Schaufeln 6 sind planar. Die dritte Schaufel 8 weist einen dritten Schaufelfuß 58 auf, bei dem die zur Drathalterung 36 weisende Stirnfläche 52 einen zur zweiten Aufnahme 48 komplementär geformten Überhang 60 aufweist.

[0037] In der Figur 4A ist ein Schnitt quer durch die Umfangsnut 10 der Scheibe 2 wiedergegeben, wobei die zweite Schaufel 6 im eingebauten Zustand abgebildet ist. In der Figur 4B ist ein Schnitt durch die Umfangsnut 10 der Scheibe 2 wiedergegeben, wobei die zweite Schaufel 6 im gekippten Zustand abgebildet ist, um anschließend um die parallele Achse A_T gedreht zu werden, wobei diese Achse A_T parallel zur Senkrechten der Rotorachse ist. Die Breite der Umfangsnut 10 an der engsten Stelle zwischen den Schenkeln 16 und 18 wird mit S_E bezeichnet.

[0038] Im Betrieb fließt die Strömung von rechts nach links und wird durch die Strömungsrichtung 62 angege-
 50 ben. Der untere Bereich des zweiten im Wesentlichen schwalbenschanzförmigen Schaufelfußes 55 der zweiten Schaufel 6 weist eine dritte Nut 64 auf, um den Sicherungsdraht 51 aufzunehmen. Die anderen Schaufelfüße 54 und 58 können diesbezüglich ähnlich gestaltet sein und können im unteren Bereich eine zur dritten Nut 64 ähnliche gestaltete Nut aufweisen. Es ist festzuhalten, dass die Öffnung 50 der Drathalterung 36 mit der dritten Nut 64 fluchtet. Die Unterseite 30 des ersten Stegs 26

liegt, wie in Figur 4A abgebildet, auf der Oberseite 32 des ersten Schenkels 16. Die schrägverlaufende Auflageflächen 66 und 68 des Schaufelfußes 55 liegen an den schrägverlaufenden Auflageflächen 70 und 72 der Umfangsnut 10. Diese Engstelle S_E zwischen den Schenkeln 16 und 18 ist derart groß, dass beim Schwenken der Schaufeln 4, 6 oder 8 bspw. um die parallele Achse A_T der Schaufelfuß 55 (so auch die anderen Schaufelfüße 54 und 58) in die Umfangsnut 10 einführbar ist und die Engstelle S_E zwischen den Schenkeln 16 und 18 derart klein ist, dass im eingebauten Zustand die Auflageflächen 66 und 68 des Schaufelfußes 55 auf die Auflageflächen 70 und 72 der Schenkeln 16 und 18 anliegen.

[0039] Alternativ dazu kann beispielsweise die zweite Schaufel 6 (auch die anderen Schaufeln) um die radiale Achse A_r gedreht werden, um in der Umfangsnut 12 gesichert zu werden. Dazu wird diese zweite Schaufel 6 vorab radial entlang der radialen Achse A_r verschoben, wobei die Tiefe T der Schaufel 6 parallel zur Engstelle S_E ausgerichtet ist. Erst wenn der Schaufelfuß 55 ausreichend weit in die Umfangsnut 12 eingeschoben wurde, kann die zweite Schaufel 6 um die radiale Achse A_r gedreht werden bis der Sicherungsdraht 51 in die dritte Nut 64 (Führungsnut) einschnappt. Dann ist die Breite B der zweiten Schaufel 6 im Wesentlichen parallel zur Engstelle S_E orientiert.

[0040] Dabei ist in den Figuren 4A und 4B zu erkennen, dass die Breite B der Schaufelfüße 55 größer ist als die Engstelle S_E .

[0041] Gemäß der Erfindung werden zur Sicherung der Schaufeln 4, 6 und 8 in einem Schaufel-Scheibe-Verbund eine bestimmte Anzahl von Schaufeln 4, 6 und 8 mit einem Formelement, hier mit dem Sicherungsdraht 51 und einem oder mehreren Umfangssicherung 10 und einem oder mehreren Drathalterungen 36 montiert. Die Anzahl der dazu verwendeten Sicherungselemente 10 und 36 und Sicherungsdrähte 51 ist variabel und bestimmt dabei die Teilung und die Anzahl der benötigten zweiten Radialnuten 34 in der Scheibe 2. Die Umfangssicherungen 10 dienen nach der Fertigstellung der gesamten Montage als Anschlag für den Sicherungsdraht 51. Dieser ist damit in Umfangsrichtung formschlüssig gesichert. Die Drathalterungen 36 werden in radialer Richtung durch Schwalbenschwanzanlageflächen 70 und 72 in der Scheibe 2 gehalten. Der Sicherungsdraht 51 wird wiederum durch die Drathalterungen 36 am Herausfallen gehindert, da die Drathalterungen 36 in Richtung der Drehachse an der Scheibe 2 auf der Basis 14 anliegen. Die Elastizität des Sicherungsdraht 51 gewährleistet, dass die Schaufeln durch leichtes verdrücken des Sicherungsdrahts 51 eingekippt werden können (siehe Figuren 4B und 5). Beim Einkippen bspw. der ersten Schaufel 4 weicht der Sicherungsdraht 51 dabei zur Seite und radial nach unten, wie in Figur 5 gestrichelt dargestellt ist. Beim Erreichen der endgültigen Montageposition des Schaufelfußes springt der Sicherungsdraht 51 elastisch in seine neutrale Position zurück, so dass dieser Sicherungsdraht 51 in der dritten Nut 64 anliegt. Durch

die formschlüssige Führung des Sicherungsdraht 51 in der dritten Nut 64 der Schaufelfüße 54, 55 und 58, werden die Schaufeln 4, 6 und 8 in der Schwalbenschwanzführung (Umfangsnut 12) der Scheibe 2 gehalten und können bei Rotorstillstand nicht kippen. Die Umfangssicherungselement 10 wird nach erfolgter Montage in radialer Richtung von der Schaufel 4 gehalten. Die Drathalterungen 36 werden erfindungsgemäß durch einen Schwalbenschwanzansatz in der Umfangsnut 12 gehalten. Die Öffnung 50 der Drathalterung 36 ist so groß dimensioniert, dass der Sicherungsdraht 51 unter Last nicht an dieser Drathalterung 36 anliegt.

[0042] Im Folgenden wird eine mögliche Montage des Rotors wiedergegeben. Im ersten Schritt können die Umfangssicherungen 10 durch radiales Einstecken in die entsprechenden Nuten in der Scheibe 2 montiert werden. Nach der Montage der Umfangssicherungen 10 werden die Drathalterungen 36 in die Umfangsnut 12 der Scheibe 2 eingedreht oder gekippt. Danach kann der Sicherungsdraht 51 montiert werden. Dieser Sicherungsdraht 51 wird durch die Löcher bzw. Bohrungen 50 der Drathalterungen 36 gesteckt. Nach Montage aller Sicherungselemente werden die Schaufeln 4, 6 und 8 durch Kippen oder durch Drehen montiert. In entsprechender Reihenfolge müssen zuerst die an den Sicherungsteilen (Drathalterung 36 bzw. Umfangssicherung 10) anliegenden Schaufeln 4 und 8 in die Umfangsnut eingeschwenkt werden und an ihre Zielposition in Umfangsrichtung geschoben werden. Danach können die restlichen Schaufeln 6 montiert werden. Die Demontage erfolgt analog in umgekehrter Reihenfolge.

[0043] In der Figur 6 ist ein Schnitt durch die Umfangsnut 12 der Scheibe 2 wiedergegeben, wobei die Drathalterung 10 im Kopf 44 die zweite Aufnahme 48 aufweist. Darin befindet sich der Überhang 56 des ersten Schaufelfußes 54 der ersten Schaufel 4. In Figur 6 sind zwei Ausführungsformen des Fußes 46 der Drathalterungen 36 abgebildet. Die erste Ausführungsform des Fußes 46 reicht bis zur Basis 14 der Umfangsnut 12. In der zweiten Ausführungsform ist in der Basis 14 der Umfangsnut radial nach innen reichende erste im Wesentlichen schmetterlingsförmige Aussparung 69 eingelassen (siehe auch Figur 5, gestrichelt abgebildet). In diese erste Aussparung 69 ist der verlängerte Bereich 71 des Fußes 46 angeordnet (schraffierter Bereich).

[0044] In der Figur 7 ist eine Draufsicht auf die Umfangsnut 12 in radialer Richtung auf die erste Aussparung 69 und eine zweite Aussparung 78 (dazu siehe weiter unten) wiedergegeben. In der Mitte von oben nach unten verlaufend ist die Umfangsnut 12 abgebildet. Links wird die Umfangsnut 12 durch den ersten Schenkel 16 begrenzt. Rechts wird die Umfangsnut 12 durch den zweiten Schenkel 18 begrenzt. In der ersten Aussparung 69 ist der verlängerte Bereich 71 einmal schraffiert und einmal gestrichelt abgebildet. Beim der Montage der Drathalterung 36 in die Umfangsnut 10 wird die Drathalterung 36 mit der gestrichelten Orientierung senkrecht zur Blattebene eingeführt. Sobald der verlan-

gerte Bereich 71 in der ersten Aussparung 69 angeordnet ist, kann die Drathalterung 36 um die Drehachse 70 im Uhrzeigersinn gedreht werden bis der verlängerte Bereich 71 auf den senkrecht zur Umfangsnut 12 verlaufenden Anschlag 72 der ersten Aussparung 69 stößt.

[0045] In der Figur 8 ist ein Schnitt durch die Umfangsnut 12 der Scheibe 2 abgebildet, wobei zwei Ausführungsformen der Umfangssicherung 10 wiedergegeben sind. Die erste Ausführungsform ist auf der rechten Seite wiedergegeben. Die Umfangssicherung 10 entspricht der in Figur 1 abgebildeten. Diese wird radial von außen nach innen in die zweiten Nuten 34 eingeschoben. Dabei ist zu beachten, dass die zweite Nuten 34 in den Schenkeln von außen nach innen zur Umfangsnut 12 reichen. Diese zweite Nuten 34 sind auch in der Figur 7 abgebildet. Dabei ist der Kopfbereich 38 der Umfangssicherung 10 größer als die Engstelle S_E zwischen den Schenkel 16 und 18.

[0046] In einer zweiten Ausführungsform der Umfangssicherung 10' ist die Höhe h_U' der Umfangssicherung 10 von der Basis 14 bis zum Ende des Kopfbereichs 38 kleiner als die Nuthöhe h_N . Im Gegensatz zur ersten Ausführungsform wird diese Umfangssicherung 10' wie die Drathalterung 36 in die Umfangsnut 12 gedreht. Dazu müssen dritte Aufnahmen 74 in den Schenkeln 16 und 18 eingelassen sein, die vorzugsweise bogenförmig sind (siehe Figur 7). Zusätzlich oder alternativ kann die Umfangssicherung 10' einen verlängerten Fußbereich 76 aufweisen, wie die Drathalterung 36 in Figur 6. Dabei weist die Umfangsnut 12 für den verlängerten Fußbereich 76 eine zweite Aussparung 78 auf. Die zweite Aussparung 78 kann genauso geformt sein wie die erste Aussparung 69. Die Umfangssicherung 10' wird dann genauso in die Umfangsnut 12 eingedreht, wie die Drathalterung 36 mit verlängertem Fußbereich 71.

[0047] Die Sicherung der Schaufeln in Umfangsrichtung erfolgt durch eingesetzte Sicherungsteile (Umfangssicherung 10 und Drathalterung 36) die formschlüssig in die Umfangsnut 10 der Scheibe 2 eingreifen. Das herauskippen einzelner Schaufeln 4, 6, und 8 wird durch ein Formelement (z.B. Sicherungsdraht 51) an den Schaufelfüßen 54, 55 und 58 verhindert. Mit Hilfe dieses Sicherungsdrahts entsteht ein Formschluss für den gesamten Scheibe-Schaufel-Verbund. Ein Verrutschen des Drahts in Umfangsrichtung wird durch die Umfangssicherung 10 verhindert. Im eingebauten Zustand, und insbesondere im Betrieb sind alle Sicherungsdrähte quasi Spannungsfrei und bilden kein lebensdauerminimierendes Bauelement. Im Betrieb liegen die Sicherungselemente (insbesondere die Sicherungsdrähte 51) großflächig an den angrenzenden Bauteilen an. Dadurch entstehen kaum Kanten- oder Punktlasten und die damit verbundenen Spannungsspitzen im Material. Die Montage erfolgt ohne plastische Verformung oder Verschraubungen. Damit werden undefinierte Materialspannungen durch Verformung und damit mögliche Rißbildung vermieden. Durch die Art der Konstruktion verteilt sich die Fliehkraft der Sicherungselemente im Betrieb nahezu

gleichmäßig auf die Schaufeln. Durch entsprechende Auslegung wird zudem die unsymmetrische Belastung des Schwalbenschwanzes der Schaufeln 4, 6 und 8 minimiert. Es besteht zudem keine mechanische Verbindung zwischen Scheibe 2 und Sicherungsdraht 51. Damit wird insbesondere Fretting zwischen diesen beiden Bauteilen verhindert.

[0048] An einer einzigen Scheibe können beliebig viele Sicherungsdrähte am gesamten Umfang und beliebig viele Drathalterungen verwendet werden. Wenn nur ein einziger durchgehender Sicherungsdraht verwendet wird, so muss dieser über den gesamten Rotorumfang verlaufen. Der Sicherungsdraht kann zur Montagevereinfachung vorgebogen sein.

[0049] Die Erfindung kann insbesondere im Verdichter- und im Turbinenbereich von Strömungsmaschinen eingesetzt werden.

Bezugszeichenliste

[0050]

2	Scheibe
4	erste Schaufel
6	zweite Schaufel
8	dritte Schaufel
10	Umfangssicherung
12	Umfangsnut
14	Basis
16	stromabwärts gerichteter Schenkel (erste Schenkel)
18	stromaufwärts gerichteter Schenkel (zweite Schenkel)
20	Schaufelblatt
22	Schaufelfuß von 4
24	Innendeckband
26	erster Steg
28	zweiter Steg
30	Unterseite von 26
32	Oberseite von 16
34	zweite Nut
36	Halterung
38	Kopfbereich von 10
40	Fußbereich von 10
42	erste Aufnahme von 10
44	Kopf von 36
46	Fuß von 36
48	zweite Aufnahme von 36
50	Öffnung von 36
51	Sicherungselement
52	Stirnfläche
54	erster Schaufelfuß von 4
55	zweiter Schaufelfuß von 6
56	Überhang von 54
58	Schaufelfuß von 8
60	Überhang von 58
62	Strömungsrichtung
63	Unterseite von 8

64	Führungselement (dritte Nut)
66	Anlagefläche
68	Anlagefläche
69	erste Aussparung
70	Drehachse
71	verlängerter Bereich des Fuß 46
72	Anschlag
74	dritte Aufnahme
76	verlängerter Bereich des Fußbereich von 40
78	zweite Aussparung
79	Spalt
81	Erhöhung
A _r	radiale Achse
A _T	parallele Achse
B	Breite des Schaufelfußes
b _U	Breite des Kopfbereiches der Umfangssicherung
h _N	Nuthöhe
h _U , h _U '	Höhe der Umfangssicherung
S _E	Engstelle zwischen den Schenkel
T	Tiefe des Schaufelfußes

Patentansprüche

1. Rotor einer Strömungsmaschine mit:

- mindestens einer Schaufel (4, 6, 8), die ein Schaufelblatt (20) und einen Schaufelfuß (54, 55, 58) aufweist,
 - einen Rotorgrundkörper (2), insbesondere eine Scheibe (2), die eine nach außen geöffnete Umfangsnut (12) zur Aufnahme des Schaufelfußes (54, 55, 58) aufweist,
- dadurch gekennzeichnet, dass** die Umfangsnut (12) und der Schaufelfuß (54, 55, 58) derart geformt sind, dass durch Drehen der Schaufel (4, 6, 8) um eine Achse (A_r, A_T) in die Umfangsnut (12) der Schaufelfuß (54, 55, 58) sicherbar ist.

2. Rotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Achse (A_T) parallel zu einer Senkrechten der Rotationsachse des Rotorgrundkörpers (2) verläuft und/oder die Achse (A_r) radial zum Rotorgrundkörper (2) verläuft.

3. Rotor nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rotor in der Umfangsnut (12) ein Sicherungselement (51), insbesondere einen Sicherungsdraht, aufweist, der an der Unterseite (63) des Schaufelfußes (54, 55, 58) anliegt.

4. Rotor nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schaufelfuß (54, 55, 58) ein zum Sicherungselement (51) komplementär geformtes Führungselement

(64), insbesondere eine Führungsnut, aufweist.

5. Rotor nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufel (2) ein quer zum Schaufelblatt (20) verlaufendes Innendeckband (24) aufweist, so dass mindestens ein Steg (26) des Innendeckbandes (24) zusammen mit dem Rotorgrundkörper (2) einen Spalt (79) bildet.

6. Rotor nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Engstelle (S_E) der Umfangsnut (12) derart groß ist, dass beim Drehen der Schaufeln (4, 6, 8) um die Achse (A_r, A_T) der Schaufelfuß (54, 55, 58) in die Umfangsnut (12) einführbar ist.

7. Rotor nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Engstelle (S_E) derart klein ist, dass mindestens eine Auflagefläche (66, 68) des Schaufelfußes (54, 55, 58) auf mindestens eine in der Umfangsnut (12) befindliche Auflagefläche (70, 72) anliegt.

8. Rotor nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Engstelle (S_E) größer ist als eine Tiefe (T) des Schaufelfußes (54, 55, 58) und/oder die Engstelle (S_E) kleiner ist als die Breite (B) des Schaufelfußes (54, 55, 58), wobei die Breite (B) des Schaufelfußes (54, 55, 58) größer ist als die Tiefe (T) des Schaufelfußes (54, 55, 58).

9. Rotor nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rotor eine Umfangssicherung (10) umfasst, die einen Kopfbereich (38) mit einer ersten Aufnahme (42) für einen Teil mindestens eines Schaufelfußes (54, 58) aufweist, und der Schaufelfuß (54, 58) einen zur ersten Aufnahme (42) komplementär geformten Überhang (56, 60) aufweist.

10. Rotor nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rotor eine Umfangssicherung (10) mit einem Fußbereich (40) umfasst, der auf der Basis (14) der Umfangsnut (12) aufliegt.

11. Rotor nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rotorgrundkörper (2) mindestens eine Aussparung (78) und/oder Erhöhung (81) in der Basis (14) der Umfangsnut (12) aufweist und/oder die Umfangssicherung (10') einen Fußbereich (40, 76) aufweist, der in der Aussparung (78) angeordnet ist.

12. Rotor nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Breite (b_U) des Kopfbe-

reiches (38) der Umfangssicherung (10) größer ist als die Engstelle (S_E).

13. Rotor nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Höhe (h_U) der Umfangssicherung (10) mindestens genauso groß ist wie die Nuthöhe (h_N) und dass der Rotor mindestens eine zur Umfangsnut (12) querverlaufende Nut (34) zur Aufnahme der Umfangssicherung (10) aufweist.
14. Rotor nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Höhe (h_U') der Umfangssicherung (10) kleiner ist als die Nuthöhe (h_N) und mindestens eine Seitenwandung (16, 18) der Umfangsnut (12) eine Aufnahme (74) für die Umfangssicherung (10) aufweist.
15. Strömungsmaschine mit einem Rotor nach mindestens einem der obigen Ansprüche.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

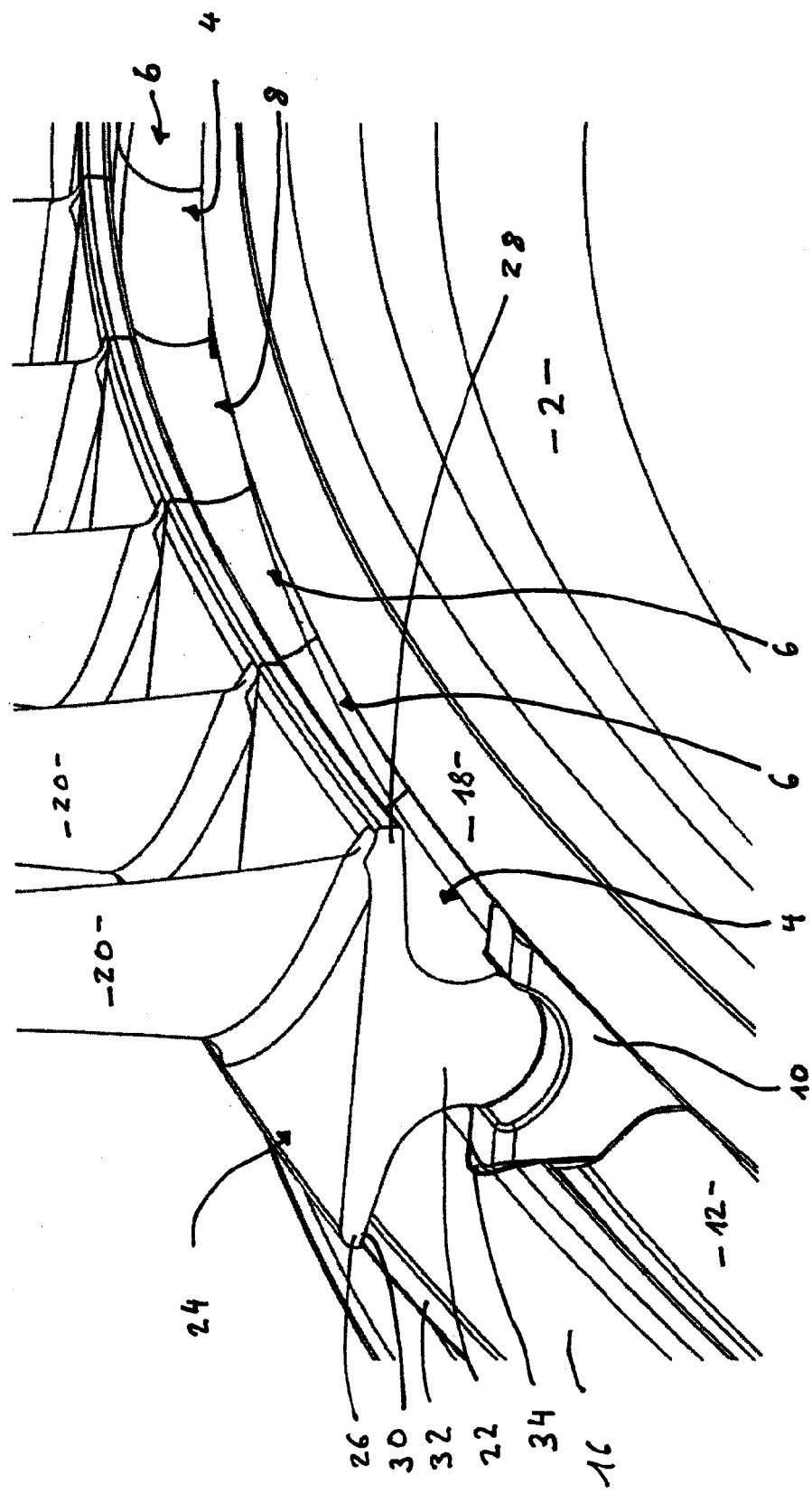


FIG 2

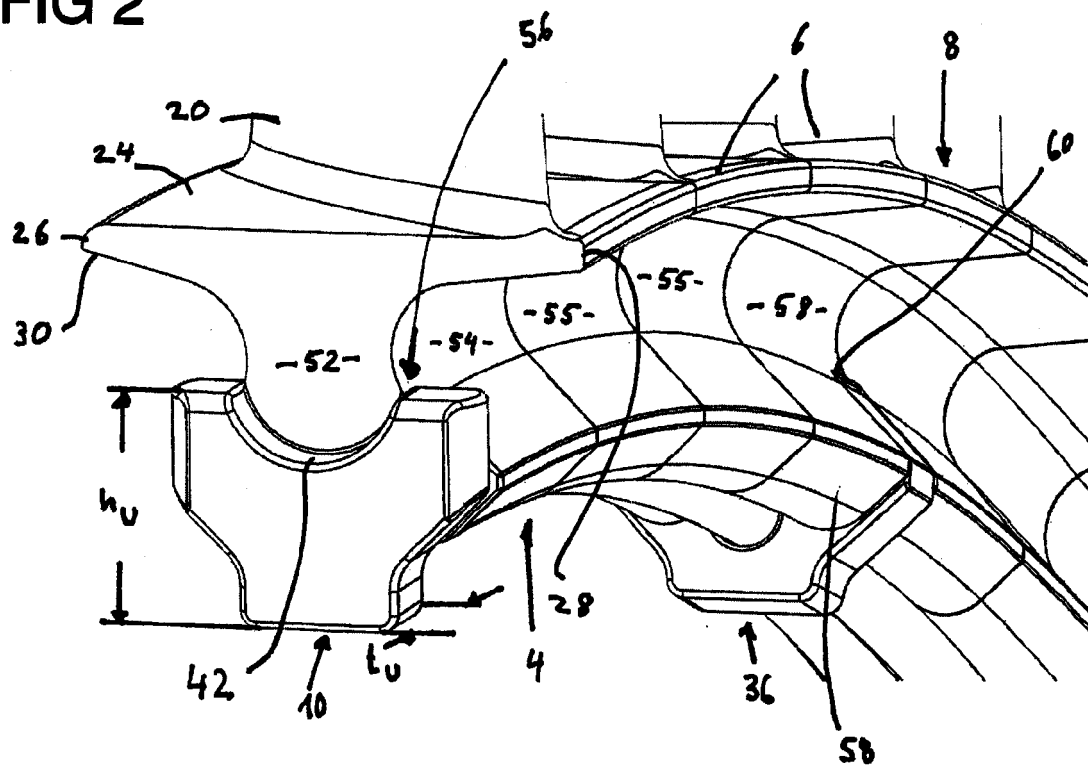


FIG 3

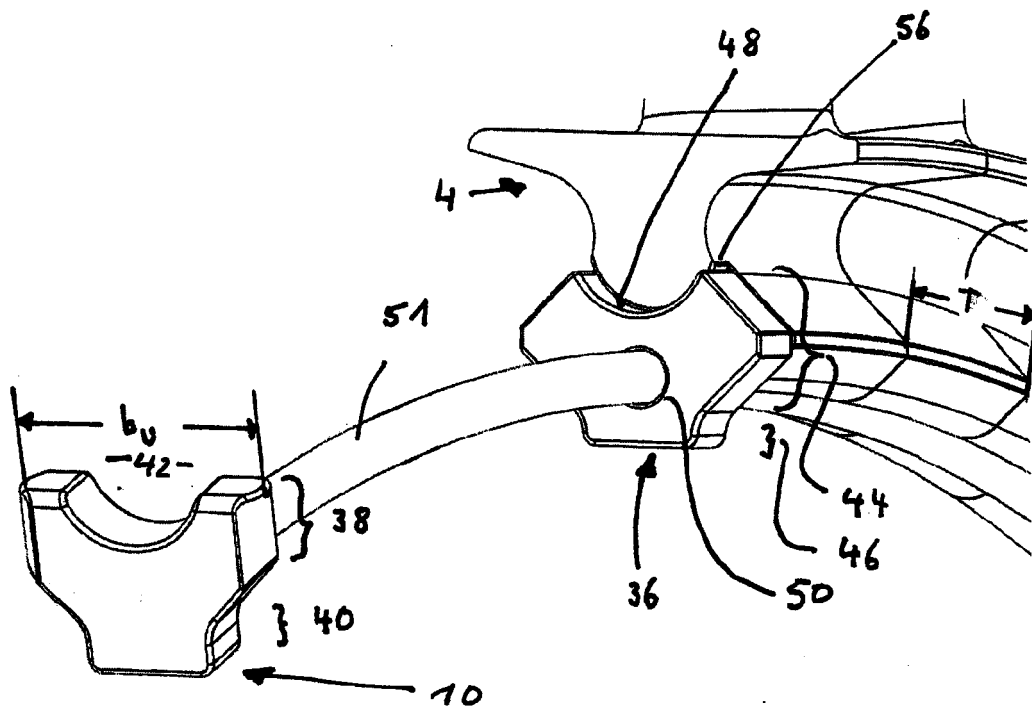


FIG 4A

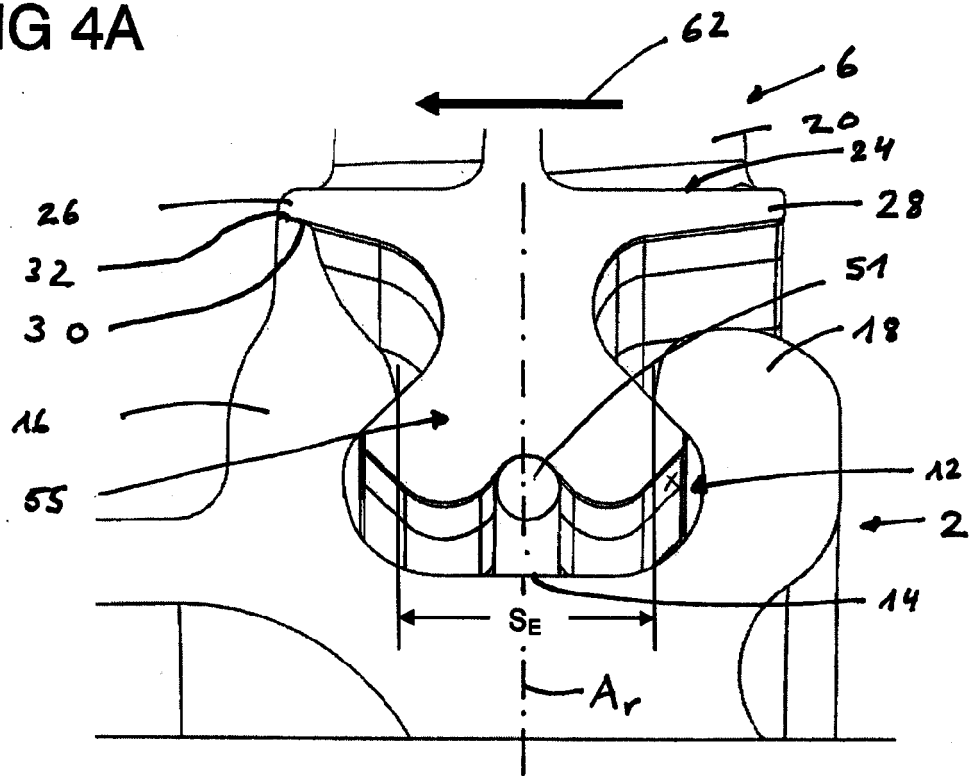


FIG 4B

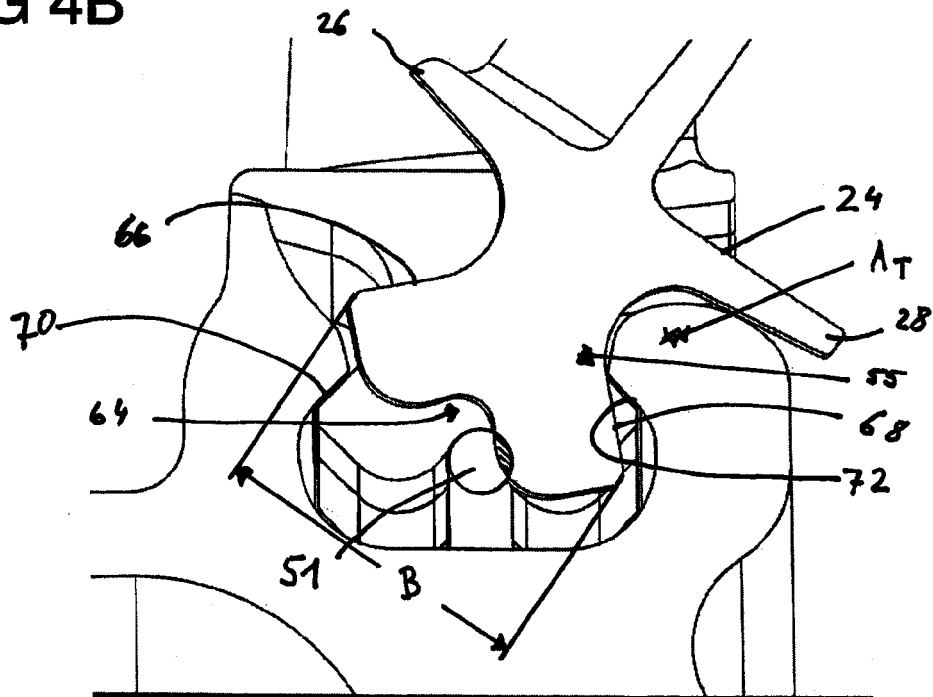


FIG 5

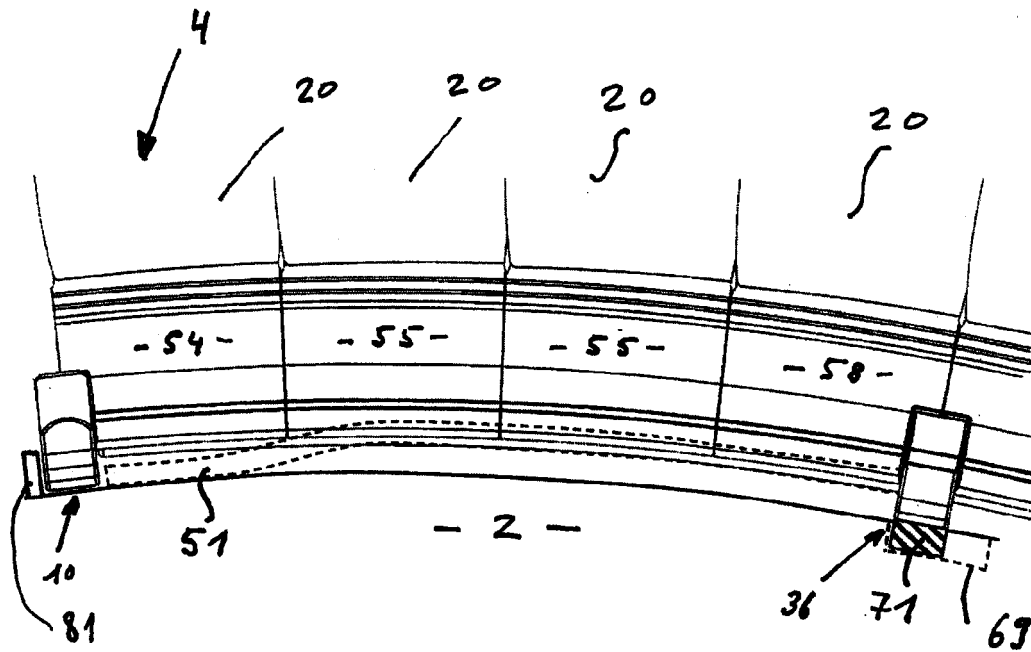


FIG 6

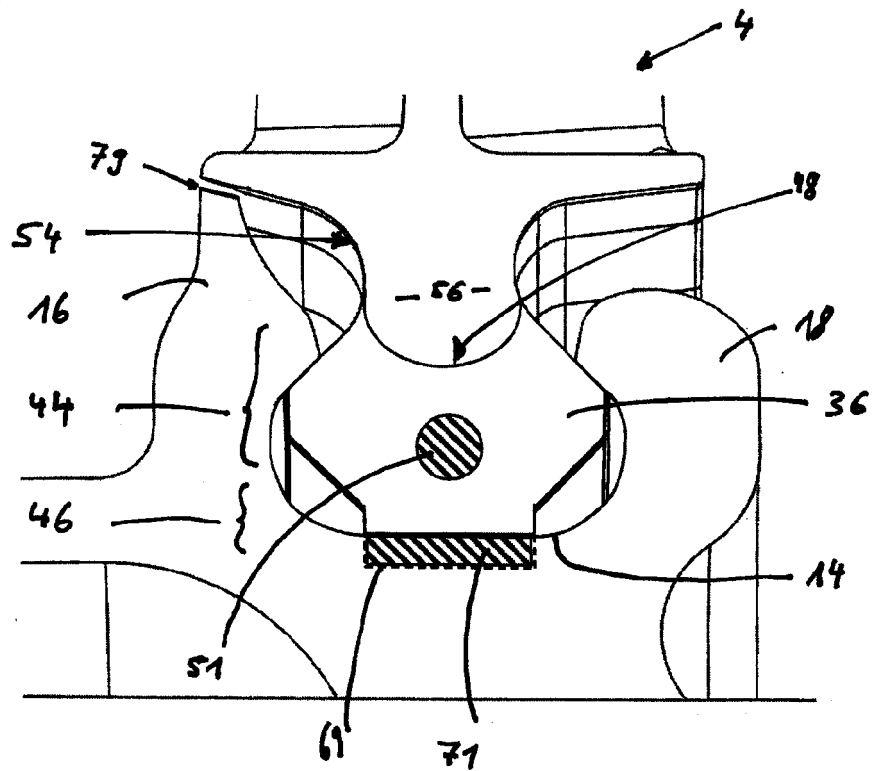


FIG 7

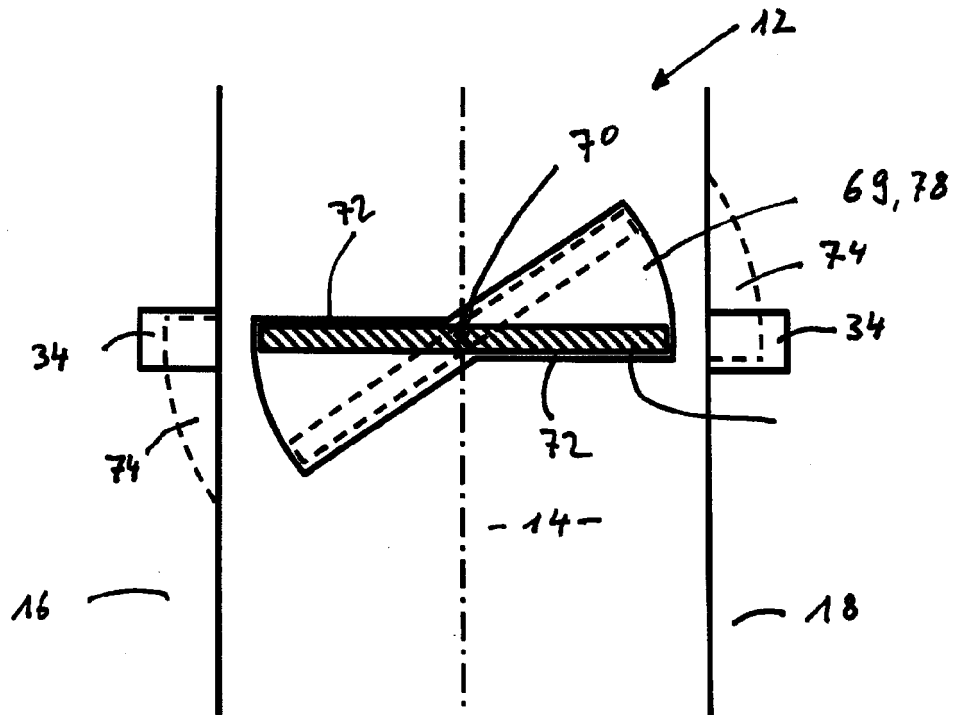
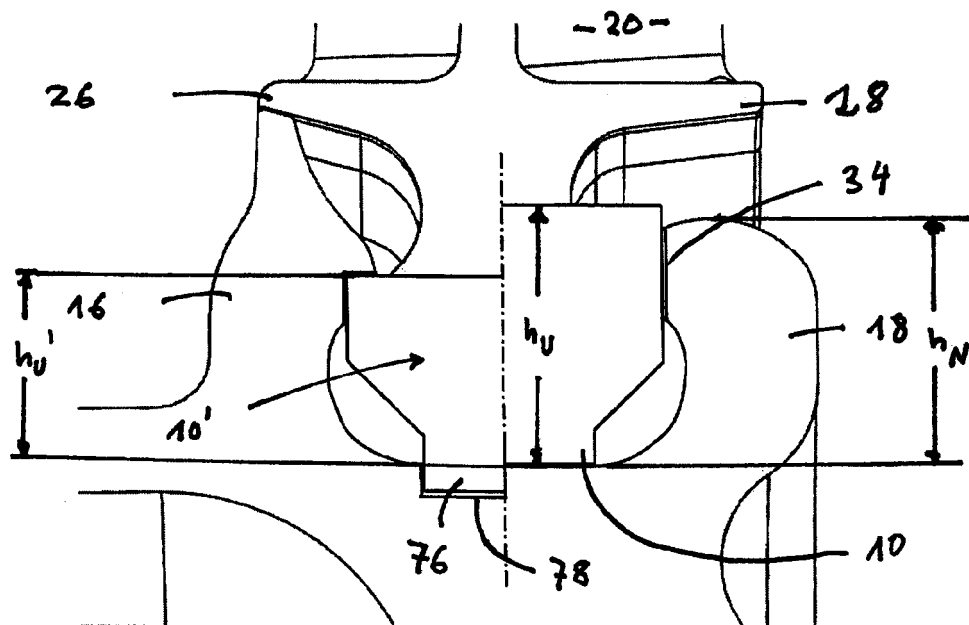


FIG 8





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 14 19 3326

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 368 015 A1 (SNECMA [FR]) 28. September 2011 (2011-09-28) * Absätze [0024], [0025], [0030]; Abbildungen 3,4,6 *	1-7,9, 10,15	INV. F01D5/30 F01D5/32
X	DE 32 10 892 A1 (ROLLS ROYCE) 18. November 1982 (1982-11-18) * Seite 8, Zeile 22 - Seite 9, Zeile 30; Abbildung 2 *	1,2,5-7, 10,15	
X	EP 2 602 435 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 12. Juni 2013 (2013-06-12) * Abbildungen 18-24 *	1,2,5-7, 15	
X	US 4 280 795 A (TROUSDELL EDMUND D) 28. Juli 1981 (1981-07-28) * Spalte 3, Zeile 17 - Zeile 64; Abbildungen 1,2 *	1,3,15	
X	DE 22 37 348 B1 (MOTOREN- UND TURBINEN-UNION) 24. Januar 1974 (1974-01-24) * Spalte 2, Zeile 53 - Spalte 4, Zeile 14; Abbildung 2 *	1,11,15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 16. März 2015	Prüfer Pileri, Pierluigi
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 Patentdokument, 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 14 19 3326

5

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

16-03-2015

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2368015 A1	28-09-2011	CA 2747983 A1	01-07-2010
		CN 102265000 A	30-11-2011
		EP 2368015 A1	28-09-2011
		FR 2940354 A1	25-06-2010
		JP 5502893 B2	28-05-2014
		JP 2012513560 A	14-06-2012
		RU 2011130802 A	27-01-2013
		US 2011255983 A1	20-10-2011
		WO 2010072522 A1	01-07-2010
DE 3210892 A1	18-11-1982	DE 3210892 A1	18-11-1982
		FR 2504975 A1	05-11-1982
		GB 2097480 A	03-11-1982
		JP S6217679 B2	18-04-1987
		JP S57186094 A	16-11-1982
		US 4451203 A	29-05-1984
EP 2602435 A2	12-06-2013	EP 2602435 A2	12-06-2013
		US 2013149158 A1	13-06-2013
US 4280795 A	28-07-1981	KEINE	
DE 2237348 B1	24-01-1974	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

- US 7708529 B2 [0002]