

(19)



(11)

EP 3 239 533 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
01.11.2017 Patentblatt 2017/44

(51) Int Cl.:
F04D 29/16^(2006.01) F04D 29/52^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16167671.3**

(22) Anmeldetag: **29.04.2016**

(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
 Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(72) Erfinder:
 • **Carolus, Thomas, Prof. Dr. 57250 Netphen (DE)**
 • **Zhu, Tao 57076 Siegen (DE)**

(74) Vertreter: **Durm & Partner Patentanwälte Moltkestrasse 45 76133 Karlsruhe (DE)**

(71) Anmelder: **STEINBEIS GMBH & CO. Für TECHNOLOGIETRANSFER 70174 Stuttgart (DE)**

(54) **AXIALE TURBOMASCHINE**

(57) Eine axiale Turbomaschine umfasst einen Rotor (1) mit Nabe (3) und Schau-feln (4) sowie ein feststehen-des rohrartiges Gehäuse (5). Auf der Innenwand des Ge-häuses (5) ist ein radial umlaufender Ringsteg (7) auf-gebracht. Die Schaufeln (4) haben an ihren Enden kor-

respondierende Radialnuten (8). Im Bereich des Ring-stegs (7) wird der Kopfspalt (6) durch die Konturen des Ringstegs (7) und der korrespondierenden Radialnuten (8) definiert. Hierdurch ergibt sich ein höherer Wirkungs-grad und ein leiseres Betriebsgeräusch.

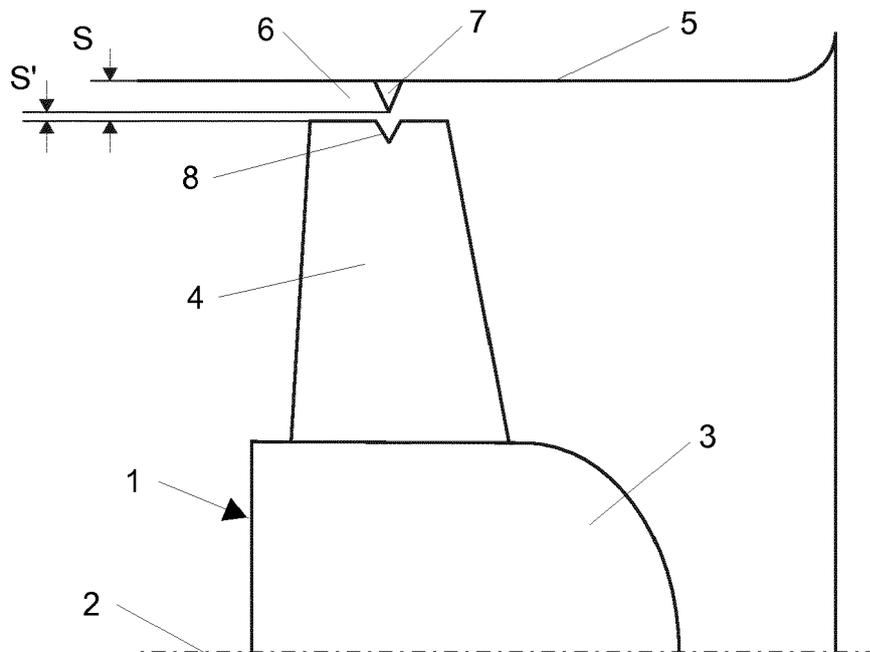


Fig. 1b

EP 3 239 533 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft axiale Turbomaschinen wie zum Beispiel Ventilatoren, Pumpen, Kompressoren, Luft-, Dampf- und Gasturbinen.

[0002] Eine solche Turbomaschine bzw. Strömungsmaschine hat einen Rotor, der um eine feste Drehachse umläuft. Der Rotor umfasst eine Nabe und eine Anzahl von Schaufeln oder Rotorblättern, welche von der Nabe radial nach außen abstehen. Die Schaufeln können, müssen aber nicht unbedingt einen profilierten Querschnitt haben. Die Schaufeln stehen zudem schräg, so dass sie sich in axialer Richtung zwischen einer Vorderkante und einer Hinterkante in die Tiefe erstrecken.

[0003] Der Rotor mit den Schaufeln wird von einem rohrartigen Gehäuse umgeben. Bei bestimmten Turbomaschinen geht das rohrartige Gehäuse an seiner Luft-einlassseite in eine trichterförmige Einlassdüse mit stetig sich erweiterndem Radius über.

[0004] Zwischen den radialen Enden der Schaufelköpfe und der Innenwandung des Gehäuses ergibt sich konstruktiv unvermeidbar ein radialer Kopfspalt, der als berührungslose Dichtung zwischen Saug- und Druckraum bzw. Ein- und Auslassseite der Maschine funktioniert. Die aufgrund des Druckunterschieds zwischen Vorder- und Rückseite des Rotors unvermeidliche Strömung über den Kopfspalt reduziert den Gesamtwirkungsgrad der Maschine und erhöht gleichzeitig die Emission strömungsinduzierten Schalls. Ursache hierfür sind wirbelartige sekundäre Strömungsphänomene im Bereich des Kopfspalts.

[0005] Zur Reduzierung von Druckverlusten und zur Verringerung unerwünschter Schallabstrahlung ist man bestrebt, den radialen Kopfspalt so klein wie möglich zu halten. Dem sind allerdings konstruktive Grenzen gesetzt. Denn zum einen können Rotor und Gehäuse fertigungsbedingt leicht unrund sein. Ferner kann der Rotor aufgrund von Fertigungstoleranzen exzentrische oder Taumelbewegungen ausführen, so dass die Gefahr besteht, dass die Schaufelköpfe in Kontakt mit der Innenwand des Gehäuses geraten. Aufgrund von Restunwuchten kann der Rotor auch in der Rotorebene schwingen.

[0006] Berührungen zwischen den Schaufelenden und der Gehäuseinnenwand können insbesondere bei schnell rotierenden Schaufeln starke Geräusche, Funkenbildung oder sogar Abriss einer Schaufel mit Totalausfall der Maschine zur Folge haben. Deshalb darf der Kopfspalt nicht zu klein ausgeführt werden, sondern darf ein bestimmtes Mindestmaß, das durch Konstruktion und Material vorgegeben ist, nicht unterschreiten.

[0007] Es wurden unterschiedliche konstruktive Maßnahmen zur Verbesserung des Wirkungsgrades und zur Reduzierung des Kopfspaltgeräusches vorgeschlagen.

[0008] DE 4310104 A1 schlägt zur Begrenzung der Schallemission der Strömungsmaschine einen Turbulenzerzeuger im ringförmigen Spalt zwischen den Blatt-

spitzen der Schaufeln und der Innenoberfläche des Gehäuses vor. Dieser Turbulenzerzeuger kann durch ein an der Innenoberfläche des Gehäuses befestigte Sandpapier, ein Drahtgewebe oder Textilgewebe oder eine Aufrauung der Innenoberfläche des Gehäuses sein.

[0009] EP 1 278 943 B und die zugehörige WO 01/083950 beschreiben eine Strömungsmaschine mit einem Dichtelement zwischen Rotor und Gehäuse. Das Dichtelement ragt von der gesamten Innenfläche des Gehäuses hervor und in einen Spalt, der zwischen einer Außenfläche eines ringförmigen Reifens und der Innenfläche des Gehäuses verläuft, hinein, um Wirbel zu reduzieren und Luftverlust durch den Spalt zu minimieren. Das Dichtelement kann aus Fasern, Borsten oder Fäden gebildet sein.

[0010] US 6,471,472 B1 bzw. die parallele EP 1 081 388 B1 offenbaren einen Lüfter, bei dem zwischen Einlassseite und Druckseite eine Sperreinrichtung in Form einer streifenförmigen Bürste vorgesehen ist.

[0011] Eine weitere bekannte Maßnahme, um sehr kleine Kopfspalte zuzulassen, liegt in der Auskleidung oder Beschichtung der Innenwand des Gehäuses mit einem leicht abtragbaren Material, wie zum Beispiel Schaumstoff oder porösem Kunststoff, so dass eine kurzzeitige Berührung der Schaufeln, so genanntes Anlaufen, ohne nennenswerte Schäden bleibt. Im laufenden Betrieb wird dieses zusätzliche weiche Material so abgetragen, dass sich von selbst ein ausreichender Kopfspalt einstellt. Nachteile sind die deutlich erhöhten Fertigungskosten und die geringe Standfestigkeit des Materials, zudem Probleme in der Einlaufphase.

[0012] Zur Reduktion des Geräuschs durch die Sekundärströmung am Kopfspalt zwischen Laufschaufel und Gehäuse wurde auch schon versucht, diese Sekundärströmung an den Schaufelspitzen durch ein mitrotierendes Band zu mindern und gleichzeitig die unvermeidbare Rezirkulationsströmung im Bereich des Spalts dem Rotor wieder geordnet zuzuführen.

[0013] DE 20 2004 005 548 U schlägt vor, mitrotierende plattenförmige Elemente, so genannte Winglets, am Kopf der Schaufel vorzusehen.

[0014] Alle diese beschriebenen Maßnahmen sind konstruktiv aufwendig, haben mäßige Wirkung und/oder reduzieren die Standzeiten der Maschine.

[0015] Das zu lösende technische Problem besteht somit in der konstruktiven Gestaltung einer axialen Turbomaschine der eingangs beschriebenen Art so, dass ohne wesentliche Reduzierung des Kopfspalts eine erhebliche Verbesserung des Wirkungsgrades und ein leiserer Lauf erzielt wird.

[0016] Bei der Lösung dieser Aufgabe wird ausgegangen von einer axialen Turbomaschine gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Gelöst wird das Problem gemäß dem kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs dadurch, dass auf der Innenwand des Gehäuses ein radial umlaufender Ringsteg aufgebracht ist, und dass die Schaufelköpfe korrespondierende Radialnuten aufweisen.

[0017] Durch das erfindungsgemäße Zusammenwirken von Ringsteg und korrespondierenden Radialnuten wird die die wirbelartige sekundäre Strömung im Kopfspalt reduziert oder unterdrückt. Dadurch wird auch eine Interaktion der - ohne den erfindungsgemäßen Ringsteg und korrespondierende Radialnuten entstehenden - wirbelartigen Sekundärströmung mit anderen Bereichen der Schaufel oder Nachbarschaufeln und letztlich die Emission strömungsinduzierten Schalls reduziert oder verhindert. Darüber hinaus führt das Zusammenwirken von Ringsteg und korrespondierenden Radialnuten zu einer besseren Dichtwirkung zwischen Druck- und Saugseite, ohne dass das minimale radiale Maß des Kopfspalts verringert werden müsste. Der Kopfspalt wird lediglich in seiner axialen Erstreckung gefaltet und damit etwas verlängert, allerdings bei unveränderter Baulänge des Gehäuses und unveränderter axialer Erstreckung (Tiefe) der Schaufeln am Kopfende.

[0018] Messungen ergaben eine Erhöhung des Wirkungsgrads von bis zu 10 Prozent im Vergleich zu einer baugleichen Turbomaschine ohne Ringsteg und korrespondierende Radialnuten.

[0019] Akustische Messungen ergaben eine überraschend große Absenkung des Schalldrucks von mehr als 5 dB im hörbaren Frequenzbereich und in bestimmten Frequenzbereichen sogar eine Schalldruckminderung um mehr als 10 dB.

[0020] Die erfindungsgemäße Konstruktion hat den großen Vorteil, dass der radial umlaufende Ringsteg fertigungstechnisch sehr einfach realisierbar ist und auch die Einbringung der korrespondierenden Radialnuten in die Schaufelköpfe keinen großen Aufwand erfordert. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass auch vorhandene Maschinen problemlos nachgerüstet werden können. Ringsteg und Radialnuten unterliegen auch keinem größeren Verschleiß als die Maschine selbst, so dass auch hinsichtlich der Standfestigkeit keine Nachteile zu befürchten sind.

[0021] Der Kopfspalt wird im Bereich des Ringstegs durch die Konturen des Ringstegs und die korrespondierenden Konturen der Radialnuten an den Schaufeln definiert. Der minimale Abstand zwischen Gehäuse und Rotor wird durch die erfindungsgemäße Verlagerung des Kopfspalts im Bereich des Ringstegs nach innen nicht oder jedenfalls nicht notwendigerweise kleiner als ohnehin notwendig. Allerdings ist es möglich, den minimalen Abstand zwischen den Wandungen des Ringstegs und des der Radialnuten gegebenenfalls auch größer zu wählen als das Maß des Kopfspalts außerhalb des Bereichs des Ringstegs, beispielsweise, um die Gefahr des Anlaufens speziell im Bereich des Ringstegs weiter herabzusetzen.

[0022] Vorteilhaft ragt der Ringsteg zumindest ein Stück weit in die Radialnuten hinein. Dadurch entsteht ein labyrinthartiger Kopfspalt mit besonders guter Dichtwirkung. Bevorzugt entspricht die Höhe des Ringstegs in etwa der Tiefe der korrespondierenden Radialnuten, und entspricht der Abstand zwischen Ringsteg und Nu-

tenwandung ungefähr dem Maß des Kopfspalts außerhalb des Bereichs des Ringstegs.

[0023] Die axiale Erstreckung, also die Breite des Ringstegs, hat bevorzugt ein Maß, das deutlich kleiner ist als die axiale Erstreckung, also die so genannte Tiefe der Schaufel am Kopfende. Als optimal hat sich ein Verhältnis zwischen Breite des Ringstegs und Tiefe der Schaufel zwischen 1:5 und 1:10 herausgestellt.

[0024] Der Ringsteg kann rechteckigen, insbesondere quadratischen Querschnitt haben. Besonders bevorzugt wird ein dreieckiger Querschnitt, insbesondere ein Querschnitt in Form eines etwa gleichseitigen Dreiecks, dessen Spitze radial in Richtung der Drehachse weist. Die Kontur bzw. Querschnittsform der Radialnuten an den Schaufeln folgt vorzugsweise der Querschnittsform des Ringstegs, wobei aber auch leicht unterschiedliche Konturen denkbar sind. Wichtig ist vor allem, dass Ringsteg und Radialnuten in axialer Richtung genau fluchten.

[0025] Der Ringsteg ist vorteilhaft einstückig an das Gehäuse angeformt. Als Material für das Gehäuse kommen insbesondere Kunststoff oder Metall in Betracht. Insbesondere in Kunststoff lässt sich ein Gehäuse mit erfindungsgemäßigem Ringsteg sehr leicht herstellen, zum Beispiel im Spritzgussverfahren.

[0026] Alternativ kann der Ringsteg natürlich auch separat hergestellt und nachträglich auf die Innenwand des Gehäuses aufgebracht werden, zum Beispiel durch Aufkleben. Gegebenenfalls kann der Ringsteg auch als offener Ring vorgefertigt werden, so dass er leicht nachträglich in das rohrartige Gehäuse eingesetzt werden kann.

[0027] Da die Außenform des Gehäuses keinen Einfluss auf die aerodynamischen Eigenschaften der Maschine hat, könnte der Ringsteg auch durch eine Einschnürung oder, im Falle eines Metallgehäuses, durch Rollierung hergestellt werden. Dabei ergeben sich eher runde Konturen bzw. Querschnittsformen von Ringsteg und korrespondierenden Radialnuten.

[0028] Auch wenn der Ringsteg bevorzugt aus demselben Material besteht wie das übrige Gehäuse, kann es in speziellen Fällen vorteilhaft sein, wenn der Ringsteg alternativ aus einem weicherem, leicht abtragbarem Material besteht. Der Ringsteg kann auch als auswechselbares Verschleißteil ausgebildet sein.

[0029] Besonders bevorzugt wird eine axiale Position des Ringstegs und der korrespondierenden Radialnuten nicht genau in der Mitte der axialen Erstreckung bzw. Tiefe der Schaufelköpfe, sondern eine asymmetrische Position im Bereich der hinteren Schaufelkante. Dies hat sich insbesondere akustisch als besonders vorteilhaft erwiesen.

[0030] Das erfindungsgemäße Vorsehen eines Ringstegs an der Gehäuseinnenwandung und von korrespondierenden Radialnuten an den Schaufelenden hat sich insbesondere bei solchen Turbomaschinen als sehr vorteilhaft und wirksam erwiesen, bei denen die Schaufelköpfe an ihren radial äußeren Enden zylindrische Endflächen aufweisen, welche koaxial zur Innenwandung

des Gehäuses verlaufen und damit den Kopfspalt definieren. Die Radialnuten liegen dann in diesen zylindrischen Endflächen, zwischen Vorderkante und Hinterkante der Schaufelköpfe. Aufgrund der Schrägstellung der Schaufel verläuft die Radialnut dabei nicht parallel zur Hauptachse des Schaufelprofils, sondern notwendigerweise exakt in Umfangsrichtung, das heißt, die Mittelachse der Radialnut verläuft schräg gegenüber der Profil-Hauptachse.

[0031] Anstelle von Schaufeln mit tragflächenartiger Profilierung können ebensogut auch einfache, aus Blech gepresste Schaufeln mit konstanter Dicke eingesetzt werden. Auch mit solchen Schaufeln funktioniert die Erfindung ganz hervorragend.

[0032] Das Prinzip der Erfindung sowie ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Turbomaschine werden nachstehend anhand der beigefügten Abbildungen weiter erläutert. Es zeigen:

Figur 1a eine axiale Turbomaschine nach dem Stand der Technik, in einem stark vereinfachten Prinzipbild;

Figur 1b eine erfindungsgemäße Turbomaschine im Prinzip;

Figur 2a eine erfindungsgemäße Turbomaschine in einer Ansicht von der Seite, teilweise geschnitten;

Figur 2b eine Ausschnittsvergrößerung des Bereichs A von Figur 2a

Figur 2c eine vergrößerte Draufsicht auf das Kopfende der Schaufel im Bereich B von Figur 2a;

Figur 3 Gehäuse und Rotor der Turbomaschine gemäß Figur 2a, perspektivisch.

[0033] Das Prinzipbild von Figur 1a zeigt eine axiale Turbomaschine mit einem Rotor 1, der um eine feste Drehachse 2 umläuft. Der Rotor 1 umfasst eine Nabe 3 und radial nach außen abstehende Schaufeln 4. Ein feststehendes, als rundes Rohr ausgebildetes Gehäuse 5 umgibt den Rotor 1 koaxial. Der Rotor 1 wird von einem (nicht dargestellten) Motor angetrieben. Luft oder ein anderes gasförmiges Fluid wird an der Einlassseite (hier links) angesaugt, verdichtet und an der Auslassseite (rechts) wieder ausgeblasen.

[0034] Zwischen dem axial äußeren Ende der Schaufeln 4 und der Innenwand des Gehäuses 5 verbleibt ein radialer Kopfspalt 6, dessen Maß S nicht unterschritten werden darf, wenn ein Kontakt zwischen Schaufeln 4 und Gehäuse 5 im Betrieb zuverlässig vermieden werden soll. Der Kopfspalt 6 stellt eine berührungslose Dichtung zwischen Saug- und Druckraum der Maschine dar. Je kleiner das Maß S des Kopfspalts, desto größer ist die Dichtwirkung und desto höher ist der Wirkungsgrad der

Turbomaschine. Die Kopfspaltströmung verursacht Geräusche.

[0035] Figur 1b erläutert das Prinzip der Erfindung. Auf der Innenwand des Gehäuses 5 ist ein radialer Ringsteg 7 aufgebracht. Die Schaufeln 4 haben eine Radialnut 8, die mit dem Ringsteg 7 in Lage und Querschnitt korrespondiert. Ohne die Radialnut 8 würde der aufgebraute Ringsteg 7 den Durchmesser des Gehäuses 5 verringern und den Kopfspalt 6 auf das Maß S' reduzieren. Ein derart kleiner Kopfspalt würde aber nicht ausreichen, um das Anlaufen der Schaufeln 4 zuverlässig zu verhindern. Die Radialnut 8, die in Form und Abmessungen mit der Kontur des Ringstegs 7 korrespondiert, gewährleistet einen ausreichend großen Kopfspalt 6, ungefähr mit dem Maß S, über die gesamte axiale Länge der Schaufel 4 und insbesondere auch im Bereich des Ringstegs 7.

[0036] Die Turbomaschine gemäß Figur 2a hat einen Rotor 10, der um eine Drehachse 20 rotiert. Der Rotor 10 hat eine Nabe 30, die eine Anzahl von radial nach außen abstehenden Schaufeln 40 trägt. Ein als kurzes rundes Rohr ausgebildetes Gehäuse 50 umgibt den Rotor 10 koaxial. Um den Blick auf die Schaufeln 40 freizugeben, ist in Figur 2a das Gehäuse 50 in einem Horizontalschnitt durch die Drehachse 20 gezeichnet.

[0037] Auf der Innenwand des Gehäuses 50 ist ein kleiner Ringsteg 70 aufgebracht. Die Kontur des Ringstegs 70 entspricht ungefähr einem gleichseitigen Dreieck, dessen Spitze radial nach innen zur Drehachse 20 weist. An den Enden der Schaufeln 40 sind Radialnuten 80 eingearbeitet, welche mit dem Ringsteg 70 korrespondieren, das heißt, sie haben gleichfalls dreieckige Kontur.

[0038] Zur Saugseite hin erweitert sich das Gehäuse 50 trichterförmig zu einer Ansaugdüse 51. Das Gehäuse 50 besteht aus Metall, kann aber ebenso gut auch aus Kunststoff gefertigt sein. Der Ringsteg 70 ist einstückig angeformt.

[0039] Der Rotor 10 wird durch einen Motor 90 über eine Welle 100 angetrieben.

[0040] Insbesondere Figur 2b zeigt das berührungslose Ineingreifen des Ringstegs 70 und der korrespondierenden Radialnut 80 an einer der Schaufeln 40. Die beiden schrägen Flanken des Ringstegs 70 verlaufen näherungsweise parallel zu den gegenüberliegenden Wänden der Radialnut 80. Die Spitze des Ringstegs 70 und das Dreieck bzw. V der Radialnut 80 fluchten in axialer Richtung. Die Flanken des Ringstegs 70 und die Wände der Radialnut 80 stehen mit Abstand einander gegenüber; in diesem Bereich wird der Kopfspalt 60 also durch die Konturen des Ringstegs 70 und der korrespondierenden Radialnut 80 definiert. Die schädliche Wirbelstruktur der Strömung im Bereich des Kopfspalts wird dadurch aufgelöst, teilweise wird die Strömung über den Kopfspalt von der Druck- auf die Saugseite auch blockiert. Dadurch läuft die Maschine wesentlich leiser und es ergibt sich eine erhöhte Dichtwirkung im Vergleich zu einem geraden Kopfspalt (vgl. Figur 1a).

[0041] Wie insbesondere aus Figur 2c ersichtlich, haben die Schaufeln 40 eine tragflügelartige Profilierung.

Zudem stehen die Schaufeln 40 unter einem schrägen Winkel gegenüber der Drehachse 20 (vgl. Figur 2a) und zeigen überdies auch noch eine Verwindung. Die Schaufelköpfe 41 haben eine geringere Breite als die Schaufelwurzeln 42. Die axiale Erstreckung bzw. Tiefe zwischen Vorderkante 44 und Hinterkante 45 ist am oberen Ende der Schaufelköpfe 41 am kleinsten.

[0042] Aus Figur 2b und Figur 2c wird ferner ersichtlich, dass die Schaufelköpfe 41 Endflächen 43 haben; diese sind in radialer Richtung zylindrisch gekrümmt und verlaufen koaxial zur Innenwand des Gehäuses 50. Die axiale Position des Ringstegs 70 liegt in der Nähe der Hinterkante 45 des Schaufelkopfs 41. In anderen Ausführungsbeispielen sind die Endflächen 43 zusätzlich auch in axialer Richtung konturiert, der Kopfspalt verengt sich dabei stetig bis zu einem Minimum zwischen Schaufelvorder- und hinterkante.

[0043] Insbesondere aus Figur 2c wird auch deutlich, dass die Radialnuten 80 unter einem spitzen Winkel schräg gegenüber der Hauptachse des tragflächenartigen Profils des Schaufelkopfs 41 verlaufen.

[0044] Anstelle der tragflügelartig profilierten Schaufeln 40 können ebenso gut auch einfache Schaufeln mit konstanter Dicke, insbesondere aus einem Blechstück gepresste Schaufeln eingesetzt werden.

Bezugszeichen

[0045]

1	Rotor
2	Drehachse
3	Nabe
4	Schaufel
5	Gehäuse
6	Kopfspalt
7	Ringsteg
8	Radialnut
10	Rotor
20	Drehachse
30	Nabe
40	Schaufel
41	Schaufelkopf
42	Schaufelwurzel
43	Endfläche
44	Vorderkante
45	Hinterkante
50	Gehäuse
51	Einlaufdüse
60	Kopfspalt
70	Ringsteg
80	Radialnut
90	Motor
100	Welle

Patentansprüche

1. Axiale Turbomaschine, umfassend wenigstens einen, um eine feste Drehachse (2, 20) umlaufenden Rotor (1, 10) mit einer Nabe (3, 30) und radial nach außen abstehenden Schaufeln (4, 40) ein feststehendes rohrartiges Gehäuse (5, 50), das den Rotor (1, 10) koaxial derart umgibt, dass zwischen den Schaufelköpfen (41) und der Innenwand des Gehäuses (5, 50) ein radialer Kopfspalt (6, 60) verbleibt, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf der Innenwand des Gehäuses (5, 50) ein radial umlaufender Ringsteg (7, 70) aufgebracht ist, die Schaufelköpfe (41) korrespondierende Radialnuten (8, 80) aufweisen, so dass der Kopfspalt (6, 60) im Bereich des Ringstegs (7, 70) durch die Konturen des Ringstegs (7, 70) und der korrespondierenden Radialnut (8, 80) definiert wird.
2. Turbomaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ringsteg (7, 70) in radialer Richtung ein Stück weit in die Radialnuten (8, 80) hineinragt.
3. Turbomaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Höhe des Ringstegs (7, 70) und die Tiefe der korrespondierenden Radialnuten (8, 80) ungefähr dem Maß des Kopfspalts (6, 60) außerhalb des Bereichs des Ringstegs (7, 70) entspricht.
4. Turbomaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ringsteg (7, 70) und die Radialnuten (8, 80) einen Querschnitt in Form eines Dreiecks haben, wobei die Spitze des Dreiecks radial zur Drehachse (2, 20) weisen.
5. Turbomaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ringsteg (7, 70) und die Radialnuten (8, 80) rechteckigen Querschnitt, insbesondere ungefähr quadratischen Querschnitt haben.
6. Turbomaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ringsteg (7, 70) einstückig an das Gehäuse (5, 50) angeformt ist.
7. Turbomaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ringsteg (7, 70) aus einem leicht abtragbaren Material besteht.
8. Turbomaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die

Schaufelköpfe (41) an ihren radial äußeren Enden zylindrische Endflächen (43) haben, welche koaxial zur Innenwand des Gehäuses (50) verlaufen, und die Radialnuten (80) in diesen Endflächen (43) verlaufen.

5

9. Turbomaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Radialnuten (80) zwischen Vorderkante (44) und Hinterkante (45) der Schaufelköpfe (41) angeordnet sind.

10

10. Turbomaschine nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Radialnuten (80) in der Nähe der zur Druckseite weisenden Hinterkante (45) angeordnet sind.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

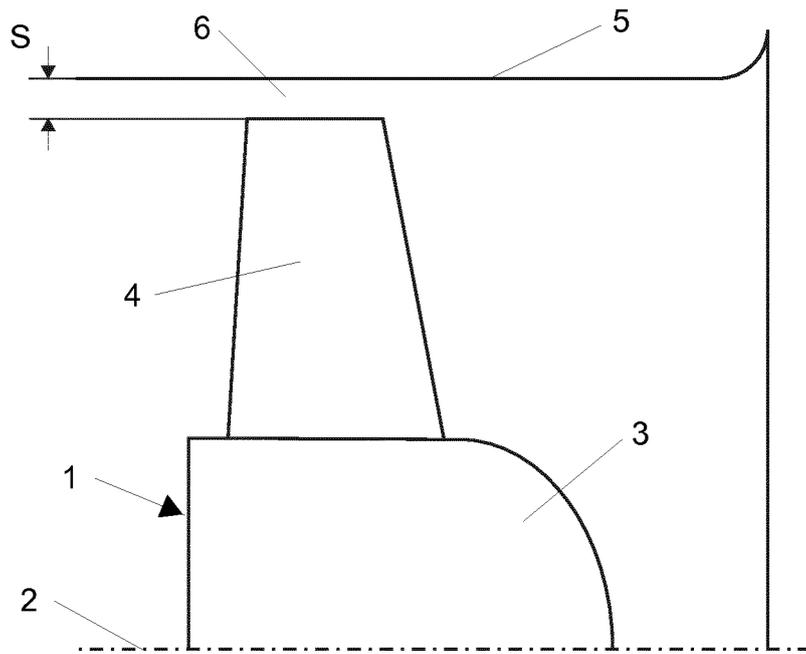


Fig. 1a

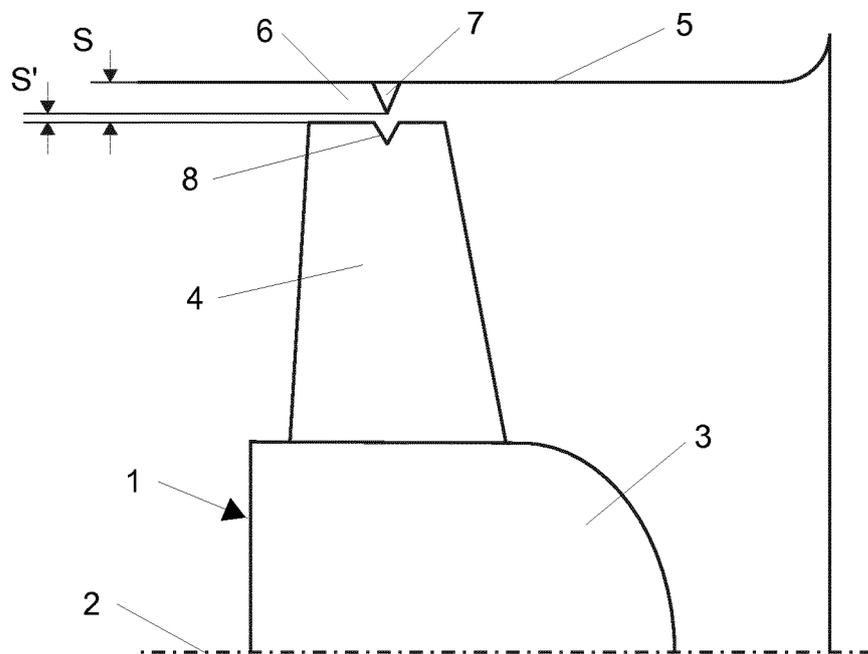


Fig. 1b

Fig. 2b

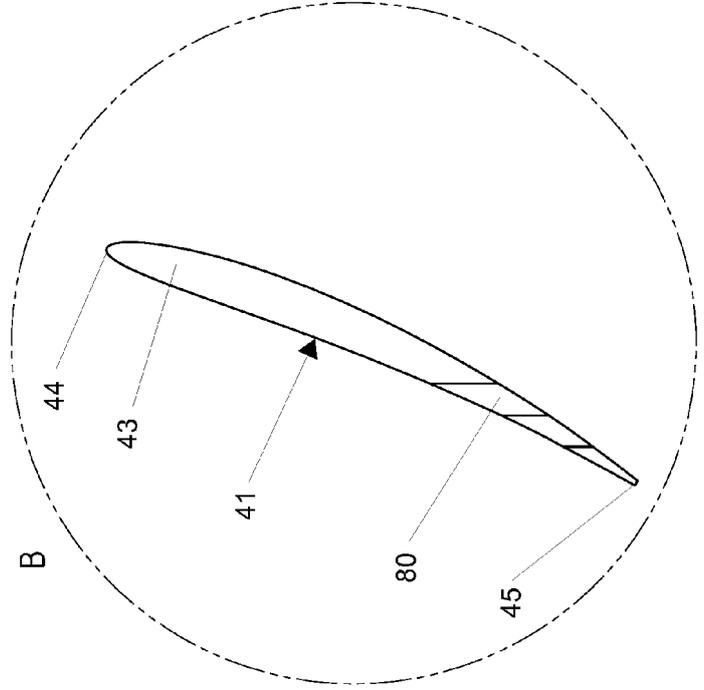
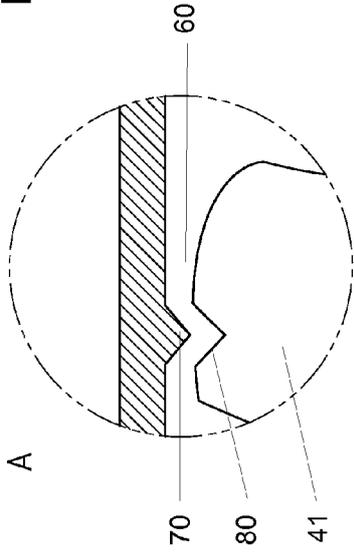


Fig. 2c

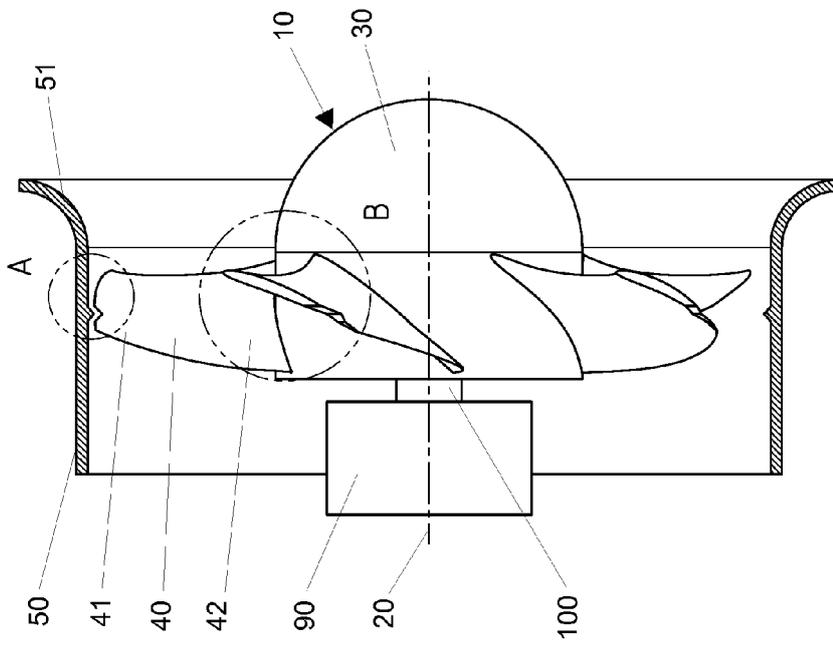


Fig. 2a

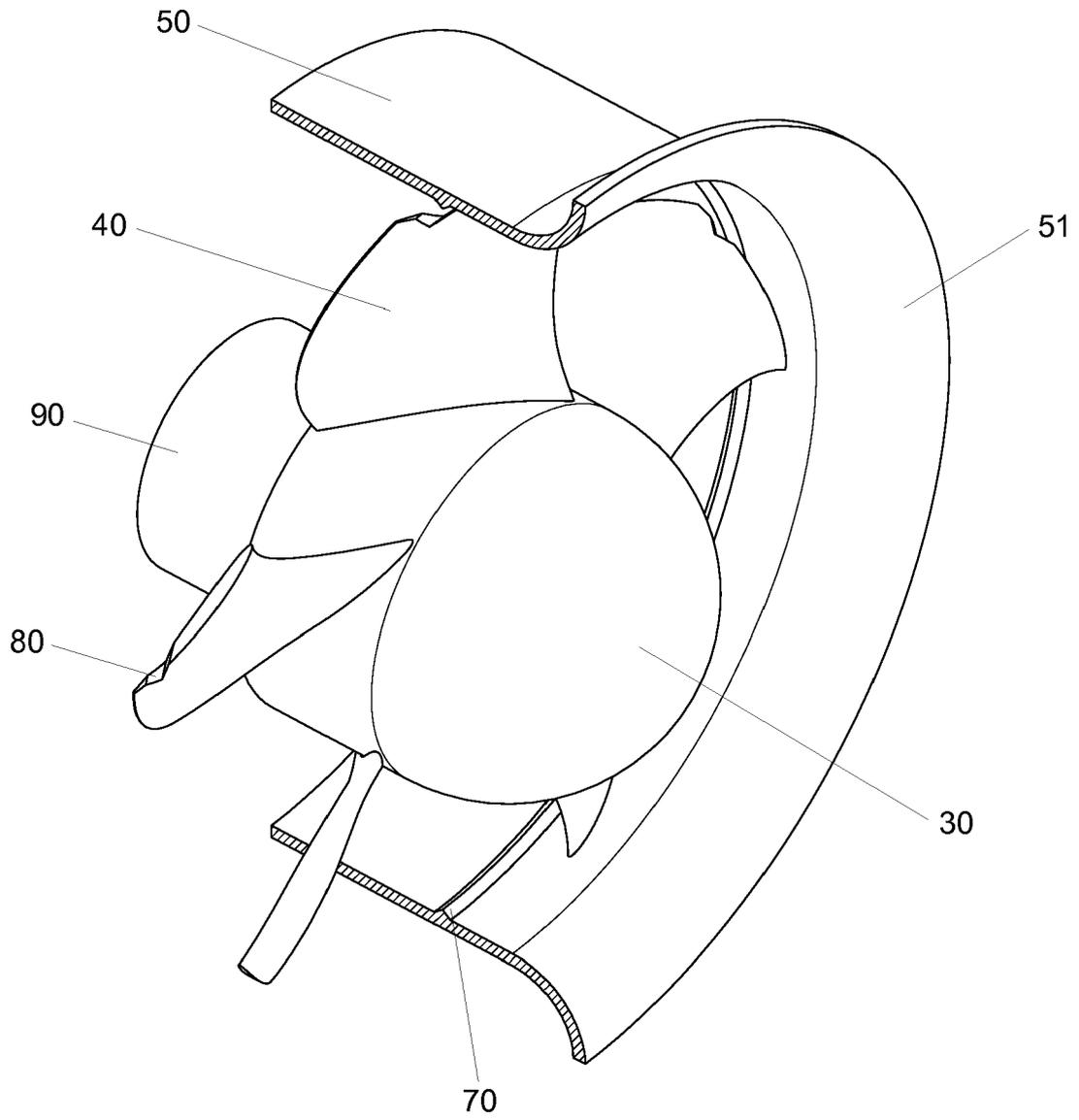


Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 16 16 7671

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 A	US 4 406 581 A (ROBB NEIL E [US] ET AL) 27. September 1983 (1983-09-27) * Abbildungen 1-3 * * Spalte 2, Zeile 56 - Spalte 4, Zeile 49 *	1-6,8-10 7	INV. F04D29/16 F04D29/52
X	----- EP 1 619 394 A2 (DELTA ELECTRONICS INC [TW]) 25. Januar 2006 (2006-01-25) * Abbildung 2b *	1,4	
X	----- US 6 450 760 B1 (FURUKAWA HIDEO [JP] ET AL) 17. September 2002 (2002-09-17) * Abbildung 5 *	1-4	
X	----- DE 10 2010 050185 A1 (DEUTSCH ZENTR LUFT & RAUMFAHRT [DE]) 3. Mai 2012 (2012-05-03) * Abbildung 2 *	1-4	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 29. September 2016	Prüfer Ingelbrecht, Peter
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 : nichtschriftliche 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 16 16 7671

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

29-09-2016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4406581 A	27-09-1983	KEINE	
EP 1619394 A2	25-01-2006	CN 1724876 A EP 1619394 A2	25-01-2006 25-01-2006
US 6450760 B1	17-09-2002	GB 2358225 A JP 4190683 B2 JP 2001152852 A US 6450760 B1	18-07-2001 03-12-2008 05-06-2001 17-09-2002
DE 102010050185 A1	03-05-2012	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 4310104 A1 [0008]
- EP 1278943 B [0009]
- WO 01083950 A [0009]
- US 6471472 B1 [0010]
- EP 1081388 B1 [0010]
- DE 202004005548 U [0013]