



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.05.2018 Patentblatt 2018/18

(51) Int Cl.:
F01D 5/14 (2006.01) **F01D 5/34** (2006.01)
F01D 5/02 (2006.01) **F01D 5/30** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17197040.3**

(22) Anmeldetag: **18.10.2017**

(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

(71) Anmelder: **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG**
15827 Blankenfelde-Mahlow (DE)

(72) Erfinder: **JOHANN, Erik**
10963 Berlin (DE)

(74) Vertreter: **Müller, Wolfram Hubertus**
Patentanwalt
Teltower Damm 15
14169 Berlin (DE)

(30) Priorität: **25.10.2016 DE 102016120346**

(54) **VERDICHTERROTOR EINER STRÖMUNGSMASCHINE**

(57) Die Erfindung betrifft einen Verdichterrotor einer Strömungsmaschine, der aufweist: eine Rotorscheibe (21), die um eine Drehachse drehbar ist; eine Rotornabe (22), die den radial äußeren Rand der Rotorscheibe (21) bildet oder mit dieser verbunden ist, und eine Mehrzahl von Laufschaufeln (23), die an der Rotornabe (22) angeordnet sind und sich radial nach außen erstrecken. Die Rotornabe (22) umfasst eine axial vordere Vorderkante (22), eine axial hintere Hinterkante (222), eine Nabenoberseite (223), eine vordere Nabenunterseite (224), die sich auf der Unterseite der Rotornabe (22) von der

Vorderkante (221) in Richtung der Rotorscheibe (21) erstreckt und in diese übergeht, und eine hintere Nabenunterseite (225), die sich auf der Unterseite der Rotornabe (22) von der Hinterkante (222) in Richtung der Rotorscheibe (21) erstreckt und in diese übergeht. Es ist vorgesehen, dass die vordere Nabenunterseite (224) und/oder die hintere Nabenunterseite (225) in Umfangsrichtung (φ) der Rotornabe (22) derart konturiert ist, dass sie im Bereich unterhalb einer Laufschaufel (23) jeweils eine Einbuchtung (40) ausbildet.

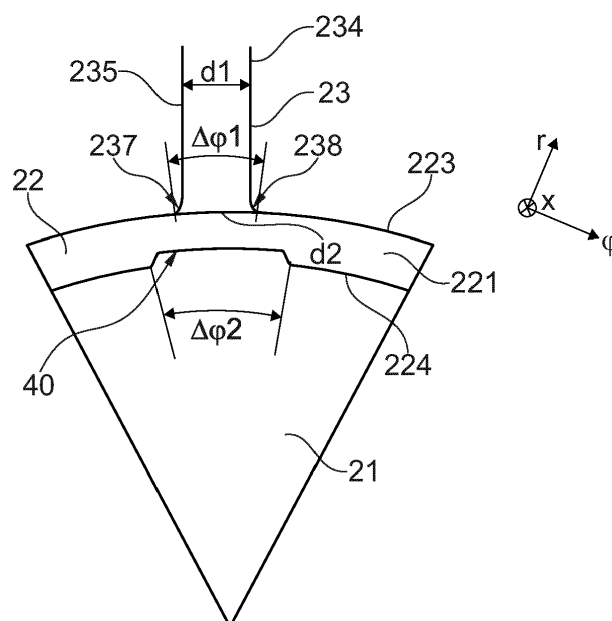


Fig. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Verdichterrotor einer Strömungsmaschine gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Zur Begrenzung des Risswachstums in einem Werkstoff ist es grundsätzlich anzustreben, Druckeigenspannungen in den Werkstoff einzubringen. Dies gilt auch für die Schaufelblätter des Verdichterrotors einer Strömungsmaschine, bei denen Risse beispielsweise durch Fremdkörper, die auf die Schaufeloberfläche prallen, entstehen können. Solche Fremdkörper können externe Objekte sein, in welchem Fall von "Foreign Object Damage" (FOD) gesprochen wird, oder Objekte des Triebwerks sein, für welchen Fall von "Domestic Object Damage" (DOD) gesprochen wird.

[0003] Um die Robustheit eines Schaufelblattes gegenüber solchen Fremdkörpern zu verbessern, ist es bekannt, Druckeigenspannungen durch externe Maßnahmen wie z. B. Kugelstrahlen oder Festwalzen einzubringen. Nachteilig wird dabei auch die Oberflächenrauheit erhöht.

[0004] Aus der US 7,445,433 B2 ist es bekannt, die Unterseite der Rotornabe eines Verdichterrotors derart periodisch zu konturieren, dass die Rotornabe im Bereich eines Schaufelfußes jeweils verdickt ist.

[0005] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Verdichterrotor einer Strömungsmaschine bereitzustellen, der eine verbesserte Robustheit gegen durch Fremdkörper erzeugte Schäden aufweist.

[0006] Diese Aufgabe wird durch einen Verdichterrotor mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0007] Danach betrachtet die Erfindung einen Verdichterrotor einer Strömungsmaschine, der eine Rotorscheibe, eine Rotornabe und eine Mehrzahl von Laufschaufeln aufweist, die an der Rotornabe angeordnet sind und sich radial nach außen erstrecken. Die Rotornabe weist eine axial vordere Vorderkante, eine axial hintere Hinterkante, eine Nabenoberseite, eine vordere Nabenunterseite und eine hintere Nabenunterseite auf. Die vordere Nabenunterseite erstreckt sich auf der Unterseite der Rotornabe von der Vorderkante in Richtung der Rotorscheibe und geht in diese über. Die hintere Nabenunterseite erstreckt sich auf der Unterseite der Rotornabe von der Hinterkante in Richtung der Rotorscheibe und geht in diese über.

[0008] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die vordere Nabenunterseite und/oder die hintere Nabenunterseite in Umfangsrichtung der Rotornabe derart konturiert ist, dass sie im Bereich unterhalb einer Laufschaufel jeweils eine Einbuchtung ausbildet. Dementsprechend ist die Rotornabe jeweils im Bereich einer Laufschaufel dickenreduziert, wobei als Dicke der Rotornabe der radiale Abstand zwischen der Nabenoberseite und der Nabenunterseite bezeichnet wird.

[0009] Durch die Bereitstellung einer Einbuchtung auf der Nabenunterseite jeweils im Bereich einer Laufschaufel

und die damit einhergehende Ausdünnung der Rotornabe jeweils im Bereich einer Laufschaufel wird die Rotornabe in diesen Bereichen weicher. Hierdurch wird erreicht, dass die Laufschaufeln sich bei Rotation des Verdichterrotors aufgrund der Fliehkraft stärker in radialer Richtung aufrichten und dadurch in verstärktem Maße Druckeigenspannungen in den Laufschaufeln, insbesondere an der Vorderkante und/oder an der Hinterkante der Laufschaufeln aufgebaut werden. Durch die erhöhten Druckeigenspannungen wird eine verbesserte Robustheit gegenüber Fremdoobjekten, die mit den Laufschaufeln kollidieren, d.h. eine verbesserte FOD- und DOD-Performance bereitgestellt.

[0010] Es wird darauf hingewiesen, dass die Vorderkante und die Hinterkante auch flächig ausgebildet sein können, für welchen Fall sie eine vordere Stirnfläche und eine hintere Stirnfläche bilden. Die Begriffe "Vorderkante" und "Hinterkante" sind somit im Sinne der vorliegenden Erfindung derart zu verstehen, dass sie sowohl einen kantigen Rand als auch eine flächige Stirnfläche bezeichnen können.

[0011] Die Erfindung kann sowohl an Axialverdichtern als auch an Radialverdichtern realisiert sein.

[0012] Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Rotornabe ausgehend von der Vorderkante und/oder ausgehend von der Hinterkante jeweils unterhalb einer Laufschaufel eine Einbuchtung ausbildet. Die Einbuchtungen sind somit jeweils an den Rändern der Rotornabe und daran angrenzend an der Nabenunterseite ausgebildet. Hierdurch wird erreicht, dass Druckeigenspannungen in besonderem Maße an der Schaufelvorderkante bzw. der Schaufelhinterkante in die Schaufeln eingebracht werden.

[0013] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Einbuchtungen jeweils konkav ausgebildet sind (wenn in Umfangsrichtung betrachtet) und sich dabei in axialer Richtung in Richtung der Rotorscheibe erstrecken. Dabei kann vorgesehen sein, dass die Tiefe der Einbuchtung in Richtung der Rotorscheibe abnimmt, bis sie spätestens auf der axialen Höhe der Rotorscheibe ganz verschwunden ist. Die Einbuchtungen sind dementsprechend näherungsweise grabenförmig ausgebildet, wobei der Graben sich ausgehend von der Vorderkante oder Hinterkante in axialer Richtung erstreckt und dabei in Richtung der Rotorscheibe in seiner Tiefe abnimmt.

[0014] Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung gilt für zumindest einen Schnitt durch die Nabe in einer Ebene quer zur Drehachse, dass die Einbuchtung und die maximale Schaufelfußdicke in Umfangsrichtung Winkelbereiche abdecken, die sich überschneiden. Mit anderen Worten überschneiden sich die Einbuchtung und die maximale Schaufelfußdicke, wenn man sie in radialer Richtung übereinander schiebt. Die Schaufelfußdicke ist dabei derart definiert, dass sie die Dicke (d.h. den Abstand in Umfangsrichtung zwischen Saugseite und Druckseite) der Schaufel plus die Erstreckung in Umfangsrichtung der beiden Abrundungen, auch als "fillet" bezeichnet,

umfasst, die den Übergang von der eigentlichen Schaufel zur Rotornabe bilden. Somit ist die maximale Schaufeldicke der sich in Umfangsrichtung erstreckende Bereich einer Laufschaufel, der sich von der Abrundung der Schaufel auf der Saugseite bis zur Abrundung der Schaufel auf der Druckseite der Schaufel erstreckt.

[0015] Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass sich die Einbuchtungen in Umfangsrichtung über eine Länge erstrecken, die zwischen der halben und der fünffachen maximalen Schaufelfußdicke, insbesondere zwischen der maximalen Schaufelfußdicke und der dreifachen maximalen Schaufelfußdicke liegt. Dies soll für mindestens einen Schnitt durch die Nabe in einer Ebene quer zur Drehachse gelten, insbesondere an der Vorderkante und/oder der Hinterkante der Rotornabe.

[0016] Weiter kann vorgesehen sein, dass für mindestens einen Schnitt durch die Nabe in einer Ebene quer zur Drehachse gilt, dass die durch eine Einbuchtung bereitgestellte maximale Dickenreduktion der Rotornabe im Bereich zwischen 5% und 30%, insbesondere im Bereich zwischen 10% und 20% bezogen auf die Dicke der Rotornabe in der Mitte zwischen zwei benachbarten Laufschaufeln beträgt.

[0017] Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Konturierung der vorderen Nabenunterseite und/oder die Konturierung der hinteren Nabenunterseite in Umfangsrichtung periodisch in dem Sinne erfolgt, dass die Einbuchtungen an allen Laufschaufeln die gleiche relative Position zur Laufschaufel aufweisen. Beispielsweise sind die Einbuchtungen jeweils symmetrisch bezogen auf die Laufschaufeln ausgebildet.

[0018] Gemäß einer alternativen Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Konturierung der vorderen Nabenunterseite und/oder die Konturierung der hinteren Nabenunterseite in Umfangsrichtung nichtperiodisch in dem Sinne erfolgt, dass die Einbuchtungen zumindest an einigen der Laufschaufeln sich in Bezug auf die relative Position zur Laufschaufel unterscheiden. Dies führt dazu, dass solche Laufschaufeln eine andere Eigenfrequenz besitzen. Eine solche Ausgestaltung ist daher mit dem Vorteil einer Verstimmung des Systems und damit der Vermeidung von Resonanzbedingungen verbunden. Durch die Verstimmung des Systems wird verhindert, dass bei der Eigenfrequenz Energie zu anderen Schaufeln transportiert wird bzw. dieser Effekt wird reduziert.

[0019] Eine Verstimmung des Systems durch eine nichtperiodische Anordnung der Einbuchtungen in Bezug auf die Laufschaufeln ist insbesondere von Vorteil bei Verdichterrotoren, die eine nur geringe Dämpfung im Übergang zwischen Schaufel und Rotornabe aufweisen. Eine geringe Dämpfung im Übergang zwischen Schaufel und Rotornabe liegt insbesondere dann vor, wenn der Verdichterrotor in BLISK-Bauweise ausgeführt ist, für welchen Fall die Rotorscheibe, die Rotornabe und die Laufschaufeln integral (einstückig) ausgebildet sind (BLISK = "Bladed Disk"), oder wenn der Verdichterrotor in BLING-Bauweise ausgeführt ist, für welchen Fall die Rotornabe und die Laufschaufeln integral (einstückig)

ausgebildet sind (BLING = "Bladed Ring"). Dementsprechend ist in Ausgestaltungen der Erfindung vorgesehen, dass der Verdichterrotor in BLISK-Bauweise oder in BLING-Bauweise ausgebildet ist.

[0020] In anderen Ausführungsbeispielen der Erfindung ist der Verdichterrotor der Verdichterrotor eines Radialverdichters und mit integralem Radialverdichterlauf-
rad ausgeführt.

[0021] Für den Fall einer nichtperiodischen Konturierung der Nabenunterseite sieht eine Ausgestaltung der Erfindung vor, dass die Konturierung derart nichtperiodisch erfolgt, dass die relative Position der Einbuchtungen zur jeweiligen Schaufel für eine Gruppe von benachbarten Schaufeln von Schaufel zu Schaufel um den gleichen Betrag in Umfangsrichtung wandert. Die Bezeichnung "in Umfangsrichtung" schließt dabei auch ein Verschieben entgegen der Umfangsrichtung ein. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass die relative Position der Einbuchtungen zur jeweiligem Schaufel bei einer betrachteten Gruppe von benachbarten Schaufeln derart in Umfangsrichtung wandert, dass, wenn d_2 die maximalen Schaufelfußdicke und n die Anzahl der Schaufeln der betrachteten Gruppe ist, die Einbuchtungen von Schaufel zu Schaufel um einen Winkel in Umfangsrichtung verschoben sind, der gleich d_2/n ist. Eine Gruppe von benachbarten Schaufeln weist dabei beispielsweise zwischen drei und sieben, insbesondere zwischen vier und sechs Schaufeln auf.

[0022] Wenn somit beispielsweise eine betrachtete Gruppe vier Schaufeln aufweist, so ist die Einbuchtung von Schaufel zu Schaufel um 25 % der maximalen Schaufelfußdicke verschoben. Dabei gilt natürlich weiterhin, dass die Einbuchtung bei jeder Schaufel zumindest teilweise im Bereich unterhalb der Schaufeln ausgebildet ist. Im Umfangsrichtung des Verdichterrotors können sich solche Gruppen verstimmter Schaufeln aneinander anschließen und dabei zusammen die Verdichterbeschaukelung bilden.

[0023] Die Erfindung betrifft gemäß einem weiteren Erfindungsaspekt einen Verdichterrotor mit den Merkmalen des Anspruchs 14. Danach ist vorgesehen, dass die vordere Nabenunterseite und/oder die hintere Nabenunterseite derart konturiert sind, dass für jeden Meridionalschnitt durch die Rotornabe gilt, dass im Meridionalschnitt die Begrenzungslinie der vorderen Nabenunterseite zumindest angrenzend an die Vorderkante und/oder die Begrenzungslinie der hinteren Nabenunterseite zumindest angrenzend an die Hinterkante durch eine Ellipse beschreibbar ist.

[0024] Dieser Erfindungsaspekt sieht somit einen ganz bestimmten Verlauf der Begrenzungslinie der vorderen Nabenunterseite und/oder der hinteren Nabenunterseite angrenzend an die Vorderkante bzw. Hinterkante vor, nämlich einen elliptischen Verlauf, d.h. einen Verlauf, bei der die Begrenzungslinie zumindest teilweise auf einer Ellipse liegt. Eine solche Form der Nabenunterseite ist mit dem Vorteil verbunden, dass an der Nabenunterseite angreifende Kräfte effektiv in die Rotorscheibe geleitet

werden.

[0025] Ein Meridionalschnitt erfolgt entlang der axialen und radialen Richtung und enthält die Drehachse. Die Aussage, dass das genannte Merkmal für jeden Meridionalschnitt durch die Rotornabe gilt, bedeutet, dass die beschriebene Ausgestaltung der Nabenunterseite umfangssymmetrisch ist.

[0026] Gemäß einer Ausgestaltung ist die Begrenzungslinie in ihrer gesamten Länge bis zum Übergang in die Rotorscheibe elliptisch ausgebildet. Eine weitere Ausgestaltung kann vorsehen, dass sich die Begrenzungslinie an der Nabenunterseite von der Vorderkante oder Hinterkante über eine Länge in Richtung der Rotorscheibe erstreckt, deren axiale Komponente im Bereich zwischen 10 % und 30 % der axialen Erstreckung (zwischen Vorderkante und Hinterkante) der Rotornabe beträgt. Dieser Bereich bezieht sich auf die axiale Komponente, d.h. die Projektion der Begrenzungslinie auf die axiale Richtung. Diese wird betrachtet, da die Begrenzungslinie auch eine radiale Komponente in Richtung der Drehachse aufweist.

[0027] Ein Verdichterrotor im Sinne der vorliegenden Erfindung ist jeder Rotor einer Verdichterstufe einer Strömungsmaschine. Beispielsweise kann der Verdichterrotor ein Fanrotor, ein Rotor eines Niederdruckverdichters, ein Rotor eines Mitteldruckverdichters oder ein Rotor eines Hochdruckverdichters sein.

[0028] Eine Strömungsmaschine im Sinne der vorliegenden Erfindung ist beispielsweise ein Flugtriebwerk, insbesondere ein Turbofan-Triebwerk, oder eine Gasturbine zur Energieerzeugung.

[0029] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren der Zeichnung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 eine vereinfachte schematische Schnittdarstellung eines Turbofantriebwerks, in dem die vorliegende Erfindung realisierbar ist;
- Figur 2a eine schematische Darstellung eines Verdichterrotors im Meridionalschnitt;
- Figur 2b eine schematische Darstellung des Verdichterrotors der Figur 2a in einer Ansicht von vorne, d.h. in axialer Richtung;
- Figur 3 in Ansicht von vorne ein Ausführungsbeispiel eines Verdichterrotors mit einer unterhalb einer Laufschaufel ausgebildeten Einbuchtung, wobei lediglich eine Laufschaufel und eine zugehörige Einbuchtung dargestellt sind;
- Figur 4 in Ansicht von vorne ein Ausführungsbeispiel eines Verdichterrotors mit jeweils unterhalb einer Laufschaufel ausgebildeten Einbuchtungen, wobei mehrere Laufschaufeln und Einbuchtungen dargestellt sind;

Figur 5 in Ansicht von vorne ein Ausführungsbeispiel eines Verdichterrotors mit jeweils unterhalb einer Laufschaufel ausgebildeten Einbuchtungen, wobei mehrere Laufschaufeln und Einbuchtungen dargestellt sind und wobei die Einbuchtungen mit sich ändernder Position zu den Laufschaufeln an der Nabenunterseite ausgebildet sind;

Figur 5 eine schematische Darstellung eines Verdichterrotors, bei dem die Rotornabe an der Nabenunterseite eine elliptische Begrenzungslinie ausbildet; und

Figur 6 eine schematische Darstellung eines Verdichterrotors, der eine weitere Konturierung an der Nabenunterseite der Rotornabe aufweist.

[0030] Die Figur 1 zeigt schematisch ein Turbofantriebwerk 100, das eine Fanstufe mit einem Fan 10 als Niederdruckverdichter, einen Mitteldruckverdichter 20, einen Hochdruckverdichter 30, eine Brennkammer 40, eine Hochdruckturbine 50, eine Mitteldruckturbine 60 und eine Niederdruckturbine 70 aufweist.

[0031] Der Mitteldruckverdichter 20 und der Hochdruckverdichter 30 weisen jeweils eine Mehrzahl von Verdichterstufen auf, die jeweils einen Rotor und einen Stator umfassen. Das Turbofantriebwerk 100 der Figur 1 weist des Weiteren drei separate Wellen auf, eine Niederdruckwelle 81, die die Niederdruckturbine 70 mit dem Fan 10 verbindet, eine Mitteldruckwelle 82, die die Mitteldruckturbine 60 mit dem Mitteldruckverdichter 20 verbindet und eine Hochdruckwelle 83, die die Hochdruckturbine 50 mit dem Hochdruckverdichter 30 verbindet. Dies ist jedoch lediglich beispielhaft zu verstehen. Wenn das Turbofantriebwerk beispielsweise keinen Mitteldruckverdichter und keine Mitteldruckturbine besitzt, wären nur eine Niederdruckwelle und eine Hochdruckwelle vorhanden.

[0032] Das Turbofantriebwerk 100 weist eine Triebwerksgondel 1 auf, die eine Einlauflippe 14 umfasst und innenseitig einen Triebwerkseinlauf 11 ausbildet, der einströmende Luft dem Fan 10 zuführt. Der Fan 10 weist eine Mehrzahl von Fan-Schaufeln 101 auf, die mit einer Fan-Scheibe 102 verbunden sind. Der Annulus der Fan-Scheibe 102 bildet dabei die radial innere Begrenzung des Strömungspfad durch den Fan 10. Radial außen wird der Strömungspfad durch ein Fanghäuse 2 begrenzt. Stromaufwärts der Fan-Scheibe 102 ist ein Nasenkonus 103 angeordnet.

[0033] Hinter dem Fan 10 bildet das Turbofantriebwerk 100 einen Sekundärstromkanal 4 und einen Primärstromkanal 5 aus. Der Primärstromkanal 5 führt durch das Kerntriebwerk (Gasturbine), das den Mitteldruckverdichter 20, den Hochdruckverdichter 30, die Brennkammer 40, die Hochdruckturbine 50, die Mitteldruckturbine 60 und die Niederdruckturbine 70 umfasst. Dabei sind

der Mitteldruckverdichter 20 und der Hochdruckverdichter 30 von einem Umfangsgehäuse 29 umgeben, dass innenseitig eine Ringraumfläche bildet, die den Primärstromkanal 5 radial außen begrenzt. Radial innen ist der Primärstromkanal 5 durch entsprechende Kranzoberflächen der Rotoren und Statoren der jeweiligen Verdichterstufen bzw. durch die Nabe oder mit der Nabe verbundene Elemente der entsprechenden Antriebswelle begrenzt.

[0034] Im Betrieb des Turbofantriebwerks 100 durchströmt ein Primärstrom den Primärstromkanal 5, der auch als Hauptströmungskanal bezeichnet wird. Der Sekundärstromkanal 4, auch als Nebenstromkanal, Mantelstromkanal oder Bypass-Kanal bezeichnet, leitet im Betrieb des Turbofantriebwerks 100 vom Fan 10 angesaugte Luft am Kerntriebwerk vorbei.

[0035] Die beschriebenen Komponenten besitzen eine gemeinsame Rotations- bzw. Maschinenachse 90. Die Rotationsachse 90 definiert eine axiale Richtung des Turbofantriebwerks. Eine radiale Richtung des Turbofantriebwerks verläuft senkrecht zur axialen Richtung.

[0036] Im Kontext der vorliegenden Erfindung ist die Ausbildung eines Verdichterrotors, d.h. des Rotors einer Verdichterstufe von Bedeutung, wobei ein oder mehrere Verdichterroten des Niederdruckverdichters, des Mitteldruckverdichters oder des Hochdruckverdichters in der nachfolgend beschriebenen Weise ausgebildet sein können.

[0037] Die Figur 2a zeigt im Meridionalschnitt und die Figur 2b in einer Ansicht von vorne, d.h. in Strömungsrichtung, den grundlegenden Aufbau eines Verdichterrotors 2. Die Figur 2b zeigt dabei in Ansicht von vorne lediglich einen Kreissektor des Verdichterrotors.

[0038] Der Verdichterrotor 20 weist eine Rotorscheibe 21, eine Rotornabe 22 und eine Mehrzahl von Laufschaufeln 23 auf. Die Rotorscheibe 21 ist um eine Drehachse drehbar, die in einer axialen Richtung x verläuft (z.B. die Rotationsachse 90 der Figur 1). Die Rotornabe 22 bildet den radial äußeren Rand der Rotorscheibe 21 oder ist mit dieser verbunden. Die Laufschaufeln 23 erstrecken sich jeweils radial nach außen und sind an der Rotornabe 22 in Umfangsrichtung beabstandet angeordnet. Sie bilden den Laufschaufelkranz des Verdichterrotors 2.

[0039] Die Beschreibung des Verdichterrotors 20 erfolgt in einem zylindrischen Koordinatensystem, das die Koordinaten x , r und φ aufweist. Dabei gibt x die axiale Richtung, r die radiale Richtung und φ den Winkel in Umfangsrichtung an. Von der x -Achse ausgehend zeigt die radiale Richtung radial nach außen. Begriffe wie "vor", "hinter", "vordere" und "hintere" beziehen sich immer auf die axiale Richtung, die im Wesentlichen gleich der Strömungsrichtung ist.

[0040] Die Laufschaufeln 23 weisen eine Vorderkante 231, eine Hinterkante 232, eine Druckseite 234, eine Saugseite 235 und eine Schaufelspitze 236 auf. Ein gesonderter Schaufelfuß ist im dargestellten Ausführungsbeispiel nicht vorgesehen, da der Verdichterrotor in BLISK-Bauweise ausgeführt ist, d.h. Rotorscheibe 21,

Rotornabe 22 und die Laufschaufeln 23 sind integral ausgebildet. Dies ist jedoch nicht zwingend der Fall. Alternativ können die Laufschaufeln jeweils einen Schaufelfuß besitzen, der in einer entsprechenden Aussparung in der Rotornabe befestigt ist. Auch kann alternativ vorgesehen sein, dass der Verdichterrotor in BLISK-Bauweise ausgeführt ist, wobei die Rotornabe 22 und die Laufschaufeln 23 integral ausgebildet sind.

[0041] Da in den Figuren 2a, 2b der Verdichterrotor in BLISK-Bauweise ausgeführt ist, geht das Schaufelblatt unmittelbar in die Rotornabe 21 über. Dies gilt auch für die Ausführungsbeispiele, die in den Figuren 2 bis 7 dargestellt sind.

[0042] Die Rotornabe 22, die auch als Schaufelplattform bezeichnet werden kann, besitzt eine Vorderkante 221, eine Hinterkante 222 und eine Nabenoberseite 223, die sich von der Vorderkante 221 zur Hinterkante 222 erstreckt und von der die Laufschaufeln 23 absteigen. Die Nabenoberseite 223 bildet eine Kranzoberfläche, die im Betrieb des Verdichterrotors den Strömungskanal durch den Laufschaufelkranz radial innen begrenzt.

[0043] Die Rotornabe 22 weist des Weiteren eine vordere Nabenunterseite 224, die sich auf der Unterseite der Rotornabe 22 von der Vorderkante 221 in Richtung der Rotorscheibe 21 erstreckt und in diese übergeht, und eine hintere Nabenunterseite 225 auf, die sich auf der Unterseite der Rotornabe 22 von der Hinterkante 222 in Richtung der Rotorscheibe 21 erstreckt und in diese übergeht.

[0044] Die Rotorscheibe 21 weist einen scheibenförmigen Bereich 211 und einen Scheibenfuß 212 auf.

[0045] Die Figur 3 zeigt schematisch in einer Ansicht von vorne ein erstes Ausführungsbeispiel. Wie bei der Figur 2b ist bei der Figur 3 lediglich ein Kreissektor dargestellt. Es ist vorgesehen, dass die vordere Nabenunterseite 224 in Umfangsrichtung der Rotornabe 22 derart konturiert ist, dass sie jeweils im Bereich unterhalb einer Laufschaufel 23 eine Einbuchtung 40 ausbildet. Im Bereich der Einbuchtung 40 ist die Dicke der Rotornabe 22 dementsprechend reduziert. Durch die Dickenreduktion im Bereich der Laufschaufel 23 ist die Rotornabe 22 dort weicher ausgebildet, so dass sich die Laufschaufel 23 bei Rotation aufgrund der auftretenden Fliehkräfte stärker aufrichten und dabei in verstärktem Maße Druckeigenspannungen in die Schaufel 23, insbesondere in die Vorderkante der Schaufel 23 einbringen kann.

[0046] Die Einbuchtung 40 erstreckt sich sowohl in Umfangsrichtung als auch in axialer Richtung. Die Oberfläche der Einbuchtung 40 besitzt dementsprechend sowohl in Umfangsrichtung als auch in radialer Richtung einen größeren Radius (d.h. radialen Abstand von der Drehachse) als die Bereiche an der Nabenunterseite 224, die keine Einbuchtung ausbilden.

[0047] Gemäß einer Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Einbuchtung 40 an der Vorderkante 221 der Rotornabe beginnt und sich von dort in axialer Richtung in Richtung der Rotorscheibe 21 erstreckt. Dabei kann vorgesehen sein, dass die Tiefe der Einbuchtung 40 in

Richtung der Rotorscheibe 21 abnimmt und sie ab einer bestimmten axialen Erstreckung ganz verschwunden ist (z.B. nach einer axialen Erstreckung, die im Bereich zwischen 10% und 30% der axialen Erstreckung der Rotornabe 22 liegt). Die durch die Einbuchtung 40 erreichte Weichheit ist somit insbesondere im Randbereich der Rotornabe 22 realisiert.

[0048] Die Einbuchtung 40 ist konkav und kann grundsätzlich eine beliebige Form aufweisen. Sie weist bevorzugt sanfte Übergänge zu den nicht mit einer Einbuchtung versehenen, angrenzenden Bereichen der Nabenunterseite 224 auf.

[0049] Die Einbuchtung 40 ist im Bereich unterhalb der Laufschaufel 23 an der Nabenunterseite 224 ausgebildet. Dies wird im Folgenden weitergehend erläutert. Die Laufschaufel 23 besitzt eine Schaufeldicke d_1 , die durch den Abstand zwischen der Saugseite 235 und der Druckseite 234 definiert ist. Im Übergang zur Nabenoberseite 223 bildet die Laufschaufel an der Saugseite 235 und der Druckseite 234 in an sich bekannter Weise eine Abrundung 237, 238, auch als "fillet" bezeichnet auf. Als maximale Schaufelfußdicke d_2 wird die Schaufeldicke d_1 plus der Dicke in Umfangsrichtung der Abrundungen 237, 238 bezeichnet. Die maximale Schaufelfußdicke d_2 ist somit der sich in Umfangsrichtung erstreckende Bereich der Laufschaufel 23 an deren Schnittpunkt mit der Narbenoberfläche 223, der sich von der Abrundung 237 auf der Saugseite 235 bis zur Abrundung 238 auf der Druckseite 234 der Schaufel 23 erstreckt.

[0050] Mit der maximalen Schaufelfußdicke d_2 korrespondiert ein Winkelbereich $\Delta\varphi_1$ des Polarwinkels φ des betrachteten zylindrischen Koordinatensystems. Ebenso korrespondiert ein Winkelbereich $\Delta\varphi_2$ mit der Einbuchtung 40, der sich vom Anfang der Einbuchtung 40 bis zum Ende der Einbuchtung 40 in Umfangsrichtung erstreckt. Da die Einbuchtung 40 im Bereich unterhalb einer Laufschaufel 23 ausgebildet ist, überschneiden sich die Einbuchtung 40 und die maximale Schaufelfußdicke d_2 in Umfangsrichtung. Dies bedeutet, dass sich die Winkel $\Delta\varphi_1$ und $\Delta\varphi_2$ zumindest teilweise überschneiden. Mit anderen Worten liegt zumindest ein Abschnitt der Einbuchtung 40 in radialer Richtung unterhalb der maximalen Schaufelfußdicke d_2 . Dabei ist es nicht notwendig, dass, wie im Ausführungsbeispiel der Figur 3, der Winkel $\Delta\varphi_1$ vollständig innerhalb des Winkels $\Delta\varphi_2$ liegt. So lange irgendeine Überschneidung vorliegt, liegt die Einbuchtung 40 im Bereich unterhalb einer Laufschaufel 23 im Sinne der vorliegenden Erfindung.

[0051] Alternativ oder zusätzlich kann eine solche Einbuchtung auch im Bereich der hinteren Nabenunterseite 225 (vgl. Figur 2a) in die Rotornabe 22 eingebracht sein. Für diesen Fall liegen im Betrieb, wenn der Verdicht rotor rotiert, erhöhte Druckeigen Spannungen insbesondere im Bereich der Hinterkante der Schaufel 23 vor.

[0052] Die Figur 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel, das dem Ausführungsbeispiel der Figur 3 entspricht. Die Figur 4 zeigt dabei verglichen mit der Figur 3 einen größeren Kreissektor der Rotornabe 22, so dass eine Mehrzahl

von Einbuchtungen 41, 42, 43 dargestellt sind. Die Einbuchtungen 41, 42, 43 sind wie bei der Figur 3 jeweils zentriert unter der zugehörigen Laufschaufel 23 angeordnet. Sie weisen die gleiche relative Position zur jeweiligen Laufschaufel 23 auf.

[0053] In der Figur 4 ist erkennbar, dass sich die Dicke der Rotornabe 22 im Bereich einer Einbuchtung 41, 42, 43 ändert. Da sich die Tiefe der Einbuchtung 41, 42, 43 in axialer Richtung verändert, kann eine Dickenänderung dabei immer nur für einen betrachteten Schnitt in einer Ebene quer zur Drehachse quantitativ betrachtet werden. In der Figur 4 ist die Dickenänderung an der Vorderkante 221 der Rotornabe 22 dargestellt. Im Bereich der Einbuchtungen 41, 42, 43 ändert sich die Dicke von einer Dicke d_3 in der Mitte zwischen zwei benachbarten Laufschaufeln 23 zu einer Dicke d_4 . Die Dickenreduktion der Rotornabe 22 von d_3 auf d_4 liegt beispielsweise im Bereich zwischen 5% und 30%, insbesondere im Bereich zwischen 10% und 20% bezogen auf die Dicke d_3 .

[0054] Die Einbuchtungen 41, 42, 43 erstrecken sich in Umfangsrichtung φ beispielsweise über eine Länge, die zwischen der halben ($d_2/2$) und der fünffachen ($5 \cdot d_2$) maximalen Schaufelfußdicke d_2 , insbesondere zwischen der maximalen Schaufelfußdicke (d_2) und der dreifachen ($3 \cdot d_2$) maximalen Schaufelfußdicke d_2 liegt, wobei die maximale Schaufelfußdicke d_2 wie in Bezug auf die Figur 3 erläutert definiert ist. Dies gilt für mindestens einen Schnitt durch die Nabe in einer Ebene quer zur Drehachse, insbesondere an der Vorderkante 221 und/oder der Hinterkante 222 der Rotornabe 22.

[0055] Die Figur 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem die Konturierung der vorderen Nabenunterseite 224 in Umfangsrichtung φ nichtperiodisch in dem Sinne erfolgt, dass die Einbuchtungen zumindest an einigen der Laufschaufeln sich in Bezug auf die relative Position zur Laufschaufel unterscheiden. Dabei erfolgt eine nichtperiodische Konturierung derart, dass die relative Position der Einbuchtungen zur jeweiligen Schaufel für eine Gruppe von benachbarten Schaufeln von Schaufel zu Schaufel in Umfangsrichtung wandert.

[0056] Die Figur 5 betrachtet hierbei eine Gruppe von vier Schaufeln 23, von denen drei Schaufeln 23 dargestellt sind, bei denen sich die relative Position der zugehörigen Einbuchtungen 44, 45, 46 von Schaufel zu Schaufel ändert und dabei in Umfangsrichtung φ wandert. Wenn d_2 die maximale Schaufelfußdicke ist (die wie in Bezug auf die Figur 3 definiert ist) und wenn n die Anzahl der Schaufeln der betrachteten Gruppe ist, so sind die Einbuchtungen von Schaufel 23 zu Schaufel 23 um einen Winkel $\Delta\varphi$ in Umfangsrichtung verschoben, der gleich d_2 geteilt durch n ist.

[0057] Bei der in der Figur 5 betrachteten Gruppe von vier Schaufeln ist die Einbuchtung 44 zentriert zu der zugehörigen Schaufel 23 angeordnet. Die Einbuchtung 45 ist dem gegenüber um den Winkel $\Delta\varphi = d_2/4$ in Umfangsrichtung φ verschoben. Die Einbuchtung 46 ist gegenüber der Einbuchtung 45 um einen weiteren Winkel $\Delta\varphi = d_2/4$ in Umfangsrichtung φ verschoben, sodass die

Gesamtverschiebung gegenüber der Einbuchtung 44 bei $\Delta\varphi = d/2$ beträgt. Bei der in der Figur 5 nicht mehr dargestellten in Umfangsrichtung darauffolgenden Einbuchtung liegt die Gesamtverschiebung gegenüber der Einbuchtung 44 bei $\Delta\varphi = d/3$. Bei der in Umfangsrichtung danach folgenden Einbuchtung liegt beispielsweise wieder eine zentrierte Anordnung bezogen auf die zugehörige Schaufel 23 vor, entsprechend der Einbuchtung 44 der Figur 5. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass trotz der vorgenommenen Verschiebungen in Umfangsrichtung stets das Kriterium erfüllt ist, dass die Einbuchtungen 44, 45, 46 jeweils im Bereich unterhalb einer Laufschaufel 23 liegen und somit die Winkelbereiche $\Delta\varphi_1$ und $\Delta\varphi_2$, die die maximale Schaufelfußdicke d_2 und die Einbuchtungen 44, 45, 46 jeweils abdecken, sich jeweils zumindest überschneiden.

[0058] Alternativ oder zusätzlich kann eine solche Verschiebung der Einbuchtungen auch im Bereich der hinteren Nabenunterseite 225 (vgl. Figur 2a) realisiert sein.

[0059] Die Figur 6 zeigt ein Ausführungsbeispiel, das sich durch eine bestimmte Konturierung der vorderen Nabenunterseite und/oder hinteren Nabenunterseite auszeichnet. Es ist entsprechend der Figur 2a ein Verdichterrotor 20' vorgesehen, der eine Rotorscheibe 21, eine Rotornabe 22 und eine Mehrzahl von Laufschaufeln 23 aufweist, wobei die Laufschaufeln 23 jeweils eine Vorderkante 231, eine Hinterkante 232, eine Druckseite 234, eine Saugseite 235 und eine Schaufelspitze 236 aufweisen. Die Rotornabe 22 besitzt eine Vorderkante 221, eine Hinterkante 222, eine Nabenoberseite 223, eine vordere Nabenunterseite 224 und eine hintere Nabenunterseite 225. Die Rotorscheibe 21 weist einen scheibenförmigen Bereich 211 und einen Scheibenfuß 212 auf.

[0060] Es ist vorgesehen, dass im Meridionalschnitt die Begrenzungslinie 226 der vorderen Nabenunterseite 224 zumindest angrenzend an die Vorderkante 221 durch eine Ellipse beschreibbar ist. Alternativ oder ergänzend ist vorgesehen, dass im Meridionalschnitt die Begrenzungslinie 227 der hinteren Nabenunterseite 225 zumindest angrenzend an die Hinterkante 222 durch eine Ellipse beschreibbar ist. Die beschriebene Konturierung ist dabei umfangssymmetrisch, das heißt sie gilt für jeden Meridionalschnitt durch die Rotornabe 22.

[0061] Es kann vorgesehen sein, dass die Begrenzungslinie 226 und/oder die Begrenzungslinie 227 in ihrer gesamten Länge bis zum Übergang in die Rotorscheibe 21 bzw. deren scheibenförmigen Bereich 211 elliptisch ausgebildet ist. Alternativ kann vorgesehen sein, dass die Begrenzungslinie 226 und/oder die Begrenzungslinie 227 nur über einen Teil ihrer Länge elliptisch ausgebildet ist, beispielsweise über einen an die Vorderkante 221 bzw. Hinterkante 222 angrenzenden Abschnitt, dessen axiale Komponente im Bereich zwischen 10 % und 30 % der axialen Erstreckung der Rotornabe 22 (d.h. zwischen Vorderkante 221 und Hinterkante 222) liegt.

[0062] Die Figur 7 zeigt weitere umfangssymmetrische Konturierungen der Rotornabe 22 im Bereich der Naben-

unterseite. Dabei weist die vordere Nabenunterseite 224 und/oder die hintere Nabenunterseite 225 eine Einbuchtung 228, 229 gegenüber einem gestrichelt dargestellten geradlinigen Verlauf auf, die sich umfangssymmetrisch erstreckt. Hierdurch wird allgemein die Weichheit der Rotornabe 22 im Bereich der Außenkanten 221, 222 vergrößert.

[0063] Die vorliegende Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausgestaltung nicht auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele. Beispielsweise ist die Form der Einbuchtungen in den Figuren 3-5 lediglich beispielhaft zu verstehen.

[0064] Des Weiteren wird darauf hingewiesen, dass die Merkmale der einzelnen beschriebenen Ausführungsbeispiele der Erfindung in verschiedenen Kombinationen miteinander kombiniert werden können. Sofern Bereiche definiert sind, so umfassen diese sämtliche Werte innerhalb dieser Bereiche sowie sämtliche Teilbereiche, die in einen Bereich fallen.

Patentansprüche

1. Verdichterrotor einer Strömungsmaschine, der aufweist:

- eine Rotorscheibe (21), die um eine Drehachse drehbar ist, die eine axiale Richtung (x) definiert, wobei eine radiale Richtung (r) senkrecht zur axialen Richtung (x) und eine Umfangsrichtung (φ) senkrecht zur axialen und zur radialen Richtung (x, r) verläuft,
- eine Rotornabe (22), die den radial äußeren Rand der Rotorscheibe (21) bildet oder mit dieser verbunden ist, und
- eine Mehrzahl von Laufschaufeln (23), die an der Rotornabe (22) angeordnet sind und sich radial nach außen erstrecken,
- wobei die Rotornabe (22) aufweist: eine axial vordere Vorderkante (221), eine axial hintere Hinterkante (222), eine Nabenoberseite (223), von der die Laufschaufeln (23) abgehen, eine vordere Nabenunterseite (224), die sich auf der Unterseite der Rotornabe (22) von der Vorderkante (221) in Richtung der Rotorscheibe (21) erstreckt und in diese übergeht, und eine hintere Nabenunterseite (225), die sich auf der Unterseite der Rotornabe (22) von der Hinterkante (222) in Richtung der Rotorscheibe (21) erstreckt und in diese übergeht,

dadurch gekennzeichnet,

dass die vordere Nabenunterseite (224) und/oder die hintere Nabenunterseite (225) in Umfangsrichtung (φ) der Rotornabe (22) derart konturiert ist, dass sie im Bereich unterhalb einer Laufschaufel (23) jeweils eine Einbuchtung (40-46) ausbildet.

2. Verdichterrotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotornabe (22) ausgehend von der Vorderkante (221) und/oder ausgehend von der Hinterkante (222) jeweils unterhalb einer Laufschaufel (23) eine Einbuchtung (40-46) ausbildet. 5
3. Verdichterrotor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einbuchtung (40-46) konkav ausgebildet ist und sich in axialer Richtung in Richtung der Rotorscheibe (21) erstreckt. 10
4. Verdichterrotor nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tiefe der Einbuchtung (40-46) in Richtung der Rotorscheibe (21) abnimmt. 15
5. Verdichterrotor nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** für zumindest einen Schnitt durch die Rotornabe (22) in einer Ebene quer zur Drehachse gilt, dass die Einbuchtung (40-46) und die maximale Schaufelfußdicke (d_2) in Umfangsrichtung (φ) Winkelbereiche ($A_{\varphi 2}, \Delta \varphi 1$) abdecken, die sich überschneiden, wobei die maximale Schaufelfußdicke (d_2) definiert ist als der sich in Umfangsrichtung erstreckende Bereich einer Laufschaufel (23), der sich von der Abrundung (237) der Schaufel (23) auf der Saugseite (235) bis zur Abrundung (238) der Schaufel (23) auf der Druckseite (234) der Schaufel (23) erstreckt. 20 25
6. Verdichterrotor nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einbuchtung (40-46) sich in Umfangsrichtung (φ) über eine Länge erstreckt, die zwischen der halben und der fünffachen maximalen Schaufelfußdicke (d_2), insbesondere zwischen der maximalen Schaufelfußdicke (d_2) und der dreifachen maximalen Schaufelfußdicke (d_2) liegt. 30 35
7. Verdichterrotor nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** für mindestens einen Schnitt durch die Rotornabe (22) in einer Ebene quer zur Drehachse gilt, dass die durch eine Einbuchtung (40-46) bereitgestellte maximale Dickenreduktion der Rotornabe (22) im Bereich zwischen 5% und 30%, insbesondere im Bereich zwischen 10% und 20% bezogen auf die Dicke (d_3) der Rotornabe (22) in der Mitte zwischen zwei benachbarten Laufschaufeln (23) beträgt. 40 45
8. Verdichterrotor nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Konturierung der vorderen Nabenunterseite (224) und/oder die Konturierung der hinteren Nabenunterseite (225) in Umfangsrichtung (φ) periodisch in dem Sinne erfolgt, dass die Einbuchtungen (41-43) an allen Laufschaufeln (23) die gleiche relative Position zur Laufschaufel (23) aufweisen. 50 55
9. Verdichterrotor nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Konturierung der vorderen Nabenunterseite (224) und/oder die Konturierung der hinteren Nabenunterseite (225) in Umfangsrichtung (φ) nichtperiodisch in dem Sinne erfolgt, dass die Einbuchtungen (44-46) zumindest an einigen der Laufschaufeln (23) sich in Bezug auf die relative Position zur Laufschaufel (23) unterscheiden.
10. Verdichterrotor nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Konturierung derart nichtperiodisch erfolgt, dass die relative Position der Einbuchtungen (44-46) zur jeweiligen Leitschaufel (23) für eine Gruppe von benachbarten Leitschaufeln (23) von Schaufel zu Schaufel in Umfangsrichtung (φ) wandert.
11. Verdichterrotor nach Anspruch 9 oder 10, soweit rückbezogen auf Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die relative Position der Einbuchtungen (44-46) zur jeweiligem Schaufel bei einer betrachteten Gruppe von benachbarten Laufschaufeln (23) derart in Umfangsrichtung (φ) wandert, dass, wenn d_2 die maximale Schaufelfußdicke und n die Anzahl der Laufschaufeln der betrachteten Gruppe ist, die Einbuchtungen (44-46) von Schaufel zu Schaufel um einen Winkel in Umfangsrichtung (φ) verschoben sind, der gleich d_2 geteilt durch n ist.
12. Verdichterrotor nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verdichterrotor (2) in BLISK-Bauweise ausgebildet ist, wobei die Rotorscheibe (21), die Rotornabe (22) und die Laufschaufeln (23) integral ausgebildet sind.
13. Verdichterrotor nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verdichterrotor (2) in BLING-Bauweise ausgebildet ist, wobei die Rotornabe (22) und die Laufschaufeln (23) integral ausgebildet sind.
14. Verdichterrotor einer Strömungsmaschine in BLISK- oder BLING-Bauweise, der aufweist:
- eine Rotorscheibe (21), die um eine Drehachse drehbar ist, die eine axiale Richtung (x) definiert, wobei eine radiale Richtung (r) senkrecht zur axialen Richtung (x) und eine Umfangsrichtung (φ) senkrecht zur axialen und zur radialen Richtung (x, r) verläuft,
 - eine Rotornabe (22), die den radial äußeren Rand der Rotorscheibe (21) bildet oder mit dieser verbunden ist, und
 - eine Mehrzahl von Laufschaufeln (23), die an der Rotornabe (22) angeordnet sind und sich radial nach außen erstrecken,
 - wobei die Rotornabe (22) aufweist: eine axial vordere Vorderkante (22), eine axial hintere Hin-

terkante (222), eine Nabenoberseite (223), von der die Laufschaufeln (23) absteigen, eine vordere Nabenunterseite (224), die sich auf der Unterseite der Rotornabe (22) von der Vorderkante (221) in Richtung der Rotorscheibe (21) erstreckt und in diese übergeht, und eine hintere Nabenunterseite (225), die sich auf der Unterseite der Rotornabe (22) von der Hinterkante (222) in Richtung der Rotorscheibe (21) erstreckt und in diese übergeht,

dadurch gekennzeichnet,

dass die vordere Nabenunterseite (224) und/oder die hintere Nabenunterseite (225) derart konturiert ist, dass für jeden Meridionalschnitt durch die Rotornabe (22) gilt, dass im Meridionalschnitt die Begrenzungslinie (226) der vorderen Nabenunterseite (224) zumindest angrenzend an die Vorderkante (221) und/oder die Begrenzungslinie (227) der hinteren Nabenunterseite (225) zumindest angrenzend an die Hinterkante (222) durch eine Ellipse beschreibbar ist.

15. Verdichterrotor nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Begrenzungslinie (226, 227) in ihrer gesamten Länge bis zum Übergang in die Rotorscheibe (21) elliptisch ausgebildet ist.

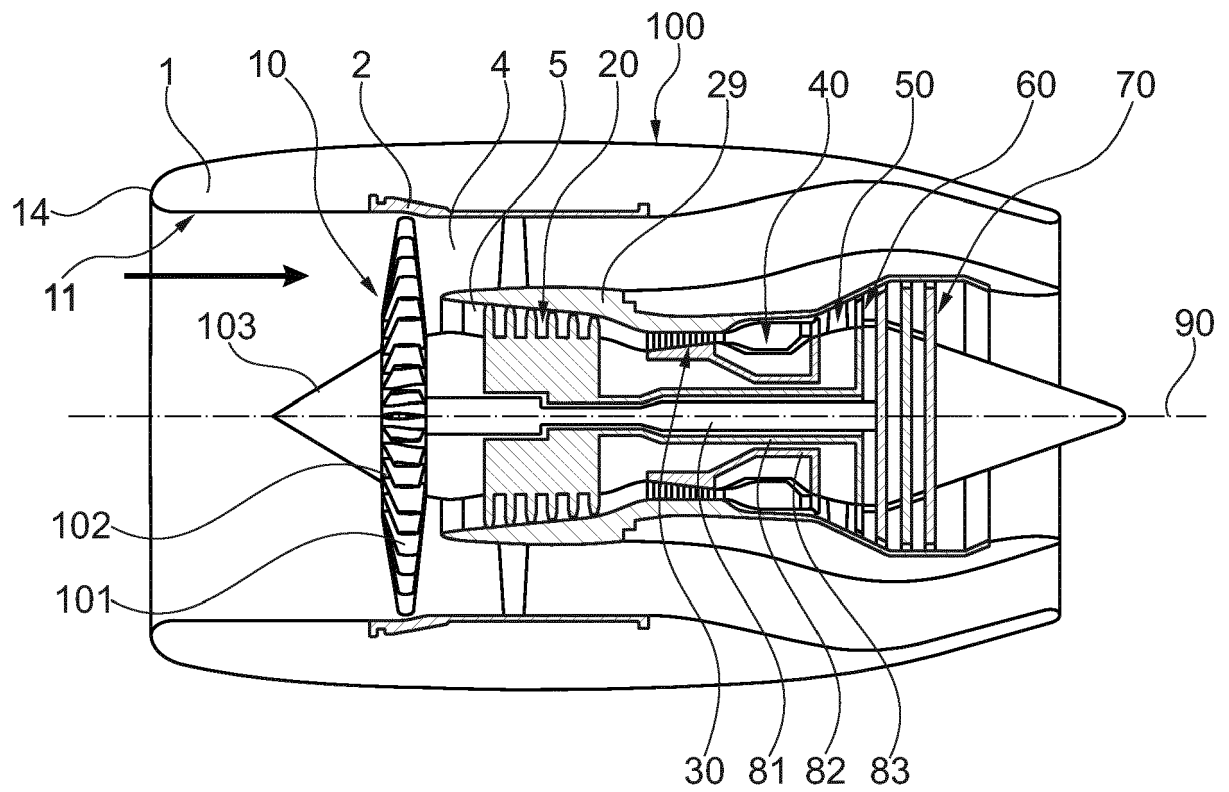


Fig. 1

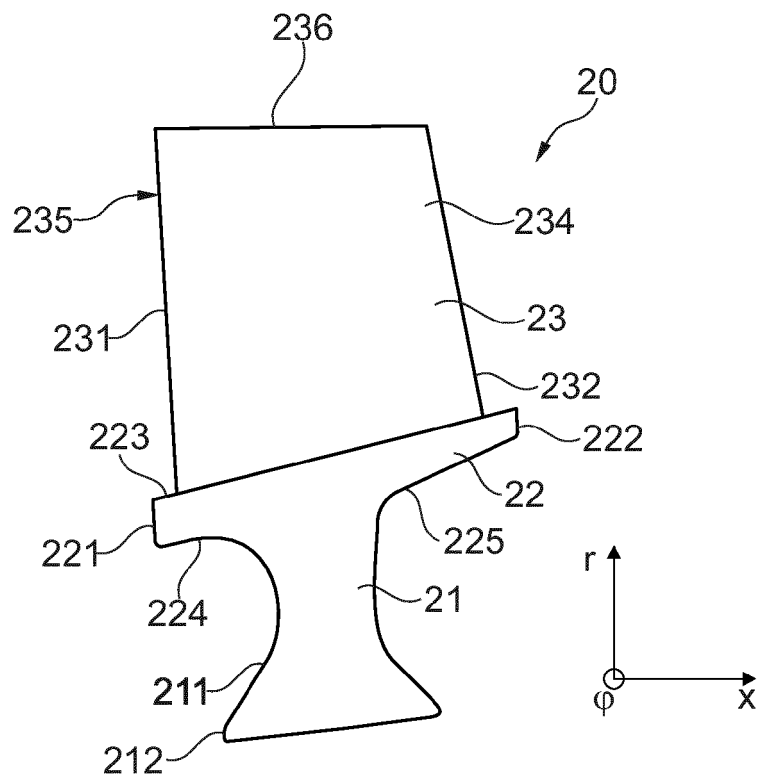


Fig. 2a

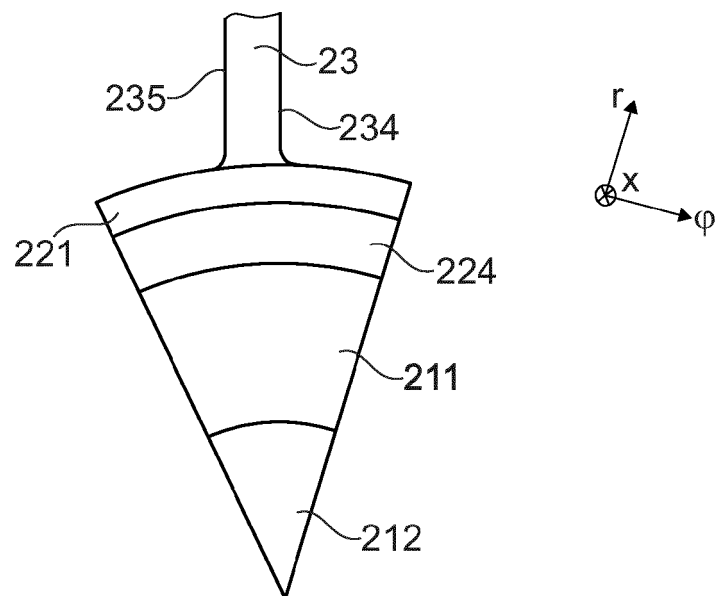


Fig. 2b

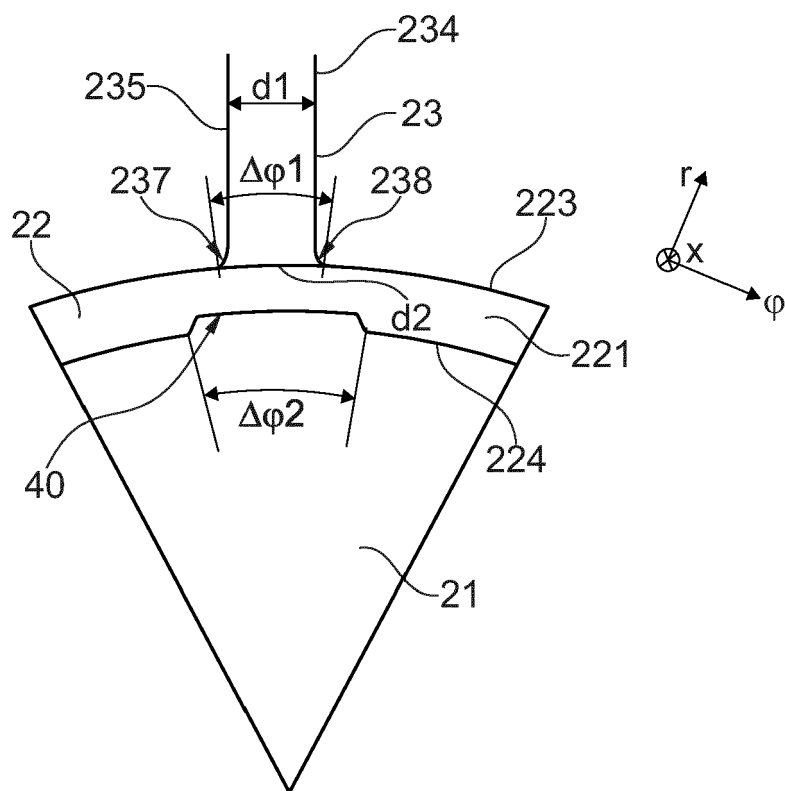


Fig. 3

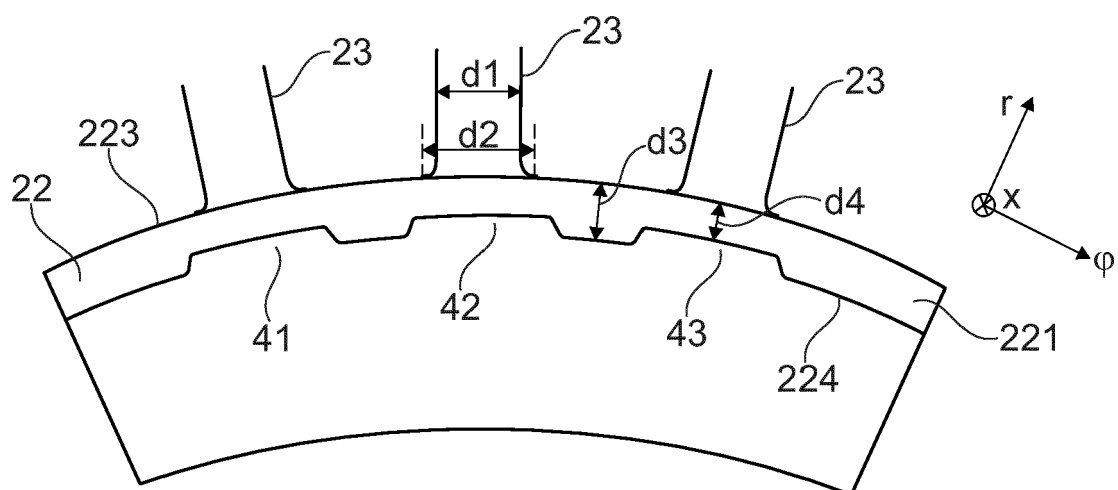


Fig. 4

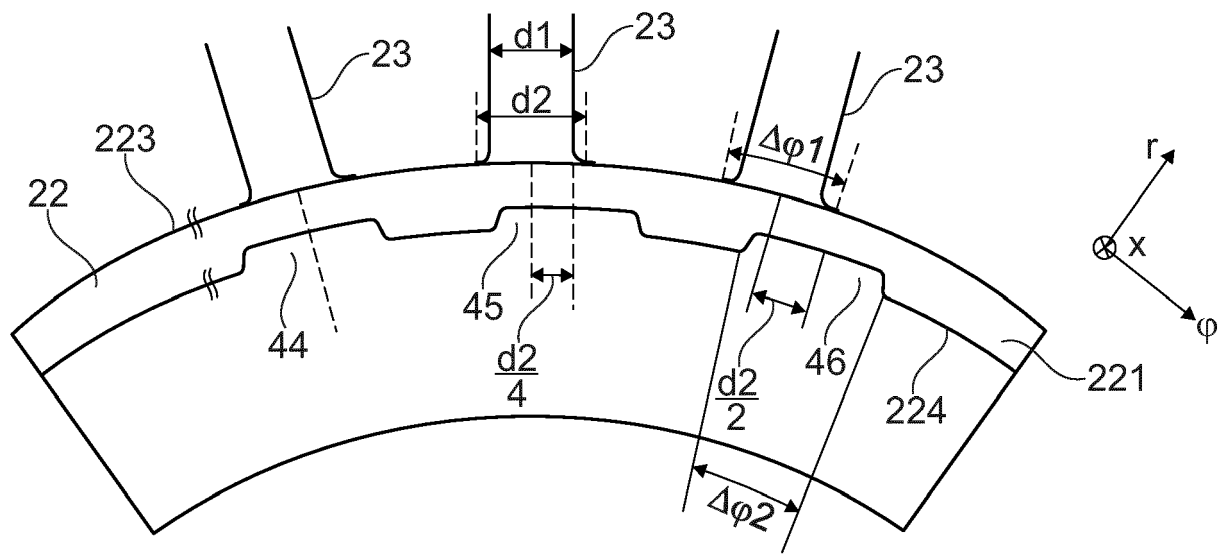


Fig. 5

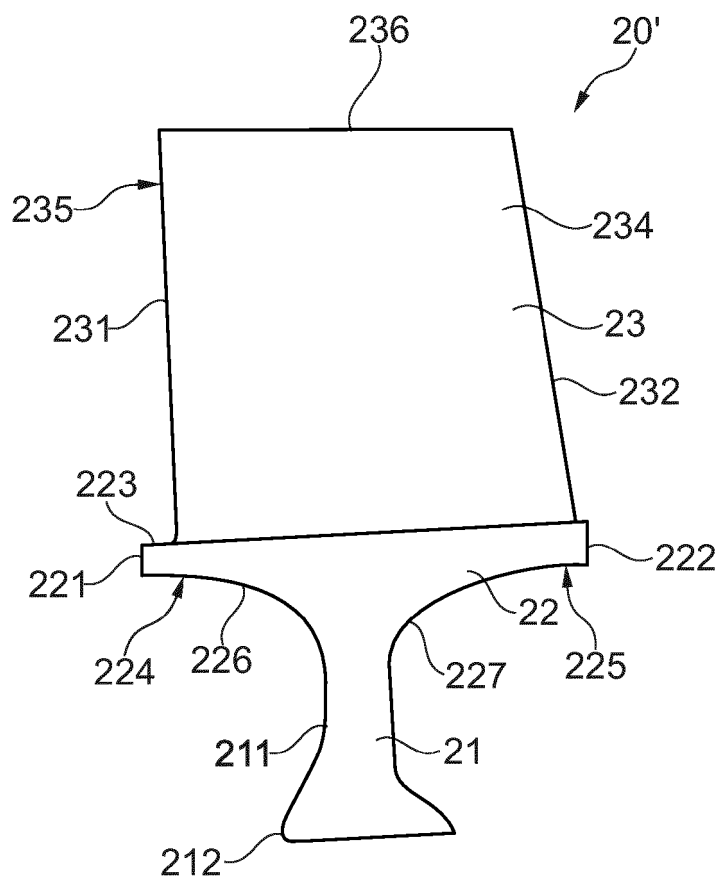


Fig. 6

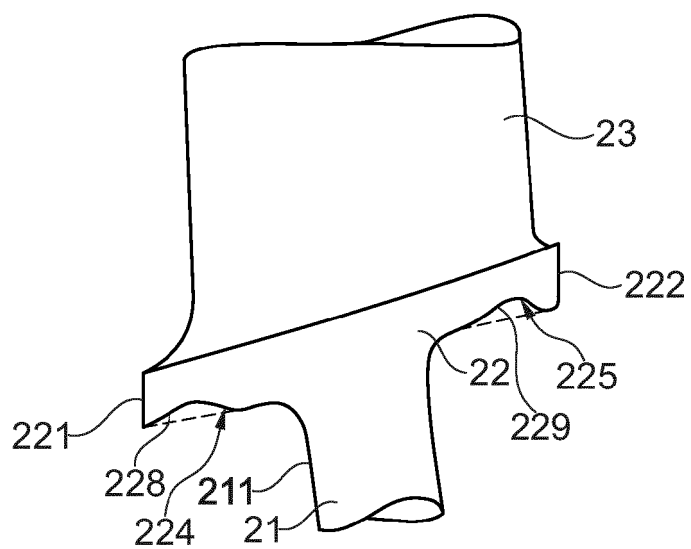


Fig. 7

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 7445433 B2 [0004]