

(19)



(11)

EP 2 243 932 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
13.03.2019 Patentblatt 2019/11

(51) Int Cl.:
F01D 17/16 ^(2006.01) **F01D 11/00** ^(2006.01)
F02C 6/12 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10152861.0**

(22) Anmeldetag: **29.03.2001**

(54) **Abgasturboladerturbine mit einem eine Reihe von verstellbaren Leitschaufeln umfassenden Leitapparat**

Axial turbomachine with a guiding nozzle comprising a stage of variable guide vanes

Turbomachine axiale avec une tuyère de guidage comprenant un étage d'aubes de guidage variables

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI

(30) Priorität: **04.04.2000 DE 10016745**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.10.2010 Patentblatt 2010/43

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)
nach Art. 76 EPÜ:
01108009.0 / 1 143 111

(73) Patentinhaber: **MAN Energy Solutions SE**
86153 Augsburg (DE)

(72) Erfinder:
• **Bartholomä, Klaus, Dr.**
86316 Friedberg (DE)
• **Schrott, Karl Heinz**
86169 Augsburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 4 213 716 GB-A- 878 988
US-A- 2 651 496 US-A- 3 999 883
US-A- 4 385 864

EP 2 243 932 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Abgasturboladerturbine mit einem eine Reihe von verstellbaren Leitschaufeln umfassenden Leitapparat im Strömungskanal, der zum einen durch eine innere Nabe und zum anderen durch einen äußeren Leitschaufelträger begrenzt ist, wobei die Leitschaufeln einerseits in radialen Lagerbohrungen des ringförmigen Leitschaufelträgers drehbar gelagert sind und andererseits mit ihrem Kopfprofil gegen den Leitschaufelträger, sowie mit ihrem Fußprofil gegen die Nabe dichten, also die Leitschaufeln einseitig gelagert sind.

[0002] Verstellbare, insbesondere Turbinenleitapparate werden bekanntlich im Turbinen- und Turboladerbau verwendet um die Turbine während des Betriebes besser an den jeweiligen Betriebszustand anpassen zu können. Denn die gegebene Charakteristik beispielsweise eines Abgasturboladers im Zusammenhang mit einer Kolbenmaschine hoher spezifischer Leistung macht es schwierig, für den gesamten Betriebsbereich das erwünschte Luftangebot zur Verfügung zu stellen. So kann durch Verstellen des Leitapparate-Querschnitts der Ladedruck und damit das Luftangebot für einen gegebenen Lastpunkt innerhalb gewisser Grenzen verändert werden, Durch Öffnen des Turbinenquerschnitts mit zunehmender Last nach einer vorgegebenen Charakteristik kann dann der Druckanstieg so begrenzt werden, dass sich bei Volllast der Spülluftdruck und damit auch der Zünddruck und Kraftstoffverbrauch des normal ausgelegten Motors einstellen.

[0003] So kann also der Wirkungsgrad der Turbine mit einem verstellbaren Turbinenleitapparat, insbesondere beim Betrieb abseits vom Auslegungspunkt, angehoben oder abgesenkt werden.

[0004] Üblicherweise haben verstellbare Turbinenleitapparate mehrere um eine Achse drehbar angeordnete Leitschaufeln, die über Hebel und Stellringe angelenkt werden.

[0005] Grundsätzlich muss zwischen verstellbaren Turbinenleitapparaten für axial und radial durchströmten Turbinen unterschieden werden. Während der radial durchströmte verstellbare Turbinenleitapparat relativ einfach aufgebaut werden kann (siehe beispielsweise DE 42 18 229 C1), ist der axial durchströmte wesentlich aufwendiger zu realisieren, da insbesondere die Naben- und Zuströmgehäusekontur kugelförmig, d. h. zumindest gekrümmt gestaltet werden muss. Dies ist notwendig, um bei allen Leitschaufelstellungen zur Naben- und Zuströmgehäusekontur hin einen gleichförmigen radialen Spalt zu erzeugen.

[0006] Eine gattungsbildende Axialströmungsmaschine, insbesondere axial durchströmte Turbine zeigt die DE 42 13 709 A1. Der verstellbare Turbinenleitapparat bietet durch Verdrehen der Leitschaufeln dort die Möglichkeit, den Strömungsquerschnitt in der Turbine bei Teillast des Motors zu verringern und dadurch den Luftdruck vor dem Zylinder anzuheben.

[0007] Der vorbekannte axial durchströmte verstellbare Turbinenleitapparat umfasst innerhalb der den ringförmigen Strömungskanal begrenzenden Wandungen zum einen die innere Nabe und zum anderen den die Nabe ringförmig umfassenden äußeren Leitschaufelträger, der im Zuströmgehäuse der Turbine eingehängt ist. Die eigentliche Verstellung der Leitschaufel erfolgt über ein Hebelgestänge und vorzugsweise automatisch in Funktion der Betriebsparameter wie Ladedruck, Drehzahl usw.

[0008] Um die Strömungsverluste in einem axial durchströmten verstellbaren Turbinenleitapparat gering zu halten, müssen die Spalte zwischen den Leitschaufeln und dem Zuströmgehäuse, bzw. der Nabe so gering wie möglich gehalten werden. Zu diesem Zwecke sind bereits verschiedene Maßnahmen bekannt geworden, wie z. B. dass die Leitschaufeln einen im Leitschaufelträger gelagerten Drehzapfen, der mit einem Schaufeldrehteller, der gegenüber dem Zuströmgehäuse abgedichtet ist, aufweisen (siehe beispielsweise DE 27 40 192 C2 oder DE 42 37 031 C1).

[0009] Andererseits, damit die Leitschaufeln während des "heißen" Betriebes nicht klemmen, müssen sie in der Regel mit angemessenem Spiel eingebaut werden. Um eine leichte Verstellbarkeit auch bei Lastwechsel, also bei unterschiedlicher thermischer Ausdehnung der Komponenten des Leitapparates gewährleisten zu können, werden bisher ausreichend große Spalte in Kauf genommen, die jedoch, d. h. die daraus resultierenden Spaltströmungen am Kopf und am Fuß der Leitschaufeln sich sehr störend auf die Hauptströmung im Kanal auswirken können.

[0010] Diese beiden Forderungen nach einerseits einer Minimierung der Spaltquerschnitte und andererseits einer leichten Verstellbarkeit der Komponenten widersprechen sich, weshalb die in der Vergangenheit realisierten verstellbaren axial durchströmten Turbinenleitapparate entweder leichtgängig waren oder geringe Strömungsverluste aufwiesen.

[0011] US 2,651,496 A offenbart eine Turbine mit einer der nachgiebigen Nabenkontur und nachgiebigen Lagerung der Leitschaufeln. Die nachgiebige Nabenkontur wird durch einen Innenring, der an einem Flansch befestigt ist, bereitgestellt. Der Flansch für den Innenrings ist an einem weiteren Flansch durch Befestigungsschrauben verbunden. DE 42 13 716 A1 offenbart einen Leitapparat einer Axialturbine mit verstellbaren Leitschaufeln. Aus US 3,999,883 A und GB 878,988 A ist weiterer Stand der Technik bekannt.

[0012] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde eine Abgasturboladerturbine derart weiterzubilden, dass die Komponenten des Leitapparates sowohl leichtgängig betätigbar sind, als auch nur geringe Spaltströmungen zulassen. Es sollen also beide oben genannten Forderungen in einer neuen Axialströmungsmaschine vereint werden.

[0013] Die Lösung der Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentan-

spruchs 1 gelöst.

[0014] Dadurch dass die Nabe zumindest im Dichtbereich des Fußprofils der Leitschaufeln mit einer nachgiebigen Nabenkontur ausgeführt ist und die einseitige Lagerung der Leitschaufeln im Leitschaufelträger in Richtung der Leitschaufelachsen ebenfalls nachgiebig ausgestaltet ist, können die Strömungsverluste durch Spalte zwischen den Leitschaufel- und der Zuströmgehäuse- bzw. Nabenkonturen reduziert werden und außerdem Verspannungen der Komponenten des verstellbaren Leitapparates, verursacht durch Dichtungselemente und durch thermische Ausdehnung der Komponenten vermieden werden.

[0015] Dadurch dass erfindungsgemäß die nachgiebige Ausgestaltung der Lagerung der Leitschaufeln im Leitschaufelträger mittels jeweils einer in Richtung der Leitschaufelachsen wirkenden Tellerfeder erreicht wird, ist gewährleistet, dass das Kopfprofil einer Leitschaufel in jedem Betriebszustand an der Zuströmgehäusekontur anliegt, wodurch der Spalt zwischen diesen beiden Komponenten sehr gering gehalten oder ganz vermieden werden kann.

Dadurch dass die nachgiebige Nabenkontur in Form eines in die Nabenkontur eingepassten Innenrings, der im vorgespannten Zustand sich gegen die Fußprofile der Leitschaufeln abstützt, ausgeführt ist, liegt dieser Innenring immer an den Leitschaufelkonturen an. Der Innenring ist derart an der Nabe angeflanscht, dass er in radialer Richtung des Zuströmgehäuses, also in Richtung der Leitschaufelachse beweglich ist, in axialer Richtung des Zuströmgehäuses jedoch nur mit geringem Spiel in die Nabenkontur eingesetzt ist. Durch diese Maßnahme werden wiederum Massenstromverluste vermieden.

Zudem ist der Innenring zur Montag mit einem Schlitz versehen, so dass auch hier eine thermische Ausdehnung ausgleichbar ist. Der Schlitz ist erfindungsgemäß so angeordnet, dass er zwischen zwei Leitschaufeln liegt und während eines Verstellvorganges nicht durch die Schaufelkontur überstrichen wird, so dass die durch den Schlitz verursachten Verluste minimiert werden können. Dadurch dass zudem der Schlitz mittels eines Dichtbleches bezüglich des Nabeninnenraums an der Innenseite abgedeckt ist, sind Massenstromverluste durch den Schlitz vermeidbar.

Im bevorzugten Ausführungsbeispiel sind Innenkontur des ringförmigen Leitschaufelträgers, die Nabe, sowie die Kopf- und Fußprofile der Leitschaufeln zur Verbesserung der Dichtwirkung entsprechend kugelförmig ausgebildet.

[0016] Durch die erfindungsgemäße Ausbildung des Leitapparates einer gattungsbildenden Axialströmungsmaschine wird zwar eine erhöhte Reibung zwischen den Komponenten in Kauf genommen, ein Verkleben der Mechanik, hervorgerufen durch unterschiedliche thermische Ausdehnungen der Komponenten ist jedoch wirksam verhindert. Die Materialauswahl könnte so aussehen, dass im Graugussverfahren aus einem hochwarmfesten Material hergestellte Leitschaufeln in einem Ke-

ramik-Leitschaufelträger gelagert sind und mit ihren Fußprofilen gegen eine ebenfalls gegossene Nabe dichten. Gleichzeitig ist sichergestellt, dass die Spalte zwischen Leitschaufel und Zuströmgehäuse, bzw. Nabe so gering wie möglich gehalten werden können, wodurch die Strömungsverluste auf ein Minimum reduzierbar sind.

[0017] Eine Ausführungsform der Erfindung wird anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt die einzige Figur 1 einen Teillängsschnitt durch eine Abgasturboladerturbine.

[0018] Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente, insbesondere die Ansicht des Verstellleitapparates gezeigt.

[0019] Ein axial durchströmter, ringförmiger Kanal 20 einer Axialturbine ist zum einen durch eine innere Nabe 21 und zum anderen durch einen ringförmigen Leitschaufelträger 7 mitsamt Zuströmgehäuse 8 begrenzt. Der Leitschaufelträger 7 ist auf nicht näher beschriebene Art im Zuströmgehäuse 8 eingehängt.

[0020] Die verstellbaren Leitschaufeln 30 umfassen jeweils ein Leitschaufelblatt 1, einen Schaufelzapfen 2 und einen Schaufeldtehteller 3. Der Schaufelzapfen 2 ist in einer radialen Lagerbohrung des ringförmigen Leitschaufelträgers 7 drehbar gelagert und in bekannter Weise beispielsweise mittels einer aufgeschraubten Kronmutter oder ähnlichem am Leitschaufelträger 7 festgelegt. An der Außenseite des Leitschaufelträgers 7 ist auf dem verlängerten Zapfen 2 der Leitschaufel 30 ein Anlenkhebel 5 mittels einer Passfeder drehfest aufgesetzt. Der Anlenkhebel 5 ist mit dem Schaufelzapfen 2 und dem Leitschaufelträger 7 unter Zwischenschaltung einer Tellerfeder 4 kontaktiert, so dass der Anlenkhebel 5 sich gegen den Leitschaufelträger 7 abstützt. Die Tellerfeder 4 übt auf den Schaufelzapfen 2 eine Vorspannkraft aus, durch die das Fußprofil 31, d. h. die untere Kontur des Leitschaufelblattes 1 gegen die äußere Oberfläche der Nabe 21 gedrückt wird, also das Fußprofil 31 der Leitschaufel 30 am Anschlag mit der Nabe 21 ist und so gegen die Kontur der Nabe 21 abdichtet. Dadurch ist der Schaufelzapfen 2 in der Lagerbohrung des Leitschaufelträgers 7 nahezu spielfrei, aber dennoch gegen Wärmedehnung in Richtung der Achse A der Leitschaufel 30 elastisch und schwingungsdämpfend eingespannt. Der Schaufeldrehteller 3 dichtet den Kanal 20 gegen die Lagerbohrung des Leitschaufelträgers 7 ab.

[0021] Der Anlenkhebel 5 ist in bekannter Weise über einen Stellring 6 durch nicht weiter gezeigte Betätigungsmittel bewegbar.

[0022] Die Gehäusekontur der Nabe 21 ist zumindest teilweise kugelförmig unter Einschließung eines Hohl- oder Innenraums 22 gestaltet.

[0023] Im Dichtbereich 23 des Fußprofils 31 der Leitschaufel 30 ist ein Innenring 9 in die Nabekontur eingepasst, der im vorgespannten Zustand sich gegen das Fußprofil 31 der Leitschaufel 30 abstützt und mittels eines Flansches 12 an der Nabe 21 so befestigt ist, dass er in Richtung der Achse A der Leitschaufel 30 zwar be-

weglich ist, jedoch in der Kontur der Nabe 21, also in axialer Richtung des Kanals 20 ein nur geringes Spiel aufweist. Dazu ist die Kontaktierung zwischen Flansch 12 und Innenring 9 beispielsweise lediglich verzahnt.

[0024] Der innenring 9 selbst ist mit einem Schlitz 10 versehen, der so angeordnet ist, dass er zwischen zwei Leitschaufeln liegt und beim Verstellvorgang nicht durch die Schaufelkontur überstrichen wird. Um Massenstromverluste durch den Schlitz 10 zu verhindern, ist er vom Hohl- bzw. Innenraum 22 der Nabe 21 her gesehen mit einem Dichtblech 11 abgedeckt.

[0025] Die Erfindung wäre im übrigen bei Verdichtern sinngemäß anwendbar. Ferner soll der Einsatz bei Axialgebläsen mit eingeschlossen sein.

Bezugszeichenliste

[0026]

1	Leitschaufelblatt	20
2	Schaufelzapfen	
3	Schaufeldrehteller	
4	Tellerfeder	
5	Anlenkhebel	
6	Stellring	25
7	Leitschaufelträger	
8	Zuströmgehäuse	
9	Innenring	
10	Schlitz	
11	Dichtblech	30
12	Flansch	
20	Strömungskanal	
21	Nabe	
22	Hohl- bzw. Innenraum	
23	Dichtbereich	35
30	Leitschaufel	
31	Fußprofil der Leitschaufel	
32	Kopfprofil der Leitschaufel	
A	Leitschaufelachse	40

Patentansprüche

1. Abgasturboladerturbine,
mit einem Strömungskanal (20),
mit einem eine Reihe von verstellbaren Leitschaufeln (30) umfassenden Leitapparat in dem Strömungskanal (20),
wobei der Strömungskanal (20) zum einen durch eine innere Nabe (21) und zum anderen durch einen äußeren, ringförmigen Leitschaufelträger (7) begrenzt ist,
wobei die Leitschaufeln ein Leitschaufelblatt (1) mit einem Fußprofil (31) und einem Kopfprofil (32), einen Schaufelzapfen (2), einen Leitschaufeldrehteller (3) und eine Leitschaufelachse (A) umfassen,

wobei die Leitschaufeln einerseits im Bereich ihrer Kopfprofile (32) in radialen Lagerbohrungen des ringförmigen Leitschaufelträgers (7) drehbar gelagert sind und andererseits die Fußprofile (31) der Leitschaufeln gegen die Nabe (21) dichten,

wobei die Nabe (21) zumindest im Dichtbereich (23) der Fußprofile (31) der Leitschaufeln (30) mit einer nachgiebigen Nabenkontur ausgeführt ist, die in Form eines in die Nabenkontur eingepassten, mit einem Schlitz (10) versehenen Innenrings (9), der im vorgespannten Zustand sich gegen das Fußprofil (31) der Leitschaufeln (30) abstützt, ausgeführt ist, und der mittels eines Flansches (12) an der Nabe (21) so befestigt ist, dass er in Richtung der Leitschaufelachse (A) der Leitschaufeln (30) zwar beweglich ist, jedoch an der Kontur der Nabe (21) in axialer Richtung des Strömungskanals (20) nur geringes Spiel aufweist, wozu eine Kontaktierung zwischen Flansch (12) und Innenring (9) lediglich verzahnt ist, und

wobei die Lagerung der Leitschaufeln (30) in Richtung der Leitschaufelachsen (A) ebenfalls nachgiebig (4) ausgestaltet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Lagerung der Leitschaufeln (30) mittels jeweils einer in Richtung der Leitschaufelachsen (A) wirkenden Tellerfeder (4) nachgiebig (4) ausgestaltet ist, und dass der Schlitz (10) des Innenrings (9) so angeordnet ist, dass er zwischen zwei Leitschaufeln (30) positioniert ist und bei der Verstellbewegung der Leitschaufel (30) nicht überstrichen wird.

2. Abgasturboladerturbine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Innenkontur des ringförmigen Leitschaufelträgers (7), die Nabe (21), sowie die Kopf- und Fußprofile (31 und 32) der Leitschaufeln (30) zur Verbesserung der Dichtwirkung entsprechend kugelförmig ausgebildet sind.

3. Abgasturboladerturbine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schlitz (10) mittels eines Dichtblechs (11) bezüglich des Nabeninnenraums (22) abgedeckt ist.

Claims

1. An exhaust gas turbocharger turbine,
with a flow passage (20),
with a guide apparatus comprising a series of adjustable guide blades (30) in the flow passage (20),
wherein the flow passage (20) is delimited on the one hand by an inner hub (21) and on the other hand by an outer, annular guide blade carrier (7),
wherein the guide blades comprise a guide blade

leaf (1) with a root profile (31) and a head profile (32), a blade tenon (2), a guide blade turntable (3) and a guide blade axis (A), wherein the guide blades on the one hand in the region of their head profiles (32) are rotatably mounted in radial bearing bores of the annular guide blade carrier (7) and on the other hand seal the root profiles (31) of the guide blades against the hub (21), wherein the hub (21) is embodied with a resilient hub contour at least in the sealing region (23) of the root profiles (31) of the guide blades (30), which is embodied in the form of an inner ring (9) provided with a slot (10) fitted into the hub contour, which in the preloaded state supports itself against the root profile (31) of the guide blades (30), and which by means of a flange (12) is attached to the hub (21) so that it is moveable in the direction of the guide blade axis (A) of the guide blades (30) but on the contour of the hub (21) only has little play in the axial direction of the flow passage (20), for the purpose of which a contacting between flange (12) and inner ring (9) is merely serrated, and wherein the mounting of the guide blades (30) in the direction of the guide blade axes (A) is likewise configured resiliently (4),

characterized in that

the mounting of the guide blades (30) is configured resiliently (4) by means of a disc spring (4) acting in each case in the direction of the guide blade axes (A), and **in that**

the slot (10) of the inner ring (9) is arranged so that it is positioned between two guide blades (30) and is not swept during the adjusting movement of the guide blade (30).

2. The exhaust gas turbocharger turbine according to Claim 1, **characterized in that** the inner contour of the annular guide blade carrier (7), the hub (21), and the head and root profiles (31 and 32) of the guide blades (30) are formed suitably spherically for improving the sealing effect.
3. The exhaust gas turbocharger turbine according to Claim 1, **characterized in that** the slot (10) is covered regarding the hub interior space (22) by means of a sealing plate (11).

Revendications

1. Turbomachine axiale, comportant un canal d'écoulement (20), comportant une tuyère de guidage dans le canal d'écoulement (20) comprenant un étage d'aubes de guidage variables (30), dans laquelle le canal d'écoulement (20) est délimité d'une part par un moyeu intérieur (21) et d'autre part par un support d'aube de guidage annulaire extérieur

(7), dans laquelle les aubes de guidage comprennent une surface portante d'aube de guidage (1) avec un profilé de pied (31) et un profilé de tête (32), un point d'articulation d'aube (2), un plateau tournant d'aube de guidage (3) et un axe d'aube de guidage (A), dans laquelle les aubes de guidage sont d'un côté positionnées rotativement au niveau de leur profilé de tête (32) dans des alésages de palier radiaux du support d'aube de guidage annulaire (7) et d'un autre côté les profilés de pied (31) des aubes de guidage isolent de manière étanche contre le moyeu (21), dans laquelle le moyeu (21) est conçu au moins dans la zone d'étanchéité (23) du profilé de pied (31) des aubes de guidage (30) avec un contour de moyeu élastique, qui est conçu sous la forme d'une bague intérieure (9) pourvue d'une fente (10), adaptée au contour de moyen, laquelle s'appuie en l'état pré-contraint contre le profilé de pied (31) des aubes de guidage (30), et qui est fixée au moyen d'une bride (12) sur le moyeu (21), de sorte qu'elle soit mobile dans la direction de l'axe d'aube de guidage (A) des aubes de guidage (30), néanmoins présente sur le contour du moyeu (21) dans la direction axiale du canal d'écoulement (20) uniquement un jeu minime, moyennant quoi un contact entre la bride (12) et la bague intérieure (9) est exclusivement denté, et dans laquelle le positionnement des aubes de guidage (30) dans la direction des axes d'aubes de guidage (A) a également une configuration élastique (4),

caractérisée en ce que

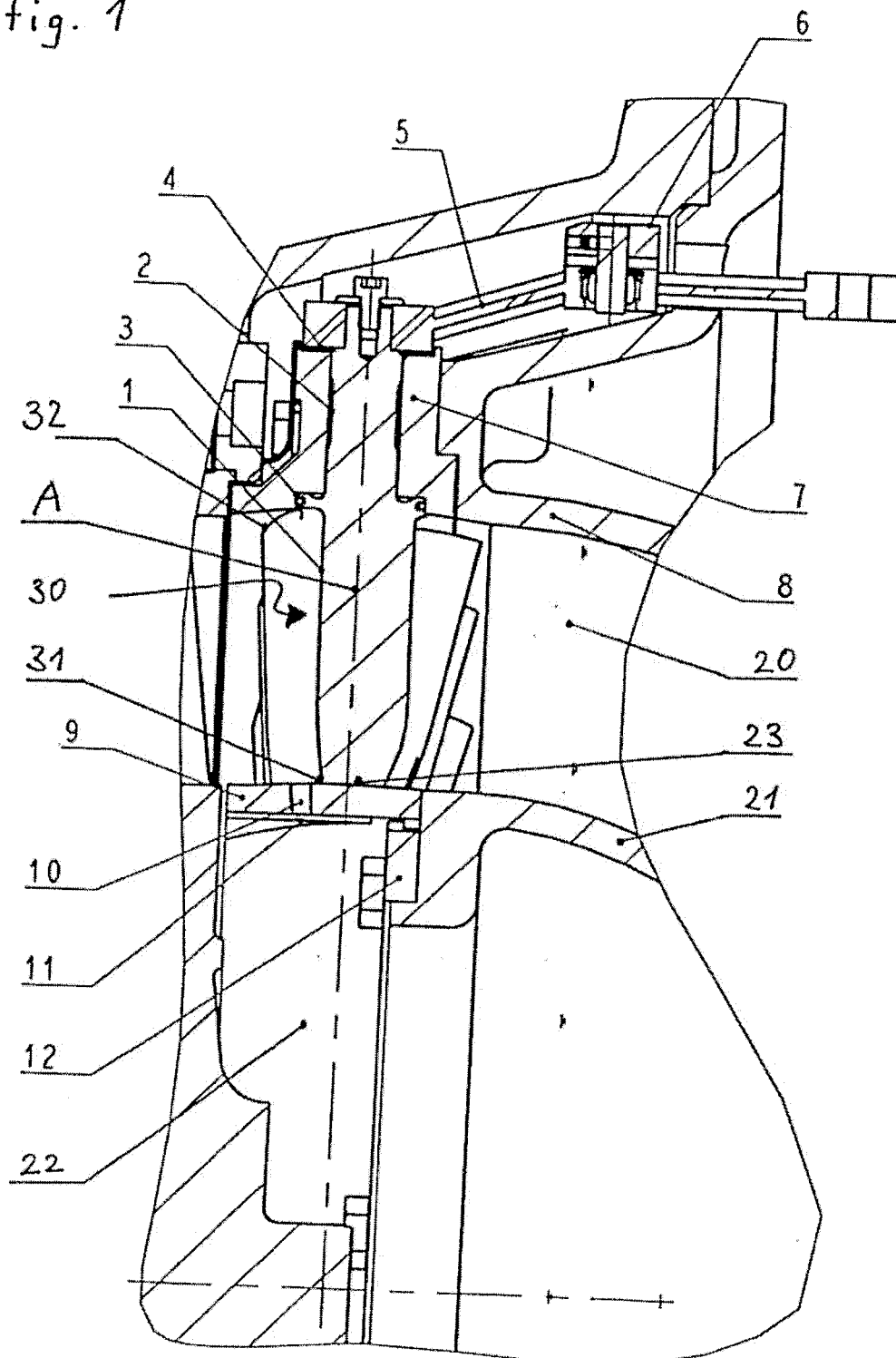
le positionnement des aubes de guidage (30) est configuré de manière élastique (4) au moyen respectivement d'une rondelle-ressort (4) agissant dans la direction des axes d'aubes directrices (A) et

en ce que

la fente (10) de la bague intérieure (9) est disposée de telle sorte qu'elle soit positionnée entre deux aubes de guidage (30) et ne sont pas balayées lors du mouvement de réglage de l'aube de guidage (30).

2. Turbomachine axiale selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le contour intérieur du support d'aube de guidage annulaire (7), le moyeu (21), ainsi que les profilés de tête et de pied (31 et 32) des aubes de guidage (30) sont conçus en forme de bille afin d'améliorer de manière correspondante l'effet d'étanchéité.
3. Turbomachine selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la fente (10) est recouverte au moyen d'une tôle d'étanchéité (11) par rapport à l'espace intérieur du moyeu (22).

Fig. 1



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 4218229 C1 [0005]
- DE 4213709 A1 [0006]
- DE 2740192 C2 [0008]
- DE 4237031 C1 [0008]
- US 2651496 A [0011]
- DE 4213716 A1 [0011]
- US 3999883 A [0011]
- GB 878988 A [0011]