(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 714 391 B1

(51) Int. Cl.: F01D 9/04 (2006.01)
B23P 13/00 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 01295/18

(22) Anmeldedatum: 22.10.2018

(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.05.2019

(30) Priorität: 22.11.2017
DE 10 2017 127 615.7

(24) Patent erteilt: 13.05.2022

(45) Patentschrift veröffentlicht: 13.05.2022

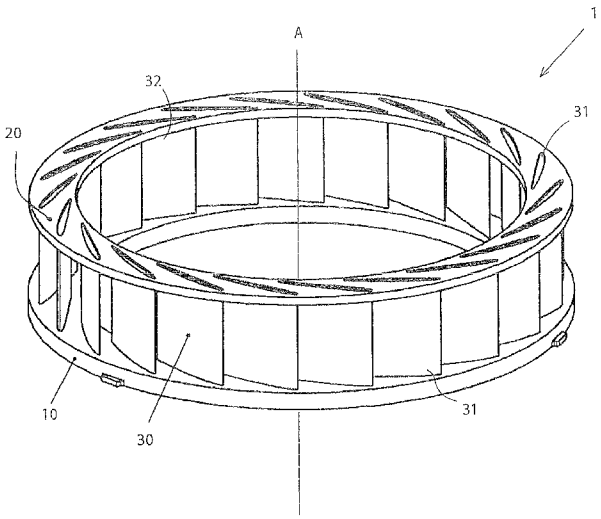
(73) Inhaber:
MAN Energy Solutions SE, Stadtbachstrasse 1
86153 Augsburg (DE)

(72) Erfinder:
Bernd Haas, 86356 Neusäss (DE)
Johannes Niebuhr, 86159 Augsburg (DE)
Harald Denkel, 86674 Baar (DE)

(74) Vertreter:
E. Blum & Co. AG Patent- und Markenanwälte VSP,
Vorderberg 11
8044 Zürich (CH)

(54) Turbinenleitapparat.

(57) Die Erfindung betrifft einen Turbinenleitapparat (1) für einen Radialturbolader, wobei der Turbinenleitapparat (1) mehrteilig aus einem ersten Ringscheibenelement (10) und einem zweiten Ringscheibenelement (20) und einer Vielzahl von Leitschaufeln (30), die zwischen dem ersten und zweiten Ringscheibenelement (10, 20) angeordnet sind, zusammengesetzt ist, wobei die Leitschaufeln (30) mit jedem Ringscheibenelement (10, 20) stoffschlüssig und/oder kraftschlüssig und/oder formschlüssig verbunden sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Turbinenleitapparat nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, insbesondere einen Turbinenleitapparat für einen Radialturbolader.

[0002] Das bevorzugte Anwendungsgebiet der vorliegenden Erfindung betrifft Radialturboverdichter bzw. Radialturbolader. Grundsätzlich ist die Anwendung der Erfindung auch für andere Verdichter oder für Turbinen denkbar, in einer Turbine strömen Fluide im Allgemeinen aus einer oder mehreren Kammern durch ein Übergangsstück und entlang eines bestimmungsgemäßen Fluidwegs. Eine Anzahl von Turbinenstufen kann typischerweise in einer Reihe entlang des Fluidwegs angeordnet sein, so dass die Fluide durch sogenannte Leitapparate und Schaufeln einer ersten Stufe und anschließend durch Leitapparate und Schaufeln folgender Stufen der Turbine strömen. Auf diese Weise können die Turbinenleitapparate die Fluide in Richtung auf die jeweiligen Schaufeln lenken, wodurch die Schaufeln zum Drehen veranlasst werden und z. B. einen Verbraucher, beispielsweise einen elektrischen Generator oder dergleichen, antreiben.

[0003] Bei den meisten der heute zum Einsatz kommenden Verdichter am Turbolader handelt es sich um Radialverdichter, bestehend aus einem Radialverdichterrad, dem Spiralgehäuse mit Rückwand und einem Diffusor. Die Luft wird durch die Drehung des Verdichterrades axial angesaugt und auf hohe Geschwindigkeiten beschleunigt. Die so beschleunigte Luft verlässt das Verdichterrad radial in Richtung Diffusor. Radialturboverdichter werden in der Regel dazu benutzt, ein Prozessfluid auf einen höheren Druck beziehungsweise eine höhere Dichte zu befördern. Das Prozessfluid ist hierbei regelmäßig kompressibel beschaffen, so dass eine Volumenkontraktion im Verdichtungsprozess stattfindet.

[0004] Da es aber abhängig von der Applikation erforderlich ist die Leitapparate entsprechend in ihrer Abmessung, Form und Ausgestaltung an die Applikation anzupassen, ergibt sich eine hohe Produktvarianz und Teilevielfalt. Aufgrund der benötigten Varianz in Schaufelhöhe und Schaufelprofil bei Turbinenleitapparaten sind demzufolge die Fertigungskosten von z. B. gegossenen oder aus dem Vollmaterial hergestellten oder gefrästen Leitapparaten aufgrund der vielen benötigten Gussmodelle bzw. des hohen Zerspanungsanteils sehr hoch.

[0005] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, vorbesagte Nachteile zu überwinden und einen Leitapparat vorzuschlagen, der trotz hoher Formvarianz kostengünstig herstellbar ist, einen hohen Wirkungsgrad ermöglicht und eine hohe Stabilität für den Betrieb aufweist.

[0006] Die Aufgabe wird gelöst durch einen Turbinenleitapparat mit den Merkmalen von Patentanspruch 1.

[0007] Im Zusammenhang mit der Erfindung beziehen sich Begriffe, wie axial, tangential, radial oder Umfangsrichtung stets auf eine Rotorachse der Radialturbofluidmaschine, wenn dies nicht anders angegeben ist.

[0008] Ein Grundgedanke der Erfindung besteht darin, dass der Turbinenleitapparat mehrteilig aus drei Baugruppen zusammengesetzt ist, nämlich einem ersten Ringscheibenelement und einem zweiten Ringscheibenelement und einer Vielzahl von Leitschaufeln, die zwischen dem ersten und zweiten Ringscheibenelement angeordnet sind.

[0009] Erfindungsgemäß wird daher ein Leitapparat, insbesondere ein Turbinenleitapparat für einen Radialturbolader vorgeschlagen, wobei der Turbinenleitapparat mehrteilig aus einem ersten Ringscheibenelement, einem zweiten Ringscheibenelement und einer Vielzahl von Leitschaufeln, die zwischen dem ersten und zweiten Ringscheibenelement angeordnet sind, zusammengesetzt ist und wobei die Enden der Leitschaufeln mit jedem Ringscheibenelement stoffschlüssig und/oder kraftschlüssig und/oder formschlüssig verbunden sind.

[0010] Somit erhält man einen „gedeckelten" Leitapparat. Ein Turbinenleitapparat mit gedeckelten Leitschaufeln ermöglicht zum einen einen höheren Wirkungsgrad, da Spaltverluste an den Blattspitzen vermieden werden und zum anderen werden negative Einflüsse von Verrundungsradien an den Schaufelfüßen vermieden. Weiterhin kann ein solcher Turbinenleitapparat durch die steifere Struktur und den höheren Widerstand beim Bersten des Turbinenrads mehr Energie abbauen als ein nicht „gedeckelter" oder gegossener Leitapparat und bietet somit eine zusätzliche Funktion als Berstschutz.

[0011] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Ringscheibenelemente aus einem anderen, vorzugsweise duktileren Material gebildet sind als das Material der Leitschaufeln. Durch das erfindungsgemäße Konzept besteht somit die Möglichkeit unterschiedliche Werkstoffe und deren Eigenschaften geeignet zu kombinieren (z. B. die Wahl eines duktilen Materials für die Ringscheibenelemente und Wahl eines widerstandsfähigen Materials für die Schaufeln, um Erosionen zu reduzieren).

[0012] Weiter vorteilhaft ist eine Ausgestaltung, bei der die Ringscheibenelemente entsprechend geformte Aussparungen zur Befestigung der Leitschaufeln aufweisen und die Leitschaufeln mit ihren jeweiligen Endabschnitten in die entsprechenden Aussparungen in den Ringscheibenelementen eingesteckt oder dort eingebracht werden können.

[0013] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die beiden Ringscheibenelemente in Parallelebenen zueinander ausgerichtet sind und sich die Leitschaufeln in paralleler Ausrichtung zwischen den beiden Ringscheibenelementen entlang ihrer Erstreckungsrichtung erstrecken. Auf diese Weise verläuft die Erstreckungsrichtung auch parallel zur Achse des Turbinenleitapparats.

[0014] Es ist weiter vorteilhaft, wenn die Form der jeweiligen Aussparung in dem Ringscheibenelement der Querschnittsform derjenigen Leitschaufel in demjenigen Bereich der Leitschaufel entspricht, der in diese Aussparung hineinragt. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Form von Aussparung und Leitschaufelende jeweils korrespondierend zueinander so

abgestimmt sind, dass beim Einstecken bzw. Montieren der Enden der Leitschaufeln in die Aussparungen ein Form- und Kraftschluss zwischen der jeweiligen Leitschaufel und dem jeweiligen Ringscheibenelement hergestellt wird. Alternativ oder ergänzend kann aber auch ein Verfahren zum Ausbilden eines Stoffschlusses gewählt werden.

[0015] In einer ebenfalls vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass alle Leitschaufeln die gleiche Form aufweisen, was sich weiter günstig auf die Montage- und Herstellkosten auswirkt.

[0016] Es hat sich ferner als besonders günstig erwiesen, wenn alle Leitschaufeln in Richtung ihrer Erstreckungsachse linear und somit ohne Krümmung in dieser Richtung verlaufen. Die Leitschaufeln können dann, aufgrund ihrer Form kostengünstig durch Stranggießen oder Fräsen aus Stangenmaterial hergestellt und je nach benötigter Schaufellänge abgelängt oder abgetrennt werden.

[0017] Es ist weiter mit Vorteil vorgesehen, dass jedes Ringscheibenelement im Wesentlichen über den gesamten Umfang eine gleichbleibende Dicke aufweist und ferner die Tiefe der jeweiligen Aussparungen in den Ringscheibenelementen zwischen 50 % und 100 % der Dicke des jeweiligen Ringscheibenelements beträgt. Bei einer Tiefe von 100% bedeutet dies, dass die Aussparungen entlang der gesamten Dicke als durchgehende Öffnung im Ringelement ausgebildet sind.

[0018] Weiter vorteilhaft ist es, wenn die Dicke der beiden Ringscheibenelemente unterschiedlich ist und die Dicke des ersten Ringscheibenelements vorzugsweise 175% - 225% der Dicke des zweiten Ringscheibenelements, weiter vorzugsweise in etwa die doppelte Dicke beträgt. In Kombination mit der oben genannten unterschiedlichen Materialauswahl kann man auf diese Weise die technischen Eigenschaften des Turbinenleitapparats optimieren.

[0019] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines wie zuvor beschriebenen Turbinenleitapparats mit den Schritten:

a. Bereitstellen eines ersten und zweiten Ringscheibenelements;

b. Bereitstellen einer Anzahl N von formgleichen Leitschaufeln;

c. Einbringen von jeweils N Aussparungen in jedes Ringscheibenelement korrespondierend zur Querschnittsform der Leitschaufeln in deren Endabschnitten an solchen Positionen, dass sich die Leitschaufeln mit ihrer Erstreckungsrichtung in Parallelausrichtung mit ihren Endabschnitten in die Aussparungen der jeweils in Parallelebenen angeordneten Ringscheibenelemente einstecken lassen;

d. Einbringen der Leitschaufeln mit ihrem jeweiligen ersten Endabschnitt in die Aussparungen im ersten Ringscheibenelement und

e. Einbringen der Leitschaufeln mit ihrem jeweiligen zweiten Endabschnitt in die Aussparungen im zweiten Ringscheibenelement sowie

f. Herstellen eines Formschlusses, Kraftschlusses und/oder Stoffschluss der Leitschaufeln mit den jeweiligen Ringscheibenelementen im Bereich der Aussparungen.

[0020] Das Verfahren lässt sich besonders vorteilhaft gestalten wenn die N formgleichen Leitschaufeln dabei aus einem sich linear erstreckenden Profil durch Abtrennen oder Ablängen des Profils in entsprechender Länge hergestellt werden. Alternativ wäre auch das Herstellen mittels Stranggießen denkbar.

[0021] Andere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen gekennzeichnet bzw. werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführung der Erfindung anhand der Figuren näher dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1	eine perspektivische Ansicht eines Ausführungsbeispiels eines Turbinenleitapparats;
Fig. 2	eine Aufsicht auf das erstes Ringscheibenelement des Turbinenleitapparats aus Figur 1,
Fig. 3	eine Schnittansicht entlang der Schnittlinie S1 - S1 in der Figur 2;
Fig. 4	eine Aufsicht auf das zweite Ringscheibenelement des Turbinenleitapparats aus Figur 1,
Fig. 5	eine Schnittansicht entlang der Schnittlinie S1 - S1 in der Figur 4 und
Fig. 6	eine Ansicht auf ein stirnseitiges Ende sowie daneben auf eine Seitenkante einer Leitschaufel.

[0022] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels mit Bezug auf die Figuren 1 bis 6 näher beschrieben, wobei gleiche Bezugszeichen auf gleiche strukturelle und/oder funktionale Merkmale hinweisen.

[0023] In der Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht eines Ausführungsbeispiels eines Turbinenleitapparats 1 gezeigt. Der Turbinenleitapparat 1 ist mehrteilig aus den folgenden Bauteilen zusammengesetzt: einem ersten Ringscheibenelement

10 (wie in der Figur 2 näher dargestellt), einem zweiten Ringscheibenelement 20 (wie in der Figur 4 näher dargestellt) und einer Vielzahl von Leitschaufeln 30, die in Bezug auf die Figur 6 näher beschrieben werden.

[0024] Die Leitschaufeln 30 sind zwischen dem ersten und zweiten Ringscheibenelement 10, 20 angeordnet, wobei die Leitschaufeln 30 mit jedem Ringscheibenelement 10, 20 in diesem Ausführungsbeispiel kraftschlüssig und formschlüssig verbunden sind, indem diese mit Formschluss in die taschenartigen Ausnehmungen 11 bzw. 21 in den beiden Ringscheibenelementen 20, 30 eingesteckt sind. Die Form der jeweiligen Aussparung 11, 21 der Querschnittsform der Leitschaufel 30 entspricht hierzu korrespondierend der Querschnittsform der jeweiligen Aussparung 11 bzw. 21 in dem Verbindungsbereich, der hier dem Endabschnitt 31 bzw. 32 der Leitschaufel 30 entspricht. In diesem Ausführungsbeispiel weisen alle Leitschaufeln 30 die gleiche Form auf.

[0025] Die Anordnung ist dergestalt, dass die beiden Ringscheibenelemente 10, 20 in Parallelebenen zueinander ausgerichtet sind und sich die Leitschaufeln 30 in paralleler Ausrichtung zwischen den beiden Ringscheibenelementen 10, 20 entlang ihrer Erstreckungsachse A erstrecken.

[0026] In den Figuren 2 und 4 sind die beiden Ringscheibenelemente 10, 20 näher dargestellt. Die beiden Ringscheibenelemente sind als geschlossene flache und runde Ringe ausgebildet, mit jeweils einer Oberseite 12 bzw. 22 und jeweils einer Unterseite 13 bzw. 23. Die Ringscheibenelemente weisen jeweils die Aussparungen 11 bzw. 21 zur Befestigung der Leitschaufeln 30 auf.

[0027] Jedes Ringscheibenelement 10, 20 weist eine Anzahl von 22 solcher Ausnehmungen 11 bzw. 21 auf, die sich über die gesamte Dicke der jeweiligen Ringscheibenelemente 10, 20 erstrecken, was in den Schnittansichten der Figuren 3 und 5 zu erkennen ist. An dieser Stelle sei erwähnt, dass die Anzahl der Ausnehmungen auch eine andere Anzahl als 22 haben kann. Das erste Ringscheibenelement 10 hat die doppelte Dicke im Vergleich zum zweiten Ringscheibenelement 20.

[0028] Die Leitschaufeln 30 weisen in dieser Ausführung alle die gleiche Form auf und sind mit ihren jeweiligen Endabschnitten 31, 32 in die entsprechenden Aussparungen 11, 21 in den Ringscheibenelementen 10, 20 eingebracht. Um den Wirkungsgrad oder das Schwingungsverhalten der Leitschaufeln zu beeinflussen ist es ebenfalls im Sinn der Erfindung vorgesehen, dass die Leitschaufeln unterschiedlich Formen und/oder Formgebungen aufweisen. Die Fig. 6 zeigt eine Ansicht auf ein stirnseitiges Ende eines Endabschnitts 31 sowie daneben eine Seitenansicht der Leitschaufel 30. Es ist gut zu erkennen, dass die Leitschaufel 30 in Richtung ihrer Erstreckungsachse A linear und somit ohne Krümmung in dieser Richtung verlaufen.

Patentansprüche

1. Turbinenleitapparat (1) für einen Radialturbolader, wobei der Turbinenleitapparat (1) mehrteilig aus einem ersten Ringscheibenelement (10) und einem zweiten Ringscheibenelement (20) und einer Vielzahl von Leitschaufeln (30), die zwischen dem ersten und zweiten Ringscheibenelement (10, 20) angeordnet sind, zusammengesetzt ist, wobei die Leitschaufeln (30) mit jedem Ringscheibenelement (10, 20) stoffschlüssig und/oder kraftschlüssig und/oder formschlüssig verbunden sind.
2. Turbinenleitapparat (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ringscheibenelemente (10, 20) aus einem anderen, vorzugsweise duktileren, Material gebildet sind, als das Material der Leitschaufeln (30).
3. Turbinenleitapparat (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Ringscheibenelemente (10, 20) in Parallelebenen zueinander ausgerichtet sind und sich die Leitschaufeln (30) in paralleler Ausrichtung zwischen den beiden Ringscheibenelemente (10, 20) entlang ihrer Erstreckungsrichtung (A) erstrecken.
4. Turbinenleitapparat (1) nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Ringscheibenelemente (10, 20) Aussparungen (11, 21) zur Befestigung der Leitschaufeln (30) aufweisen und die Leitschaufeln (30) mit ihren jeweiligen Endabschnitten (31, 32) in die entsprechenden Aussparungen (11, 21) in den Ringscheibenelementen (10, 20) angebracht sind.
5. Turbinenleitapparat (1) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Form der jeweiligen Aussparung (11, 21) der Querschnittsform derjenigen Leitschaufel (30) in demjenigen Bereich der Leitschaufel (30) entspricht, der in die entsprechende Aussparung (11, 21) hineinragt.
6. Turbinenleitapparat (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Ringscheibenelement (10, 20) im Wesentlichen über den gesamten Umfang eine gleichbleibende Dicke aufweist und die Tiefe der jeweiligen Aussparungen (11, 21) in den Ringscheibenelementen (10, 20) zwischen 50 % und 100 % der Dicke des jeweiligen Ringscheibenelements (10, 20) beträgt.
7. Turbinenleitapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass alle Leitschaufeln (30) die gleiche Form aufweisen.
8. Turbinenleitapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass alle Leitschaufeln (30) in Richtung ihrer Erstreckungsachse (A) linear und somit ohne Krümmung in dieser Richtung verlaufen.

9. Turbinenleitapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der Ringscheibenelemente (10, 20) unterschiedlich ist und die Dicke des ersten Ringscheibenelements (10) vorzugsweise 175% - 225% der Dicke des zweiten Ringscheibenelements (20) beträgt.

10. Verfahren zum Herstellen eines Turbinenleitapparats (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 mit den Schritten:
a. Bereitstellen eines ersten und zweiten Ringscheibenelements (10, 20);
b. Bereitstellen einer Anzahl N von formgleichen Leitschaufeln (30);
c. Einbringen von jeweils N Aussparungen (11, 21) in jedes Ringscheibenelement (10, 20) korrespondierend zur Querschnittsform der Leitschaufeln (30) in deren Endabschnitten (31, 32) an solchen Positionen, dass sich die Leitschaufeln mit ihrer Erstreckungsrichtung (A) in Parallelausrichtung mit ihren Endabschnitten (31, 32) in die Aussparungen (11, 21) der jeweils in Parallelebenen angeordneten Ringscheibenelemente (10, 20) einstecken lassen;
d. Einbringen der Leitschaufeln (30) mit ihrem jeweiligen ersten Endabschnitt (31) in die Aussparungen (11) im ersten Ringscheibenelement (10) und
e. Einbringen der Leitschaufeln (30) mit ihrem jeweiligen zweiten Endabschnitt (32) in die Aussparungen (21) im zweiten Ringscheibenelement (20) sowie
f. Herstellen eines Formschlusses, Kraftschlusses und/oder Stoffschluss der Leitschaufeln (30) mit den jeweiligen Ringscheibenelementen (10, 20) im Bereich der Aussparungen (11, 21).

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die N formgleichen Leitschaufeln (30) aus einem sich linear erstreckenden Profil, durch Abtrennen oder Ablängen des Profils in entsprechender Länge hergestellt werden.

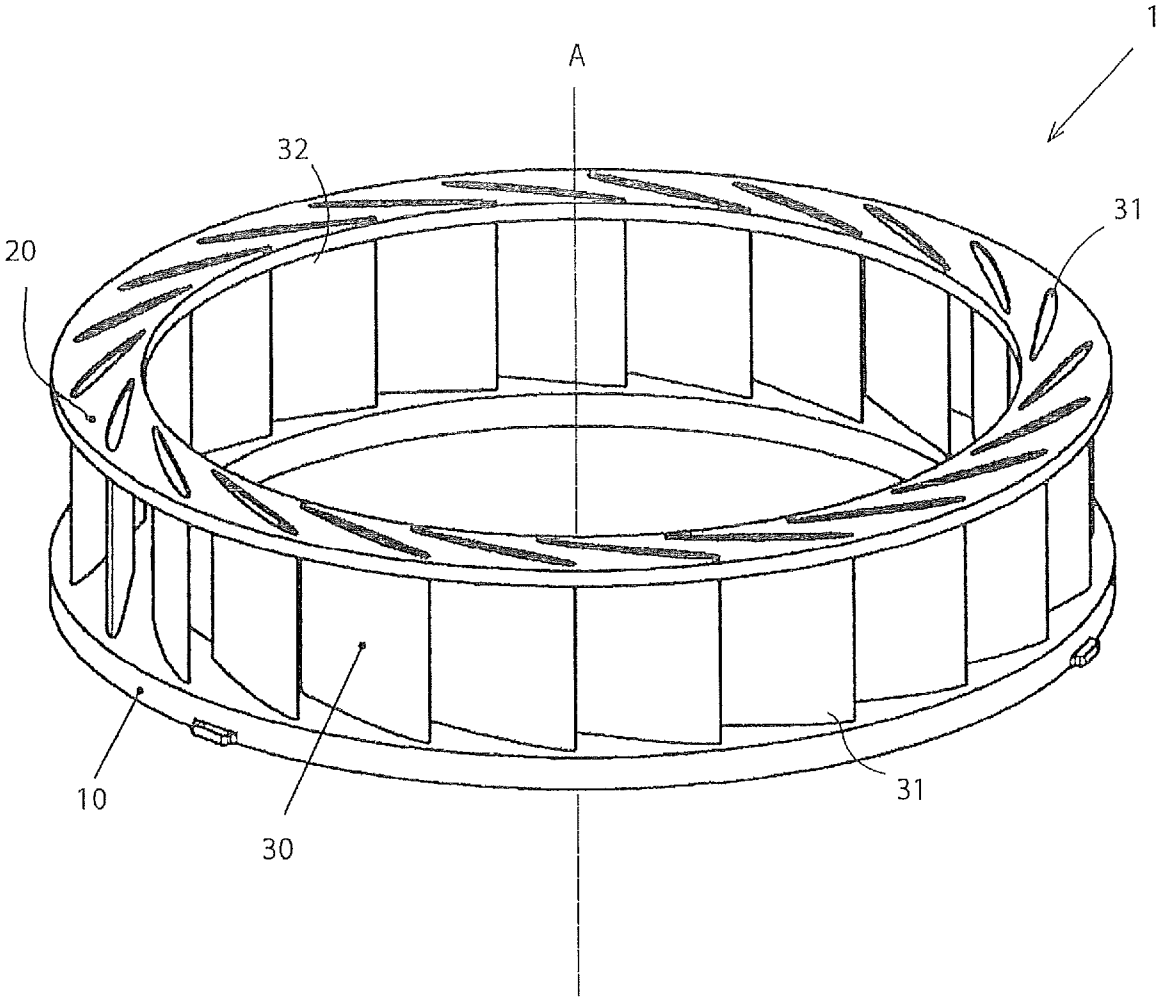


Fig. 1

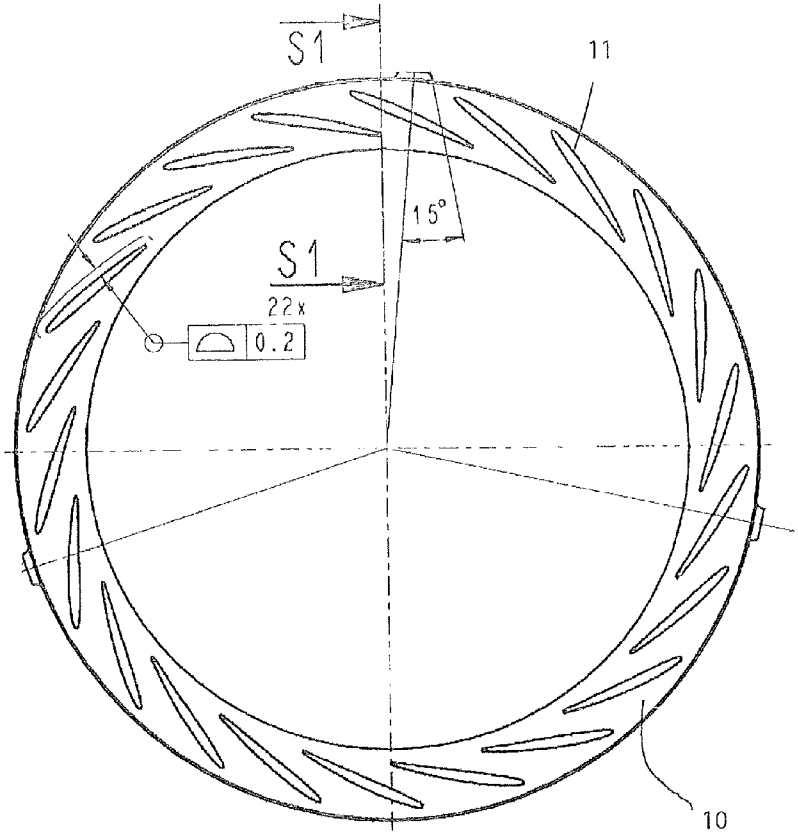


Fig. 2

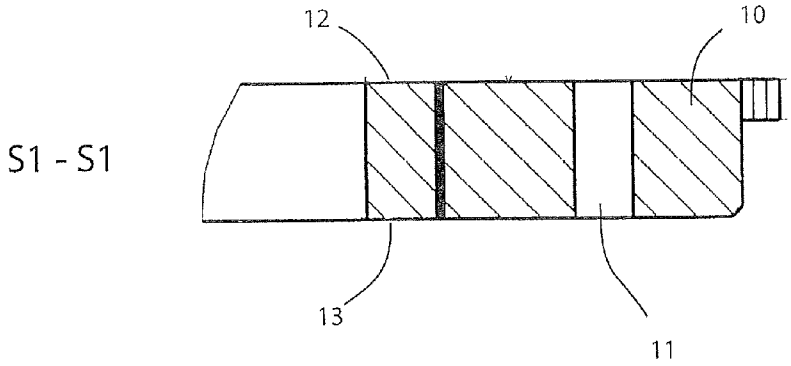


Fig. 3

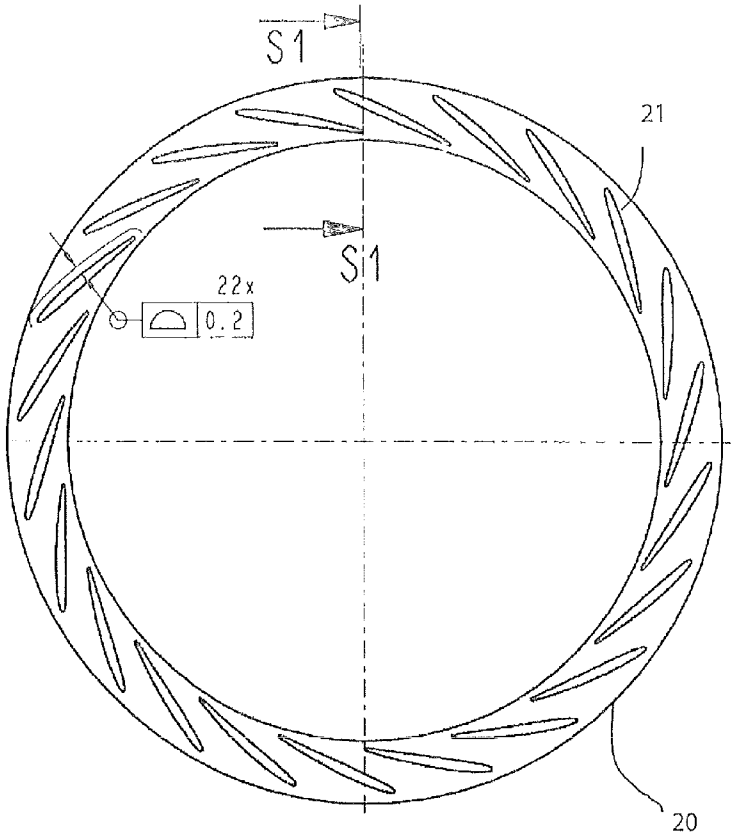


Fig. 4

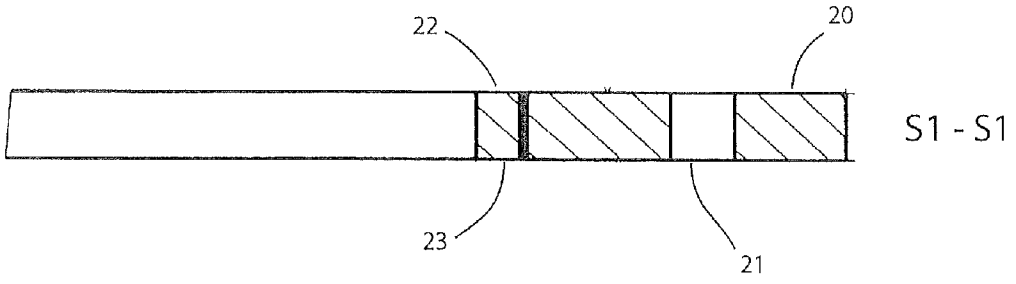


Fig. 5

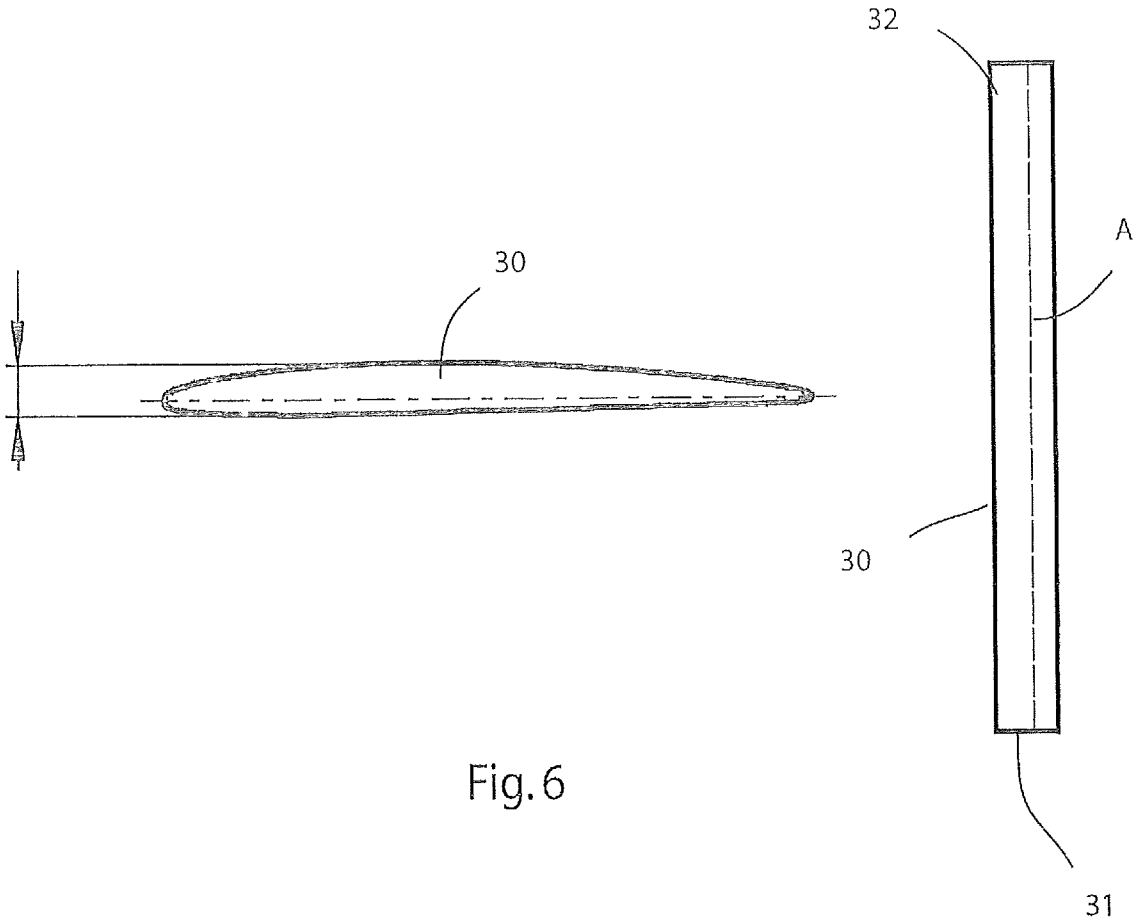


Fig. 6