



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 591 624 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.11.2005 Patentblatt 2005/44

(51) Int Cl.7: **F01D 5/14, F01D 5/20,**
F01D 11/08

(21) Anmeldenummer: **04010000.0**

(22) Anmeldetag: **27.04.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL HR LT LV MK

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
80333 München (DE)

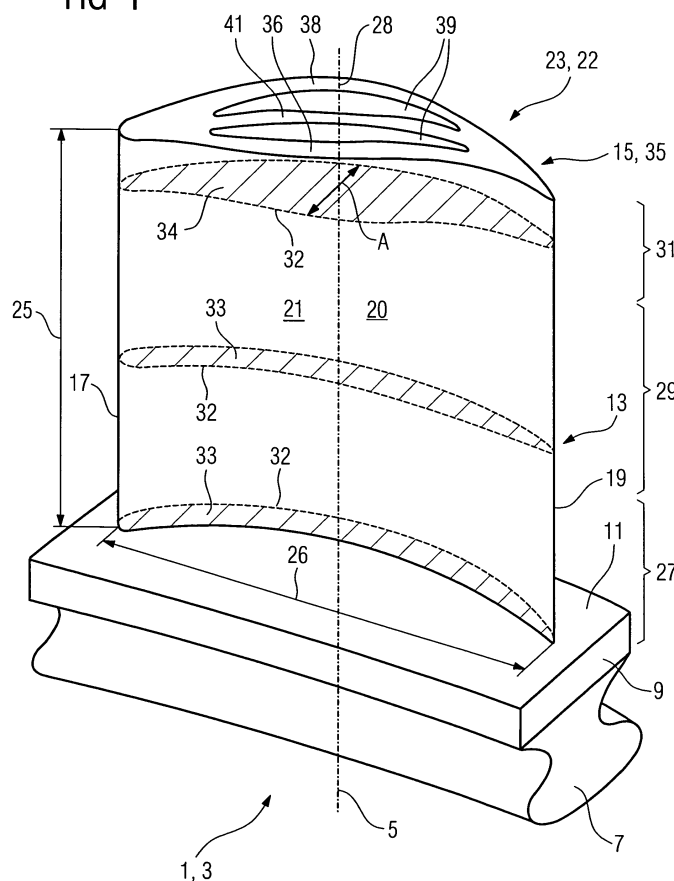
(72) Erfinder: **Mönig, Reinhard, Prof. Dr.**
47877 Willich (DE)

(54) **Verdichterschaukel und verdichter**

(57) Die Erfindung betrifft eine Verdichterschaukel (1) mit einem Schaukelfuß (7), einer Plattform (9) und einem freitragenden Schaukelprofil (13) mit einer Profilschulter (15), die entlang einer Schaukelachse (5) aufeinander folgend angeordnet sind, wobei das Schaukelprofil (13) eine gekrümmte Saugseitenfläche (23) sowie eine der Saugseitenfläche (23) gegenüberliegende gekrümmte Druckseitenfläche (21) aufweist, wobei das Schaukelprofil (13) in Richtung der Schaukel-

achse (5) kontinuierlich ineinander übergehende plattformnahe, mittlere und spitzennahe Profilbereiche (27, 29, 31) aufweist. Um eine Verdichterschaukel (1) anzugeben, die bezüglich des Wirkungsgrades besonders gute Eigenschaften aufweist, wird vorgeschlagen, dass im Längsschnitt durch die Verdichterschaukel (1) der Abstand (A) der Druckseitenfläche (21) zur Saugseitenfläche (23) in den spitzennahen Profilbereichen (31) sich jeweils in Richtung der Profilschulter (15) vergrößert.

FIG 1



EP 1 591 624 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Verdichterschaukel mit einem Schaukelfuß, einer Plattform und einem freistehenden Schaukelprofil mit einer Profilschpize, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und einen Verdichter gemäß Anspruch 6.

[0002] Freistehende Leitschaukeln und Laufschaufeln eines Axialverdichters sind bekannt. Die Verdichterschaukeln sind in Kränzen im Verdichter angeordnet und weisen jeweils ein Schaukelprofil auf, welches im Strömungskanal des Verdichters angeordnet ist. Darüber hinaus weist jedes freie Ende des Schaukelprofils eine Profilschpize auf, an deren Stirnseite eine Dichtlippe angeformt ist, welche sich von einer Anströmkanle zu einer Abströmkanle des Schaukelprofils erstreckt. Die Dichtlippe dient zur Verkleinerung eines Radialspaltes, welcher zwischen der Profilschpize der Verdichterschaukel und einem dieser Profilschpize gegenüberliegenden Bauteil gebildet ist und durch den eine verlustbehaftete Leckage des Strömungsmediums des Verdichters stattfindet. Bei einer Laufschaufel ist der Radialspalt zwischen der Profilschpize und dem Innengehäuse des Verdichters, z.B. einem Führungsring, gebildet, welcher den Strömungskanal radial außen begrenzt. Dagegen ist der Rotor das Bauteil, welches der Profilschpize einer Leitschaukel gegenüberliegt und welches den Radialspalt und damit radial innen den Strömungskanal begrenzt.

[0003] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Verdichterschaukel anzugeben, welche die Spitzenspaltverluste im Strömungsmedium reduziert und somit zu einer Wirkungsgradsteigerung des Verdichters führt. Weitere Aufgabe der Erfindung ist die Angabe eines entsprechend verbesserten Verdichters.

[0004] Die erstgenannte Aufgabe wird durch eine Verdichterschaukel gemäß Anspruch 1 und die auf den Verdichter gerichtete Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 5 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0005] Die Lösung der erstgenannten Aufgabe schlägt vor, dass im Längsschnitt durch die Verdichterschaukel der Abstand der Druckseitenfläche zur Saugseitenfläche der spitznahen Profilbereiche sich in Richtung der Profilschpize vergrößert.

[0006] Mit der Erfindung wird ein sich in Richtung der Profilschpize zwischen Saugseitenfläche und Druckseitenfläche aufweitendes Schaukelprofil vorgeschlagen. Dies bedingt stumpfe Winkel zwischen der Druckseitenfläche bzw. der Saugseitenfläche und einer im wesentlichen senkrecht zur Schaukelachse stehenden Oberfläche einer Strömungskanalbegrenzung. Die Strömungskanalbegrenzung kann durch einen Führungsring oder eine Umfangsfläche eines Rotors gebildet sein.

[0007] Durch die Aufweitung wird beim Betrieb des Verdichters eine radiale Komponente der Strömung des Strömungsmediums erzeugt, welche diese Strömung vom Radialspalt wegbewegt. Hierdurch wird die verlust-

behaftete Leckage der Strömung über die Profilschpize reduziert.

[0008] Die im Gegensatz zu den Seitenflächen der mittleren und plattformnahen Profilbereiche geneigten Seitenflächen der spitznahen Profilbereiche führen ferner dazu, dass eine Strömungsablösung im Bereich der Schaukelhinterkanle im spitznahen Profilbereich reduziert wird, was folglich zu einer aerodynamischen Verbesserung und somit zu reduzierten Strömungsverlusten führt.

[0009] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Profilschpize eine Stirnfläche auf, in der zumindest eine zwischen Schaukelvorderkanle und Schaukelhinterkanle langgestreckte Ausnehmung vorgesehen ist. Damit bilden die Schaukelseitenwände, welche die Seitenflächen formen, an der Profilschpize Dichtlippen, welche die Leckageströmung über die Profilschpize reduzieren. Ferner bewirkt die nicht völlig vermeidbare Leckageströmung in der Ausnehmung eine Verwirbelung, die nach Art einer Labyrinthdichtung eine Dichtwirkung hervorruft und somit die Leckageströmung auf ein geringeres Maß begrenzt.

[0010] Besonders vorteilhaft ist die Ausgestaltung, bei der mindestens zwei annähernd parallel verlaufende Ausnehmungen an der Stirnfläche vorgesehen sind, zwischen denen sich mindestens eine Trennwand erstreckt. Hierdurch wird erreicht, dass die zusätzlichen Trennwände als weitere Dichtlippe eine weitere Reduzierung der Spaltströmung und damit auch der Spaltverluste bewirken. Ferner entstehen in jeder Ausnehmung Verwirbelungen, die den Leckagestrom begrenzen. Darüber hinaus kann auf Grund der vergleichsweise dünn ausgeführten Profilschpize ein leichtes radiales Anstreifen an den gegenüberliegenden Bauteilen toleriert werden.

[0011] In einer weiteren Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass das Schaukelprofil eine Profilhöhe in Richtung der Schaukelachse zwischen der Plattformoberfläche und der Profilschpize aufweist, und dass die spitznahen Profilbereiche von der Plattform in einem Abstand von mindestens 85% der Profilhöhe beabstandet sind. Somit erfolgt die Aufweitung lediglich im äußersten Bereich der Profilschpize.

[0012] Die vorliegende Erfindung eignet sich sowohl für als Laufschaufel als auch für Leitschaukel ausgebildete Verdichterschaukeln.

[0013] Ein erfindungsgemäßer Verdichter weist Verdichterschaukeln nach einem der Ansprüche 1 bis 4 auf.

[0014] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Darstellung einer Verdichterschaukel als Laufschaufel,

Fig. 2 eine Profilschpize einer Laufschaufel und eine der Profilschpize gegenüberliegende Gehäusinnenwand im Längsschnitt und

Fig. 3 eine Profilspitze einer Leitschaufel und einen der Profilspitze gegenüberliegenden Rotorabschnitt im Längsschnitt.

[0015] Verdichter und deren Arbeitsweisen sind allgemein bekannt.

Fig. 1 zeigt eine Verdichterschaufel 1 als Laufschaufel 3. Die Laufschaufel 3 weist eine Schaufelachse 5 auf, die der Radialrichtung eines Rotors 6 bzw. einer Rotorwelle des Verdichters entspricht (nicht gezeigt). Entlang der Schaufelachse 5 folgt dem Schaufelfuß 7 die Plattform 9. An der Oberfläche 11 der Plattform 9 ist ein Schaufelprofil 13 angeordnet, welches an seinem der Plattform 9 abgewandten Ende eine Profilspitze 15 aufweist.

[0016] Das Schaufelprofil 13 umfasst eine Schaufelvorderkante 17 und eine Schaufelhinterkante 19, zwischen denen sich eine druckseitige Schaufelseitenwand 20 und eine der druckseitigen Schaufelseitenwand 20 gegenüberliegende saugseitige Schaufelseitenwand 22 erstreckt. Die dem Strömungsmedium ausgesetzten Oberflächen der Schaufelseitenwände 20, 22 bilden eine Druckseitenfläche 21 und eine Saugseitenfläche 23.

[0017] Ferner weist das Schaufelprofil 13 entlang der Schaufelachse 5 eine Profilhöhe 25 auf, die sich zwischen der Oberfläche 11 der Plattform 9 und der Profilspitze 15 erstreckt. Entlang der Schaufelachse 5 geht das Schaufelprofil 13 von plattformnahen Profilbereichen 27 über mittlere Profilbereiche 29 in spitznahe Profilbereiche 31 kontinuierlich ineinander über.

[0018] Der Abstand der Schaufelvorderkante 17 zur Schaufelhinterkante 19 ist als Schaufelbreite 26 gezeigt.

[0019] Die Schnittlinien 32 der Saugseitenfläche 23 und der Druckseitenfläche 21 mit einer senkrecht zur Schaufelachse 5 stehenden gedachten Ebene umschließen einen Profilquerschnitt 33, welcher im mittleren Profilbereich 29 und im plattformnahen Profilbereich 27 in einer gestrichelten Linienart gezeigt ist. Die Profilquerschnitte 33 sind dabei für den mittleren und für den plattformnahen Profilbereich 27, 29 annähernd identisch in Form, Größe und Krümmung.

[0020] Im spitznahen Profilbereich 31, welcher mindestens in einem Abstand von 85% der Profilhöhe 25 von der Oberfläche 11 der Plattform 9 beabstandet ist, vergrößert sich der Profilquerschnitt im Vergleich zu den der mittleren und plattformnahen Profilbereiche. Mit zunehmender Höhe der zur Schaufelachse 5 senkrecht stehenden gedachten Ebene von der Oberfläche 11 der Plattform 9 vergrößert sich der Abstand A der Schnittlinien 32, welche die gedachte Ebene mit der Druckseitenfläche 21 und der Saugseitenfläche 23 bildet, so dass eine Aufweitung des Profilquerschnitts 34 im spitznahen Profilbereich 31 vorliegt. Hierdurch weist die Profilspitze 15 einen Profilquerschnitt 35 auf, der gegenüber den Profilquerschnitten 33, 34 vergrößert ist.

[0021] Das Schaufelprofil 13 weist im spitznahen Pro-

filbereich 31 im Bereich der Schaufelvorderkante 17 eine lediglich geringe Aufweitung auf, die sich in Strömungsrichtung des Strömungsmediums bis zu einer Mitte 28 der Schaufelbreite 26 vergrößert und im weiteren Verlauf zur Schaufelhinterkante 19 wieder abnimmt.

[0022] In der Stirnseite 37 der Profilspitze 15, welche auch als Anstreifkante bezeichnet wird, sind im Bereich der Mitte 28 der Schaufelbreite 26 zwei langgestreckte Ausnehmungen 39 vorgesehen, welche durch eine dazwischen liegende Trennwand 41 voneinander getrennt sind.

[0023] Fig. 2 zeigt teilweise eine an einem Rotor angeordnete Laufschaufel 3 eines Verdichters mit einer Gehäuseinnenwand 43 in einem Längsschnitt. Die Laufschaufel 3 ist lediglich mit ihrem mittleren Profilbereich 29 und dem spitznahen Profilbereich 31 dargestellt. Die Druckseitenfläche 21 und die Saugseitenfläche 23 weiten das Schaufelprofil 13 in Richtung der Profilspitze 15 auf. An der Stirnseite 37 der Laufschaufeln 3 sind zwei Ausnehmungen 39 vorgesehen, welche durch eine Trennwand 41 voneinander getrennt sind. Der Stirnseite 37 gegenüberliegend ist die Gehäuseinnenwand 43 angeordnet, welche den Strömungskanal 10 des Verdichters nach außen begrenzt und zwischen denen ein Radialspalt 45 gebildet ist.

[0024] Im Längsschnitt betrachtet, welcher quer zur Strömungsrichtung eines Strömungsmediums verläuft, gabelt sich im spitznahen Profilbereich 31 in Richtung der Profilspitze 15 das Schaufelprofil 13 in eine druckseitige Dichtlippe 36 und eine saugseitige Dichtlippe 38 auf.

[0025] Ferner schließt die Druckseitenfläche 21 im spitznahen Profilbereich 31 mit der Gehäuseinnenwand 43 einen stumpfen Winkel α und die Saugseitenfläche 23 im spitznahen Profilbereich 31 mit der Gehäuseinnenwand 43 einen stumpfen Winkel β ein.

[0026] Während des Betriebes des Verdichters strömt das Strömungsmedium die Schaufelvorderkante 17 in Richtung der Schaufelhinterkante 19 an. Dabei stellt sich im Bereich der Druckseitenfläche 21 ein höherer Druck im Strömungsmedium ein als im Bereich der Saugseitenfläche 23, welche Druckverhältnisse durch Plus und Minus in Fig. 2 dargestellt sind. Durch die unterschiedlichen Drücke wird eine Leckageströmung 47 hervorgerufen, die durch den Radialspalt 45 strömt.

[0027] Mit den Dichtlippen 36, 38 und der Trennwand 41 als dritte Dichtlippe kann im Bereich des Radialspaltes 45 des Verdichters eine bessere Abdichtung erreicht werden, was zu einer Reduzierung der Strömungsverluste und zu einer Wirkungsgradsteigerung des Verdichters führt.

[0028] Durch die Leckageströmung 47 entstehen in den Ausnehmungen 39 Verwirbelungen, welche die Strömungsgeschwindigkeit der Leckageströmung 47 begrenzen und somit die Leckage reduzieren.

[0029] Der rotierende Rotor bewegt die Laufschaufel 3 in Richtung R, so dass im spitznahen Profilbereich 31 durch die schräg geneigte Druckseitenfläche 21 eine ra-

dial wirkende Komponente 49 das zu verdichtende Strömungsmedium von dem Radialspalt 45 weggedrückt wird. Hierdurch wird die Leckageströmung 47 weiter vermindert.

[0030] Durch die stumpfen Winkel α , β erfolgt eine aerodynamische Verbesserung der Verdichterschaukel 1, so dass die Strömung im Bereich der Schaukelhinterkante 19 im spitznahen Profilbereich 31 weniger zur Ablösung bzw. zum Abreißen neigt.

[0031] Fig. 3 zeigt wie Fig. 2 eine Verdichterschaukel 1 mit einer gegenüberliegenden radialen Strömungsbegrenzung. Anstelle der Laufschaufel 3 aus Fig. 2 ist in diesem Fall eine Leitschaufel 4 und anstelle der Gehäuseinnenwand 43 teilweise der Rotor 6 mit seiner Umfangsfläche 8 gezeigt.

[0032] Beim Betrieb des Verdichters rotiert der Rotor 6 in der Drehrichtung R unter der Stirnseite 37 der feststehenden Leitschaufel 4 hinweg. Durch die beiderseits der Leitschaufel 4 unterschiedlichen Drücke im Strömungsmedium, welche durch Plus und Minus dargestellt sind, wird eine Leckageströmung 47 hervorgerufen, welche durch die in den Ausnehmungen 39 entstehenden Verwirbelungen auf ein Mindestmaß begrenzt wird.

[0033] Ferner wird durch die Aufweitung des Schaukelprofils 13 im spitznahen Profilbereich 31 eine radiale Komponente 49 in dem das Schaukelprofil 13 umströmenden Strömungsmedium erzeugt, so dass dieses vom Radialspalt 45 weggeführt wird und sich die Leckageströmung 47 weiter reduziert. Die radiale Komponente 4 ist im Bereich der Druckseitenfläche 21 dabei stärker ausgeprägt als auf der Saugseitenfläche 23.

[0034] Alternativ dazu kann eine Verdichterschaukel 1 im spitznahen Profilbereich 31 auch derart ausgebildet sein, dass lediglich an der Druckseite (oder an der Saugseite) die entsprechende Seitenfläche 21 (23) eine Aufweitung des Schaukelprofils 13 bedingt, so dass die gegenüberliegende Saugseitenfläche 23 (oder die Druckseitenfläche 21) in einem senkrechten Winkel auf die den Strömungskanal 10 begrenzende Oberfläche trifft.

[0035] Selbstverständlich ist die Verdichterschaukel 1 und der Verdichter für den Einsatz in einer Gasturbine geeignet. Ferner kann die Erfindung auch auf freistehende Schaukeln einer Turbine angewendet werden.

wobei das Schaukelprofil (13) in Richtung der Schaukelachse (5) kontinuierlich ineinander übergehende plattformnahe, mittlere und spitzennahe Profilbereiche (27, 29, 31) aufweist

dadurch gekennzeichnet,

dass im Längsschnitt durch die Verdichterschaukel (1) der Abstand (A) der Druckseitenfläche (21) zur Saugseitenfläche (23) in den spitznahen Profilbereichen (31) sich jeweils in Richtung der Profilschulter (15) vergrößert.

2. Verdichterschaukel (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Profilschulter (15) eine Stirnfläche (37) aufweist, in der zumindest eine langgestreckte Ausnehmung (39) vorgesehen ist.
3. Verdichterschaukel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** mindestens zwei annähernd parallel verlaufende Ausnehmungen (39) an der Stirnfläche (37) vorgesehen sind, zwischen denen sich eine oder mehrere Trennwände (41) erstreckt.
4. Verdichterschaukel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** das Schaukelprofil (13) eine Profilhöhe (25) in Richtung der Schaukelachse (5) zwischen der Plattform (9) und der Profilschulter (15) aufweist und **dass** die spitznahen Profilbereiche (31) von der Plattformoberfläche (11) in einem Abstand von mindestens 85% der Profilhöhe beabstandet sind.
5. Verdichter mit mindestens einer Verdichterschaukel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4.

Patentansprüche

1. Verdichterschaukel (1) mit einem Schaukelfuß (7), einer Plattform (9) und einem freistehenden Schaukelprofil (13) mit einer Profilschulter (15), die entlang einer Schaukelachse (5) aufeinander folgend angeordnet sind, wobei das Schaukelprofil (13) eine gekrümmte Saugseitenfläche (23) sowie eine der Saugseitenfläche (23) gegenüberliegende gekrümmte Druckseitenfläche (21) aufweist,

FIG 1

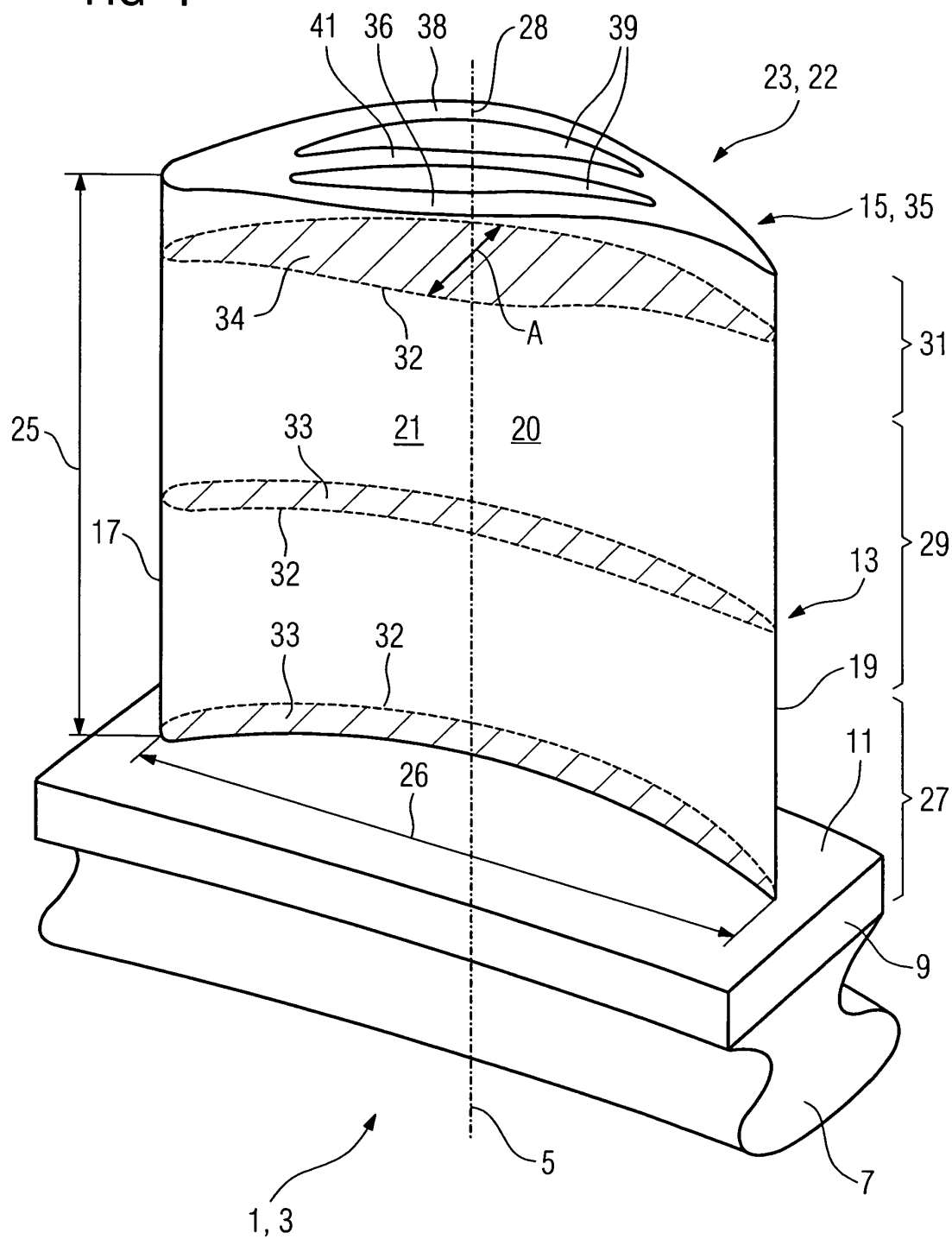


FIG 2

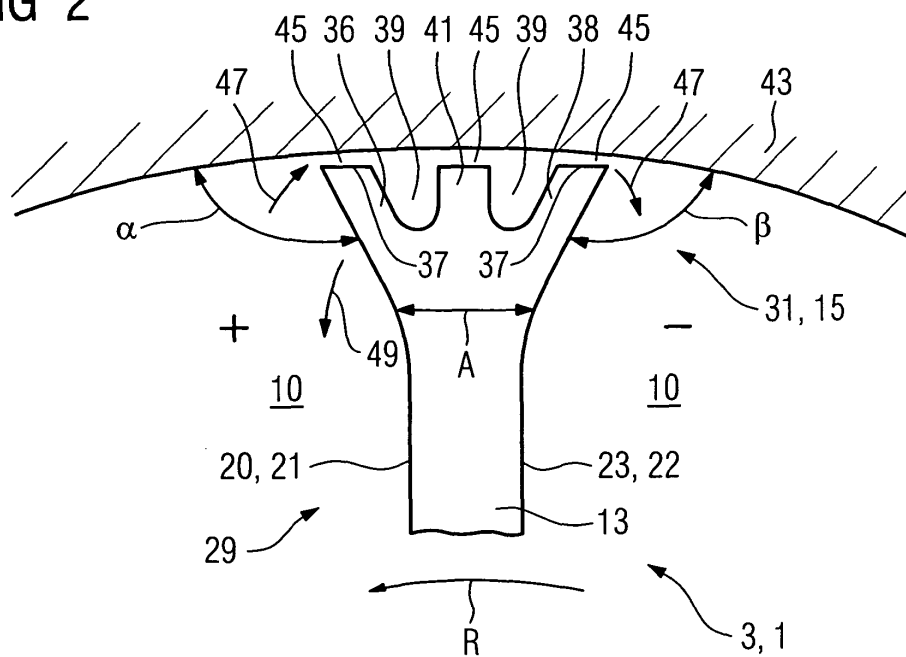
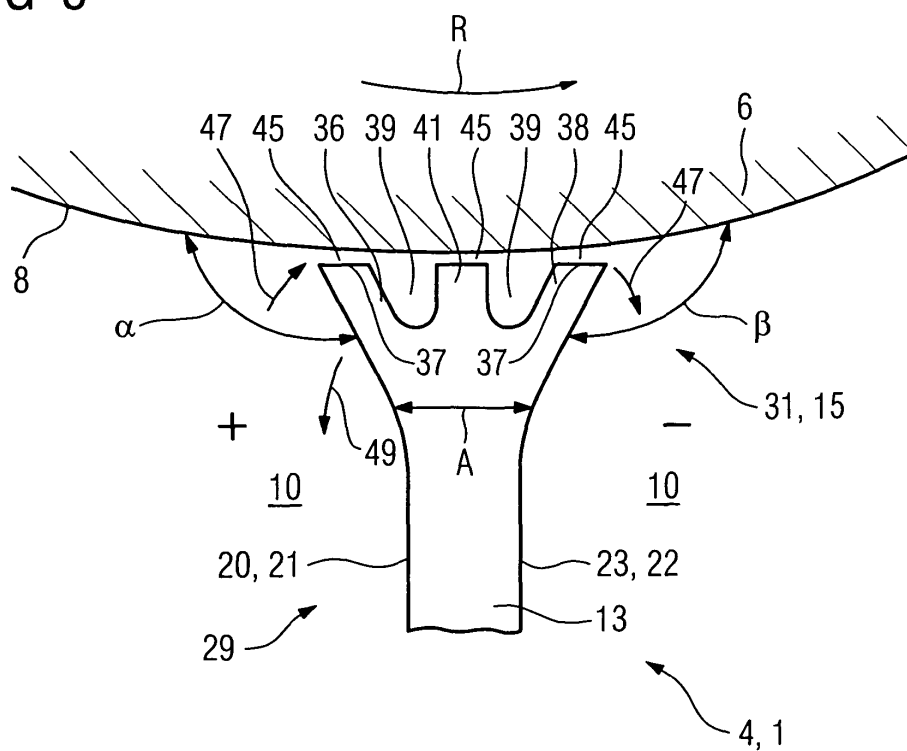


FIG 3





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 01 0000

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1999, Nr. 02, 26. Februar 1999 (1999-02-26) -& JP 10 306702 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 17. November 1998 (1998-11-17) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 *	1-5	F01D5/14 F01D5/20 F01D11/08
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 0100, Nr. 29 (M-451), 5. Februar 1986 (1986-02-05) -& JP 60 184905 A (MITSUBISHI JUKOGYO KK), 20. September 1985 (1985-09-20) * Zusammenfassung; Abbildungen 6,7 *	1,4,5	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2002, Nr. 06, 4. Juni 2002 (2002-06-04) -& JP 2002 048095 A (HITACHI LTD), 15. Februar 2002 (2002-02-15) * Zusammenfassung; Abbildungen 4-6 *	1,4,5	
Y		2,3	
Y	EP 1 059 419 A (GEN ELECTRIC) 13. Dezember 2000 (2000-12-13) * Abbildung 2 *	2,3	
X	EP 1 225 303 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 24. Juli 2002 (2002-07-24) * Abbildung 4 *	1,4,5	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 22. September 2004	Prüfer Angelucci, S
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 04 01 0000

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.

22-09-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 10306702 A	17-11-1998	KEINE	
JP 60184905 A	20-09-1985	KEINE	
JP 2002048095 A	15-02-2002	KEINE	
EP 1059419 A	13-12-2000	US 6224336 B1	01-05-2001
		EP 1059419 A1	13-12-2000
		JP 2001098904 A	10-04-2001
EP 1225303 A	24-07-2002	JP 2002213206 A	31-07-2002
		CA 2367711 A1	12-07-2002
		EP 1225303 A2	24-07-2002
		US 2002094270 A1	18-07-2002

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82