

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 724 442 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
22.11.2006 Patentblatt 2006/47

(51) Int Cl.:
F01D 5/32 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05010793.7**

(22) Anmeldetag: **18.05.2005**

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

(72) Erfinder:
• **Walkenhorst, Jan, Dr.**
45479 Mülheim an der Ruhr (DE)
• **de Lazzer, Armin, Dr.**
45479 Mülheim an der Ruhr (DE)

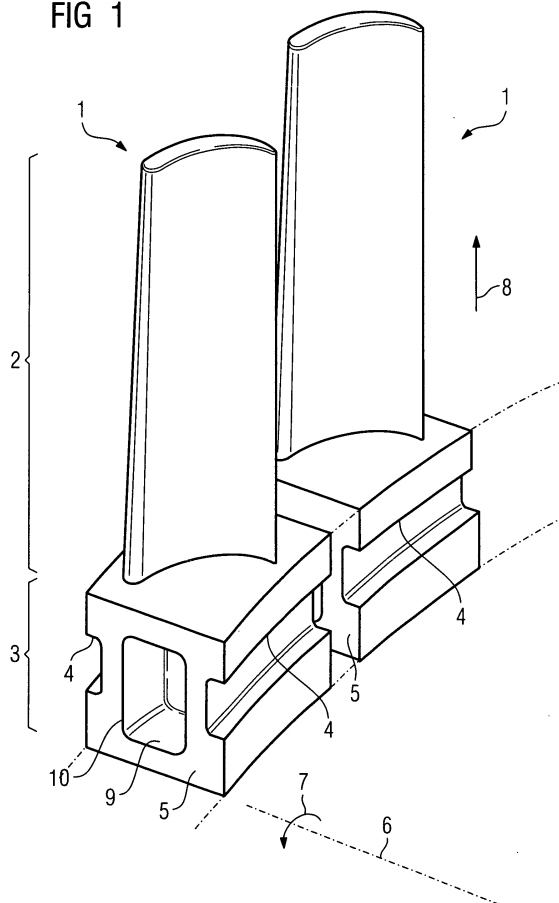
(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
80333 München (DE)

(54) **Schaufelfuss für Turbinenschaufel**

(57) Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel (1) mit einem Schaufelfuß (3), wobei der Schaufelfuß (3) zumindest eine Teilungsfläche (5) aufweist, die zum Anliegen an einer Teilungsfläche (5) eines benachbarten Schaufelfußes (3) ausgebildet ist. Um die Masse des

Schaufelfußes (3) zu reduzieren, um dadurch eine geringere angreifende Fliehkraft (8) zu erhalten, wird vorgeschlagen, den Schaufelfuß (3) mit einer Ausnehmung (9) mit einer Ausnehmungsöffnung (10) auszugestalten, wobei die Ausnehmungsöffnung (10) einen geschlossenen Rand (10) umfasst, der in der Teilungsfläche (5) liegt.

FIG 1



EP 1 724 442 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel umfassend einen Schaufelfuß, wobei der Schaufelfuß zumindest eine Teilungsfläche aufweist, die zum Anlie-

gen an einer Teilungsfläche eines benachbarten Schaufelfußes ausgebildet ist.

Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Verwendung einer Turbinenschaufel.

[0002] Zur Erhöhung des Wirkungsgrades bzw. Wirkungsquerschnittes von Strömungsmaschinen werden die Schaufelprofile der Turbinenlaufschaufeln möglichst lang ausgebildet, um hierdurch eine bessere Ausnutzung des vorbeiströmenden Strömungsfluids zu erreichen. Diese Länge des Schaufelprofils ist jedoch durch mehrere Parameter begrenzt. Unter der Sammelbezeichnung Strömungsmaschine werden Wasserturbinen, Dampf- und Gasturbinen, Windräder, Kreiselumpen und Kreiselverdichter sowie Propeller zusammengefasst. Allen diesen Maschinen ist gemeinsam, dass sie dem Zweck dienen, einem Fluid Energie zu entziehen, um damit eine andere Maschine anzutreiben oder umgekehrt, einem Fluid Energie zuzuführen, um dessen Druck zu erhöhen.

[0003] Durch die verlängerten Schaufelprofile und die hierdurch vergrößerte bewegte Masse wird beispielsweise ein Nabebereich durch die eingreifende Fliehkraft stark belastet. Dem wird üblicherweise durch Erhöhung der tragenden Fläche im Nabebereich mittels axialer Verlängerung des Rotors zu begegnen versucht.

[0004] Die Befestigung der Laufschaufeln wird derart ausgebildet, dass die während des Betriebes auftretenden Fliehkräfte geeignet auf die Laufschaufel übertragen werden. Dazu wird in die Welle eine Umfangsnut mit geeigneter Form eingebracht.

[0005] Die Schaufelfüße haben einen geeigneten Querschnitt, der in diese Nut einführbar ist und die Kraftübertragung gewährleistet.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Turbinenlaufschaufel zu schaffen, die eine Verlängerung der Laufschaufelprofile gegenüber herkömmlichen Profilen ermöglicht.

[0007] Die Aufgabe wird mit einer Turbinenschaufel gelöst, die einen Schaufelfuß aufweist, wobei der Schaufelfuß zumindest eine Teilungsfläche aufweist, die zum Anliegen an einer Teilungsfläche eines benachbarten Schaufelfußes ausgebildet ist und der Schaufelfuß eine Ausnehmung mit einer Ausnehmungsöffnung aufweist, wobei die Ausnehmungsöffnung einen geschlossenen Rand umfasst, der in der Teilungsfläche liegt.

[0008] Durch die Ausnehmung in dem Schaufelfuß wird die Masse des Schaufelfußes insgesamt verringert. Die im Betrieb auftauchenden Fliehkräfte, die am Schaufelfuß angreifen, sind dadurch geringer als bei einem Schaufelfuß ohne Ausnehmung. Die Turbinenschaufel wird durch eine geeignete Nut in einem Rotor fest angeordnet. Die Haltekraft des Rotors auf die Turbinenschaufel während des Betriebes muss derart dimensioniert

sein, dass die Turbinenschaufel aufgrund der auftretenden Fliehkräfte stabil am Rotor angekoppelt bleibt. Ein wesentlicher Parameter der hier berücksichtigt werden muss, ist die Masse der Turbinenschaufeln insgesamt und die Masse des Schaufelfußes insbesondere. Dieser Parameter beeinflusst die Erfindung maßgeblich. Durch die Ausnehmung wird die Masse der Turbinenschaufel und insbesondere des Schaufelfußes reduziert. Im einfachsten Fall kann die Masse, die durch die Ausnehmung im Schaufelfuß entnommen wird, dem Schaufelblattprofil hinzuaddiert werden. Dadurch sind längere Schaufelblattprofile bei gleich bleibender Masse, d. h. im Betrieb bei gleich großen Fliehkräften möglich.

[0009] Die Tiefe und Breite der Ausnehmung sollte derart ausgebildet sein, dass ein Bereich der im Schaufelfuß auftretenden Spannungskonzentrationen nicht ungünstig verteilt wird.

[0010] In demjenigen Teil der Turbomaschine, die durch Fliehkräfte besonders beeinflusst wird, können erfindungsgemäß größere Laufschaufeln auf ein und demselben Fußquerschnitt realisiert werden. Dies führt zu dem Vorteil, dass der Wirkungsgrad der Turbomaschine erhöht wird.

[0011] In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist der Schaufelfuß T-förmig, Doppel-T-förmig oder allgemein derart ausgebildet, dass die Turbinenschaufel in einer Umfangsnut einer Welle einbaubar ist. Dadurch ist es möglich, Turbinenschaufeln herzustellen, die durch die Ausgestaltung der Schaufelfüße besonders für den Einsatz in Dampfturbinen geeignet sind.

[0012] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weist die Ausnehmung eine Tiefe C auf, die im Wesentlichen bis zur Mitte des Schaufelfußes ragt. Dadurch wird der Vorteil erreicht, dass die Spannungsverteilung im Schaufelfuß an die im Betrieb auftretenden Fliehkräfte angepasst wird.

[0013] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weist der Schaufelfuß zwei gegenüberliegende Teilungsflächen auf, wobei die Ausnehmungen derart ausgebildet sind, dass eine innere Wand verbleibt. Die Wand könnte auch als Steg bezeichnet werden.

[0014] Dadurch wird der dreidimensionale Spannungszustand im Schaufelfuß berücksichtigt. Der verbleibende Steg bzw. die innere Wand muss derart ausgebildet sein, dass die im Betrieb auftretenden Fliehkräfte und die dadurch entstehenden Spannungen im Schaufelfuß berücksichtigt werden.

[0015] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist der geschlossene Rand im Wesentlichen rechteckig mit einer Höhe A und einer Breite B ausgebildet. Der Rand kann auch im wesentlichen kreisförmig ausgebildet sein.

[0016] Je nach Materialwahl oder Schaufelfußgestaltung ist eine kreisförmig ausgebildete oder eine im Wesentlichen rechteckig ausgebildete Ausnehmung von Vorteil. Spannungsberechnungen müssen hierbei durchgeführt werden, um das geeignete Ausnehmungsprofil auszuwählen.

[0017] Schließlich ist ein Vorteil der Erfindung die Ver-

wendung der erfindungsgemäßen Turbinenschaufel zum Einbau in einer Umfangsnut eines Rotors.

[0018] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher beschrieben. Dabei haben mit denselben Bezugszeichen versehene Komponenten die gleiche Funktionsweise.

[0019] Dabei zeigen

- Figur 1 eine perspektivische Darstellung von zwei Turbinenschaufeln;
- Figur 2 eine Seitenansicht eines Doppel-T-förmigen Schaufelfußes;
- Figur 3 eine Seitenansicht eines Doppel-T-förmigen Schaufelfußes;
- Figur 4 eine Querschnittsansicht eines Schaufelfußes;
- Figur 5 eine Draufsicht auf drei Turbinenlaufschau-
feln.

[0020] In der Figur 1 ist eine perspektivische Darstellung von zwei Turbinenschaufeln 1 zu sehen. Die Turbinenschaufel 1 umfasst ein Schaufelblattprofil 2 und einen Schaufelfuß 3 auf. Der Schaufelfuß 3 ist üblicherweise zur Sicherung der Stabilität massiv ausgebildet und weist im Vergleich zu den übrigen Abmessungen der Turbinenschaufel 1 einen großen Querschnitt teil an der bei einer Drehung eines Rotors auftretenden Fliehkraftbelastung der Haltevorrichtung für die Schaufel 1. Der in Figur 1 dargestellte Schaufelfuß 3 ist Doppel-T-förmig ausgebildet und weist seitlich angeordnete Tragflanken 4 auf, die in einer Nut eines nicht dargestellten Rotors angeordnet werden können. Der Schaufelfuß 3 weist des Weiteren eine Teilungsfläche 5 auf, die derart ausgebildet ist, dass sie an einer Teilungsfläche 5 eines benachbarten Schaufelfußes 3 angelegt werden kann. Die Teilungsfläche 5 ist hierbei im Wesentlichen planar ausgebildet.

[0021] Die Turbinenschaufel 1 kann in einer Strömungsmaschine eingesetzt werden. Insbesondere kann die Turbinenschaufel 1 in einer Dampfturbine, Gasturbine oder einem Verdichter eingesetzt werden. Die Anwendung der Turbinenschaufel 1 ist nicht auf diese drei vorgenannten Strömungsmaschinen beschränkt, vielmehr kann die Turbinenschaufel 1 auch in anderen Strömungsmaschinen eingesetzt werden.

[0022] Im Betrieb rotiert der nicht näher dargestellte Rotor um eine Rotationsachse 6 in einer Umdrehungsrichtung 7 mit einer bestimmten Umdrehungsgeschwindigkeit. Durch die Rotation entsteht eine radial ausgerichtete Fliehkraft 8, die auf die gesamte Turbinenschaufel 1 wirkt. Zur Reduzierung der auf die Turbinenschaufel 1 wirkenden Fliehkraft weist der Schaufelfuß 3 eine Ausnehmung 9 auf. Die Ausnehmung 9 hat eine Ausnehmungsöffnung 10, die einen geschlossenen Rand 10 aufweist. Der geschlossene Rand 10 liegt hierbei in der Teilungsfläche 5.

[0023] Der Schaufelfuß 3 kann T-förmig beziehungs-

weise Doppel-T-förmig ausgebildet sein. Des Weiteren ist der Schaufelfuß derart ausgebildet, dass die Turbinenschaufel 1 in eine Umfangsnut des nicht näher dargestellten Rotors einbaubar ist.

[0024] In der Figur 2 ist eine Seitenansicht eines Schaufelfußes 3 dargestellt. Die Ausnehmung 9 wird durch den Rand 10 dargestellt und ist im Wesentlichen rechteckförmig ausgebildet. Der geschlossene Rand 10 weist dabei eine Höhe A und eine Breite B auf.

[0025] In der Figur 3 ist ein Doppel-T-förmiger Schaufelfuß 3 dargestellt. Das Schaufelblattprofil 2 ist nicht näher dargestellt. Die in Figur 3 dargestellte Ausnehmung 9 weist ebenso eine rechteckförmige Ausgestaltung mit einer Höhe A und einer Breite B auf. Andere Ausnehmungsformen wie zum Beispiel eine im wesentlichen kreisförmige Ausbildung sind möglich.

[0026] In Figur 4 ist eine Schnittdarstellung des Schaufelfußes entlang der Linie AA der Figur 3 zu sehen. In dieser Darstellung ist die Tiefe C der Ausnehmung 9 deutlich zu sehen. Die Tiefe C ragt hierbei im Wesentlichen bis zur Mitte des Schaufelfußes 3. Der Schaufelfuß 3 weist zwei gegenüberliegende Teilungsflächen 5 mit Ausnehmungen 9 auf, wobei die Ausnehmungen 9 derart ausgebildet sind, dass eine innere Wand 11 entsteht. Die innere Wand 11 könnte auch als Steg bezeichnet werden.

[0027] Die Tiefe C der einen Ausnehmung 9 muss nicht zwingend dieselbe Länge aufweisen wie die Ausnehmung 9 der gegenüberliegenden Teilungsfläche 5. Die Tiefen der Ausnehmungen 9 können je nach Ausgestaltung des Schaufelfußes 3 unterschiedlich sein. Jedoch erfordert die dreidimensionale Spannungszustandsberechnung, dass ein Steg bzw. innere Wand 11, jedenfalls bei groß dimensionierten Ausnehmungen angeordnet bleibt. Im Extremfall kann die Ausnehmung 9 als durchgehende Bohrung durch den Schaufelfuß 3 ausgebildet sein. Es sind auch mehrere Bohrungen möglich.

[0028] In Figur 5 ist eine Draufsicht auf drei Turbinenschaufeln 1 eines Schaufelkranzes dargestellt. Die restlichen Turbinenschaufeln, die einen kompletten Schaufelkranz bilden, sind nicht näher dargestellt. Die Turbinenschaufeln 1 rotieren um die Rotationsachse 6. Die Ausnehmungen 9 sind gestrichelt dargestellt. Die Teilungsflächen 5 zweier Schaufelfüße 3 sind passgenau angeordnet. Im Betrieb strömt ein Strömungsmedium in einer axialen Richtung 12 auf die Turbinenschaufel 1 zu.

[0029] In einer alternativen Ausführungsform kann zwischen zwei benachbarten Schaufelfüßen ein Zwischenstück angeordnet werden. Die Teilungsflächen 5 zweier Schaufelfüße würden sich folgerichtig nicht direkt berühren (In Figur 5 nicht näher dargestellt). Das Zwischenstück liegt zwischen der Teilungsfläche 5 eines ersten Schaufelfußes 3 und einer zweiten Teilungsfläche 5 eines zweiten Schaufelfußes 3. Das Zwischenstück, das man auch als Ausgleichsstück bezeichnen kann, wird üblicherweise während des Einbaus der Schaufelfüße 3 in die Nuten eingefügt. Solche Zwischen- bzw. Ausgleichsstücke werden hin und wieder benötigt, da die

Schaufelfüße 3 beim Einführen in die Nuten mehr Platz in Umfangsrichtung benötigen als während des bestimmungsgemäßen Betriebes.

[0030] Die Turbinenschaufel 1 findet Verwendung zum Beispiel zum Aufbau in einer Umfangsnut eines Rotors.

Patentansprüche

1. Turbinenschaufel (1) 10
umfassend einen Schaufelfuß (3),
wobei der Schaufelfuß (3) zumindest eine Teilungs-
fläche (5) aufweist, die zum Anliegen an einer Teil-
ungsfläche (5) eines benachbarten Schaufelfußes
(3) ausgebildet ist, 15
dadurch gekennzeichnet, dass
der Schaufelfuß (3) eine Ausnehmung (9) mit einer
Ausnehmungsöffnung (10) aufweist, wobei die Aus-
nehmungsöffnung (10) einen geschlossenen Rand
(10) umfasst, der in der Teilungsfläche (5) liegt. 20
2. Turbinenschaufel (1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Schaufelfuß (3) T-förmig ausgebildet ist. 25
3. Turbinenschaufel (1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Schaufelfuß (3) Doppel-T-förmig ausgebildet ist.
4. Turbinenschaufel (1) nach einem der vorhergehen- 30
den Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Schaufelfuß (3) derart ausgebildet ist, dass die
Turbinenschaufel (1) in einer Umfangsnut einer Wel- 35
le einbaubar ist.
5. Turbinenschaufel (1) nach einem der vorhergehen-
den Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Ausnehmung (9) eine Tiefe C aufweist, die im 40
Wesentlichen bis zur Mitte des Schaufelfußes (3)
ragt.
6. Turbinenschaufel (1) nach einem der vorhergehen- 45
den Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Schaufelfuß (3) zwei gegenüberliegende Teil-
ungsflächen (5) mit Ausnehmungen (9) aufweist
und
dass die Ausnehmungen (9) derart ausgebildet sind, 50
dass eine innere Wand (11) verbleibt.
7. Turbinenschaufel (1) nach einem der vorhergehen-
den Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass 55
der geschlossene Rand (10) im wesentlichen recht-
eckig mit einer Höhe A und einer Breite B ausgebildet
ist.

8. Turbinenschaufel (1) nach einem der Ansprüche 1
bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
der geschlossene Rand (10) im wesentlichen kreis-
förmig ausgebildet ist. 5

9. Verwendung einer Turbinenschaufel (1) nach einem
der vorhergehenden Ansprüche zum Einbau in einer
Umfangsnut eines Rotors.

FIG 1

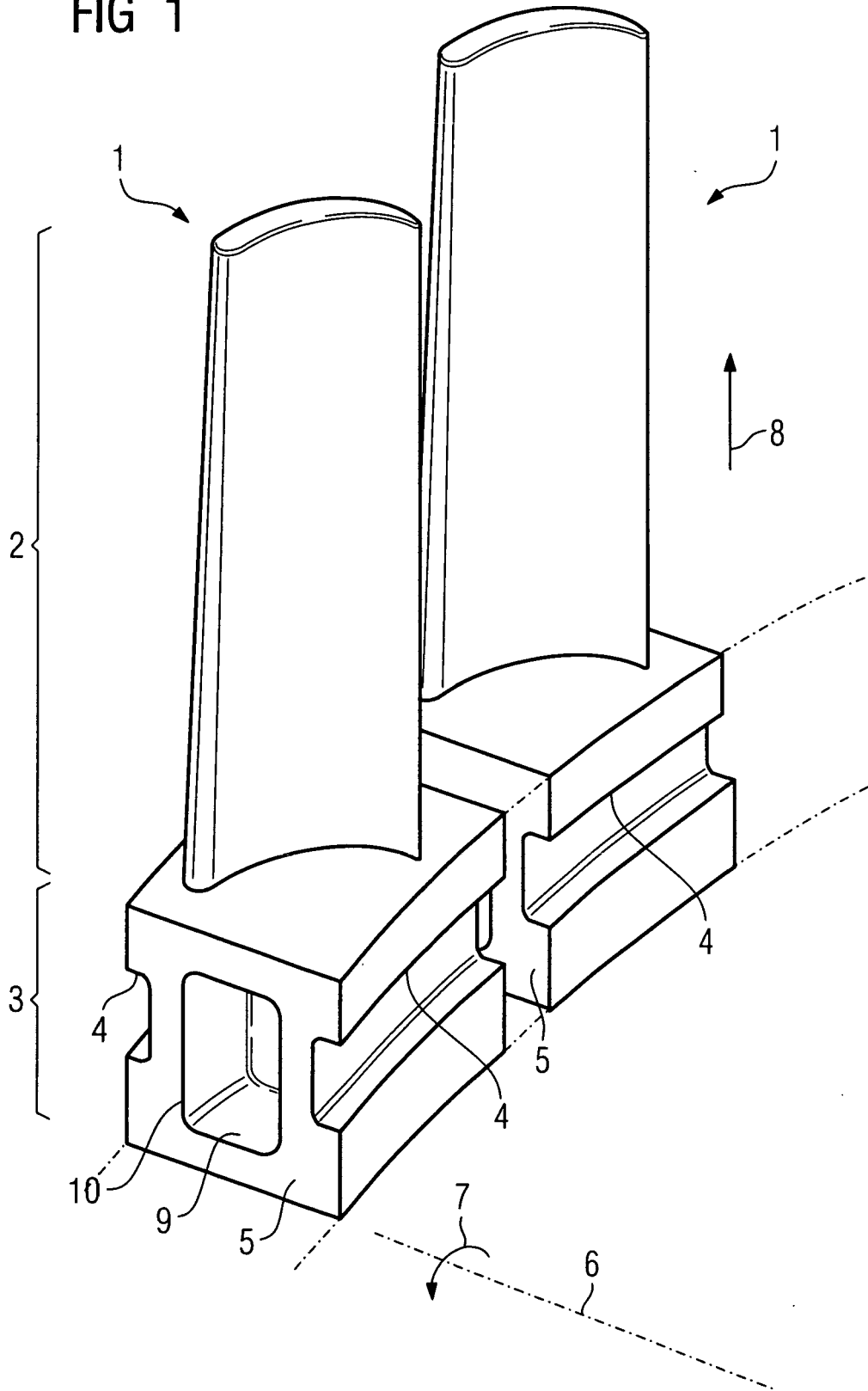


FIG 2

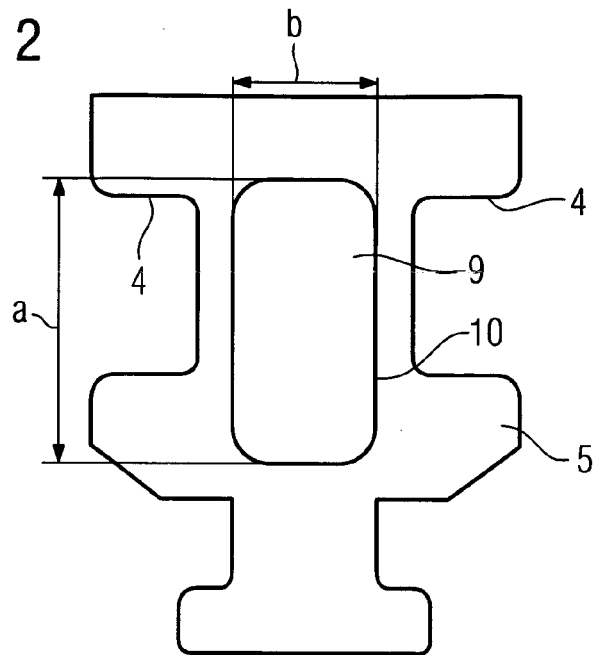


FIG 3

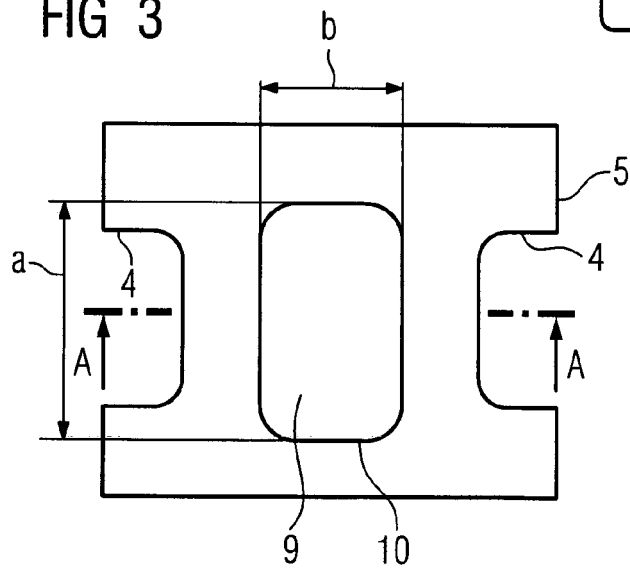


FIG 4

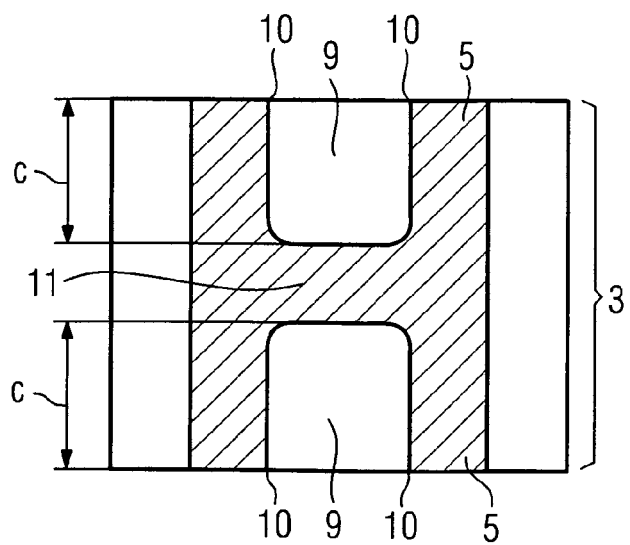
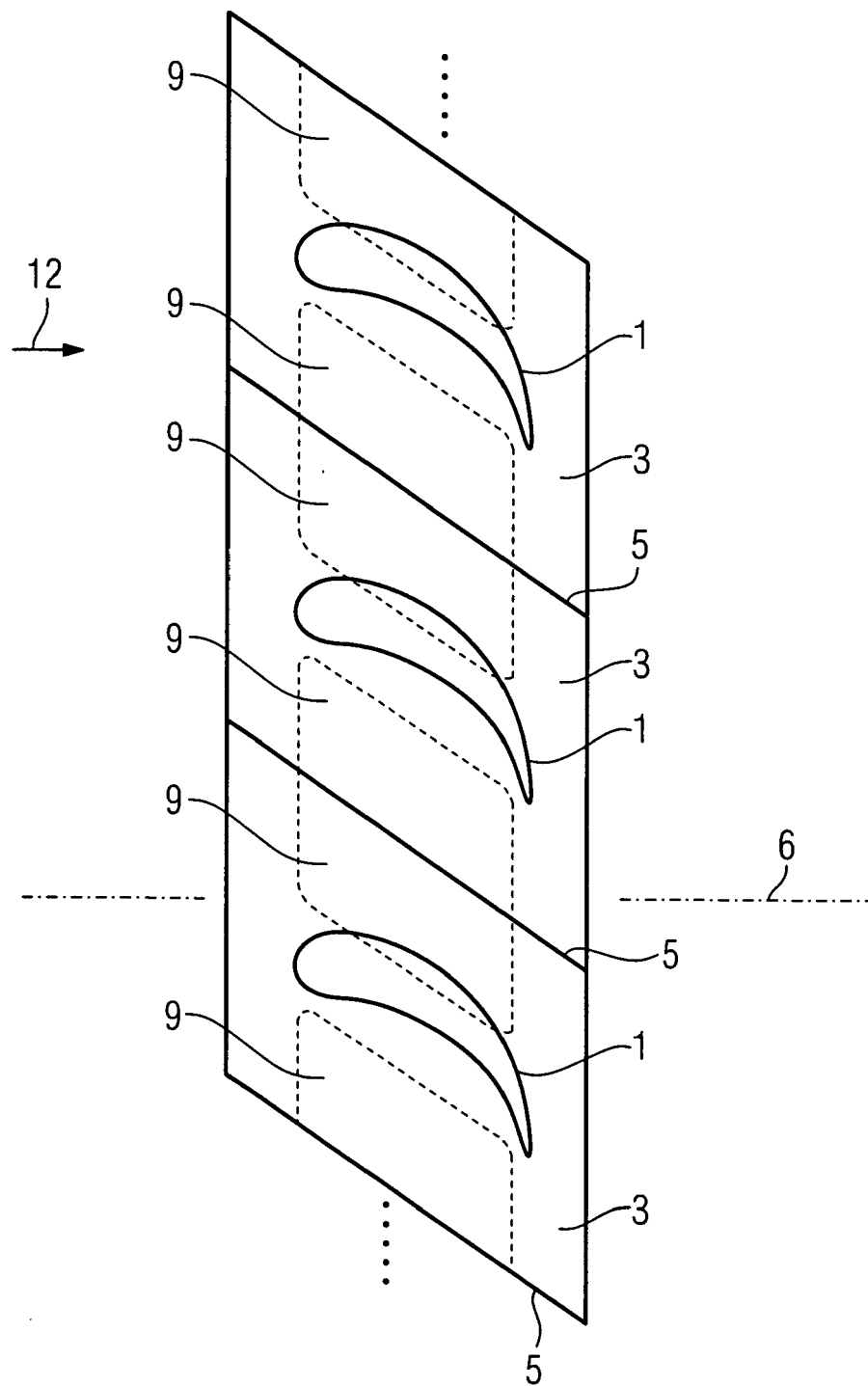


FIG. 5





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 01 0793

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	GB 652 150 A (ROLLS-ROYCE LIMITED) 18. April 1951 (1951-04-18) * Abbildungen *	1,2,4-7,9	F01D5/32
X	US 3 203 666 A (WEST HARRISON) 31. August 1965 (1965-08-31) * Abbildungen 2,3 *	1,2,4-7,9	
X	FR 896 520 A (SULZER FRERES) 23. Februar 1945 (1945-02-23) * Seite 1, Zeile 33 - Zeile 35 * * Abbildungen 1,2 *	1,4,8,9	
X	FR 998 679 A (SOCIETE RATEAU) 22. Januar 1952 (1952-01-22) * Abbildungen *	1,5,6,8	
X	US 3 873 234 A (PENNY ET AL) 25. März 1975 (1975-03-25) * Abbildungen 3,7 *	1,5-7	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1996, Nr. 09, 30. September 1996 (1996-09-30) -& JP 08 121106 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 14. Mai 1996 (1996-05-14) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1,5-7	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 19. Oktober 2005	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 : nichtschriftliche 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 05 01 0793

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

19-10-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 652150 A	18-04-1951	KEINE	
US 3203666 A	31-08-1965	KEINE	
FR 896520 A	23-02-1945	KEINE	
FR 998679 A	22-01-1952	KEINE	
US 3873234 A	25-03-1975	AU 469736 B2	26-02-1976
		AU 4867272 A	09-05-1974
		BE 791162 A1	01-03-1973
		CA 962601 A1	11-02-1975
		CH 562392 A5	30-05-1975
		DE 2254829 A1	17-05-1973
		FR 2159460 A1	22-06-1973
		GB 1386590 A	12-03-1975
		IT 975686 B	10-08-1974
		JP 1022670 C	28-11-1980
		JP 49132406 A	19-12-1974
		JP 55014242 B	15-04-1980
		NL 7215255 A	14-05-1973
JP 08121106 A	14-05-1996	KEINE	

EPO FORM P0461

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