

(19)



(11)

EP 2 098 687 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
09.09.2009 Patentblatt 2009/37

(51) Int Cl.:
F01D 5/22 (2006.01) **F01D 5/30** (2006.01)
F01D 11/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08004272.4**

(22) Anmeldetag: **07.03.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA MK RS

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

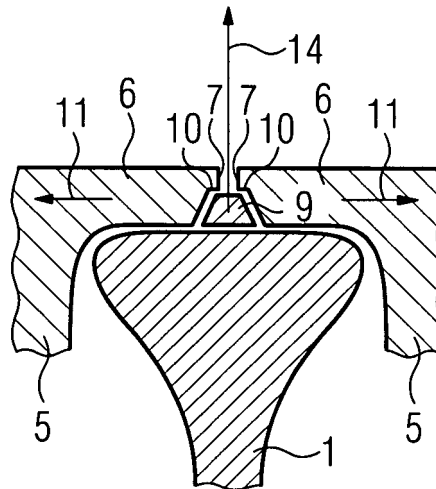
(72) Erfinder:
• **Kupetz, Markus 47608 Geldern (DE)**
• **Stüer, Heinrich, Dr. 45721 Haltern (DE)**

(54) **Rotor für eine Strömungsmaschine**

(57) Die Erfindung betrifft einen Rotor (1) für eine Strömungsmaschine, wobei der Rotor (1) mehrere Schaufeln aufweist, die mittels Dämpfungselement (9) gegeneinander versteift sind, wobei das Dämpfungsele-

ment (9) aus einem federelastischen Material ausgebildet ist und den bogenförmigen Verlauf der Schaufelfüße folgt, um dadurch eine Biegekraft in Richtung der Schaufeln zu erzeugen.

FIG 8



EP 2 098 687 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Rotor für eine Strömungsmaschine, wobei der Rotor in Umfangsrichtung benachbart angeordnete Schaufeln aufweist, wobei der Rotor entlang einer axialen Richtung ausgebildet ist, wobei die Schaufeln einen gebogenen Schaufelfuß aufweisen, wobei der Schaufelfuß in einer Schaufelnut im Rotor angeordnet ist.

[0002] Unter einer Strömungsmaschine wird beispielsweise eine Dampfturbine verstanden.

[0003] In einer Dampfturbine als Ausführungsform einer Strömungsmaschine sind im Wesentlichen zwei Komponenten für die Umsetzung der thermischen Energie des Dampfes in Rotationsenergie verantwortlich. Zum einen wären dies der drehbar gelagerte Rotor und ein um den Rotor angeordnetes Gehäuse. Der Rotor weist sog. Laufschaufeln auf, wobei am Gehäuse Leitschaufeln angeordnet sind. Die Frequenzen im Betrieb betragen für Dampfturbinen, die im kommunalen Energieversorgungsbereich eingesetzt werden, 50 Hz bzw. 60 Hz. Die im Betrieb auftretenden Rotationsfrequenzen führen im Zusammenhang mit den thermodynamischen Verhältnissen des Dampfes zu unerwünschten Schwingungen der Laufschaufeln. In der Regel treten Risse in den Laufschaufeln, im Schaufelblatt und/oder in den Schaufelfüßen auf. Die Schaufelfüße können als sog. Doppel-T-, Hammer- oder als Tannenbaumfüße ausgebildet sein. Allen diesen Füßen ist gemeinsam, dass sie in eine entsprechende Nut im Rotor angeordnet werden. Des Weiteren sind Turbinenschaufelfüße bekannt, die gebogen sind. Die Biegung führt zu einer Verteilung der Übertragungsfläche zwischen dem Rotor und den Turbinenschaufeln. Die übertragenen Kräfte können dadurch besser verteilt werden, was zu einer Verlängerung der Lebensdauer führt.

[0004] Die Turbinenschaufeln sind hierbei auf dem Umfang benachbart nebeneinander angeordnet. Die Turbinenschaufeln weisen Schaufelplatten auf, die zwischen den Schaufelfüßen und dem Schaufelblatt angeordnet sind. Der Rotor wird gemäß dem Stand der Technik derart ausgebildet, dass zwischen jeweils zwei Schaufelplatten ein Vorsprung des Rotors angeordnet ist.

[0005] Obwohl die Laufschaufeln in die entsprechenden Nuten eingestemmt werden, treten im Betrieb vergleichsweise hohe, unerwünschte Schwingungen auf. Diese Schwingungen führen zu einer Verkürzung der Lebensdauer, wobei es auch vorkommen kann, dass Risse auftreten und somit zu einer Beschädigung führen. Wünschenswert wäre es eine Möglichkeit zu haben, mit der die Schwingungen der Laufschaufeln wirksam verhindert werden. An dieser Stelle setzt die Erfindung an, deren Aufgabe es ist, einen Rotor anzugeben, der Schaufeln aufweist, die derart angeordnet sind, dass Schwingungen der Schaufeln im Betrieb wirksam verringert werden.

[0006] Gelöst wird diese Aufgabe durch einen Rotor für eine Strömungsmaschine, wobei der Rotor in Um-

fangsrichtung benachbart angeordnete Schaufeln aufweist, wobei der Rotor entlang einer axialen Richtung ausgebildet ist, wobei die Schaufeln einen gebogenen Schaufelfuß aufweisen, wobei der Schaufelfuß in einer Schaufelnut im Rotor angeordnet ist, wobei zwischen den Schaufeln ein Dämpfungselement angeordnet ist.

[0007] Die Erfindung geht damit den Weg, eine Kraftübertragung nicht nur zwischen den Schaufeln und dem Rotor zu ermöglichen, sondern auch eine Kraftübertragung zwischen benachbarten Schaufeln zu realisieren. Die Kraftübertragung erfolgt über das Dämpfungselement, das zwischen den Schaufeln angeordnet ist. Sobald eine Schaufel schwingt, wird diese Schwingung über das Dämpfungselement an die benachbarte Schaufel übertragen, allerdings ist das Dämpfungselement derart angeordnet, dass eine Gegenkraft von dem Dämpfungselement auf die Schaufel zu einer Dämpfung der Schwingung führt. Dazu ist das Dämpfungselement zwischen den Schaufelfüßen eingestemmt, wobei die dafür aufzubringende Stemmkraft zu einem Auseinanderdrücken der Schaufeln führt.

[0008] In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Weiterbildungen angegeben.

[0009] So ist es vorteilhaft, wenn das Dämpfungselement zwischen zwei benachbarten Schaufelplatten angeordnet ist. Die Schaufelplatten sind bei den Laufschaufeln derart geformt, dass sie eine Grundfläche bilden, die den Schaufelfuß gegenüber dem Schaufelblatt abdeckt. Ein zwischen den Schaufelplatten angeordnetes Dämpfungselement kann eine Schwingung zwischen zwei Schaufeln optimal dämpfen.

[0010] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist das Dämpfungselement aus einem federelastischen Material ausgebildet.

[0011] Ein federelastisches Material hat den Vorteil, dass bei einer Biegung des Dämpfungselementes eine Biegekraft erforderlich ist. Wenn ein Dämpfungselement aus einem federelastischen Material zwischen zwei Schaufelplatten angeordnet wird und dabei zwangsläufig gebogen werden muss, entsteht nach dem Einbau des Dämpfungselementes eine Kraft auf die Schaufelplatten. Diese Kraft führt zu einem Auseinanderdrücken von benachbarten Schaufeln. Eine Schwingung von benachbarten Schaufeln wird dadurch verringert.

[0012] In einer vorteilhaften Weiterbildung weist das Dämpfungselement im Wesentlichen die Form eines Stabes auf. Vorteilhafterweise weist das Dämpfungselement einen rechteckigen Querschnitt auf. Dadurch ist das Dämpfungselement vergleichsweise leicht herzustellen.

[0013] In einer vorteilhaften Weiterbildung weist das Dämpfungselement einen trapezförmigen oder konischen Querschnitt auf. Dies führt zu dem Vorteil, dass im Betrieb eine auf das Dämpfungselement wirkende Fliehkraft wegen der schief zur Fliehkraftichtung angeordneten trapezförmigen oder konischen Seiten eine Kraft in Richtung der Schaufelplatten entsteht. Diese durch Fliehkraft hervorgerufene Kraft ist eine Querkraft,

die ein Auseinanderdrücken der Schaufeln weiter unterstützt. Dadurch ist eine Schwingung während des Betriebs weiterhin verringert.

[0014] In einer vorteilhaften Weiterbildung weist das Dämpfungselement einen Vorsprung auf, der in einer Ausbuchtung in der Schaufelplatte angeordnet ist. Der in der Ausbuchtung angeordnete Vorsprung des Dämpfungselementes stellt eine axiale Sicherung dar, die verhindern soll, dass das Dämpfungselement in einer axialen Richtung sich löst.

[0015] Vorteilhafterweise weist das Dämpfungselement einen Knick auf, der in einer Ausbuchtung in der Schaufelplatte angeordnet ist. Da das Dämpfungselement aus einem federelastischen Material ist, kann ein Knick im Dämpfungselement, der im Wesentlichen eine dreieckige Form aufweist, dazu genutzt werden, um als axiales Sicherungselement zu dienen. Ein als einfacher Knick ausgebildetes Sicherungselement hat den Vorteil, dass in Folge des elastischen Materials des Dämpfungselementes der Knick in den Vorsprung eingreift. Eine Beschädigung des Dämpfungselementes ist daher nahezu ausgeschlossen. Zudem ist eine hervorragende axiale Sicherung des Dämpfungselementes gewährleistet.

[0016] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen beschrieben. Diese sollen das Ausführungsbeispiel nicht maßstäblich darstellen, vielmehr sind die Zeichnungen, wozu Erläuterungen dienen, in schematischer und/oder leicht versetzter Form ausgeführt. Im Hinblick auf Ergänzungen der aus den Zeichnungen unmittelbar erkennbaren Lehren wird auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen.

[0017] Es zeigen:

- Figur 1 eine Draufsicht auf einen Ausschnitt eines Rotors gemäß dem Stand der Technik,
- Figur 2 einen Ausschnitt eines Rotors gemäß der Erfindung,
- Figur 3 eine Querschnittsansicht in axialer Richtung gesehen einen Teils des Rotors gemäß dem Stand der Technik,
- Figur 4 ein Dämpfungselement,
- Figur 5 ein Dämpfungselement in alternativer Ausführungsform,
- Figur 6 ein Dämpfungselement in alternativer Ausführungsform,
- Figur 7 eine Querschnittsansicht eines Teils des Rotors gemäß dem Stand der Technik,
- Figur 8 eine Querschnittsansicht eines Teils des Rotors mit einem Dämpfungselement,
- Figur 9 eine Querschnittsansicht eines Teils eines

Rotors mit einer alternativen Ausführungsform des Dämpfungselementes.

[0018] Die Figur 1 offenbart einen Teil eines Rotors 1. Der Rotor 1 wird in der Figur 1 in einer Draufsicht dargestellt. Zu sehen sind mehrere Nuten 2, die zum Aufnehmen einer nicht dargestellten Laufschaufel ausgebildet sind. Der Rotor 1 ist entlang einer axialen Richtung 3 ausgebildet. Die Nut 2 ist zu der axialen Richtung 3 derart gebogen ausgeführt, dass eine gekrümmte Kurve 4 entsteht. In diese gebogene Nut 2 wird ein ebenfalls gebogener Schaufelfuß 5 einer Schaufel angeordnet.

[0019] In der Figur 7 ist eine Querschnittsansicht eines Teils des Rotors 1 gemäß dem Stand der Technik dargestellt. Die axiale Richtung 3 zeigt hierbei zur Normalen der Zeichenebene. Die Schaufelfüße 5, die einen Tannenbaumfuß, eine Doppel-T-Form oder ähnliches aufweisen können, weisen eine Schaufelplatte 6 auf. Die Schaufelplatte 6 grenzt an einer Stirnseite 7 an einen Rotorvorsprung 8 des Rotors 1 an.

[0020] Die Schaufelplatte 6 und der Rotorvorsprung 8 sind hierbei derart ausgebildet, dass eine Kraft zwischen der Schaufelplatte 6 und dem Rotorvorsprung 8 entsteht.

[0021] In der Figur 3 ist ebenfalls eine Querschnittsansicht des Rotors 1 gemäß dem Stand der Technik dargestellt. Der kreisförmige Ausschnitt A ist in der Figur 7 vergrößert wiedergegeben.

[0022] In der Figur 2 ist eine erfindungsgemäße Ausbildung des Rotors 1 zu sehen. Der Rotor 1 wird zunächst derart weitergebildet, dass der Rotorvorsprung 8 entfernt wird. Anstelle des Rotorvorsprungs 8 wird ein Dämpfungselement 9 zwischen den Schaufelplatten 6 angeordnet. In der Figur 9 ist unter anderem eine Querschnittsansicht des Dämpfungselementes 9 zu sehen. Das Dämpfungselement 9 kann in einer ersten Ausführungsform einen rechteckigen Querschnitt aufweisen. Dementsprechend weisen die Schaufelplatten 6 entsprechende Ausnehmungen 10 zur Aufnahme des Dämpfungselementes 9 auf. Das Dämpfungselement 9 ist aus einem federelastischen Material, das entlang der gekrümmten Kurve 4 gebogen werden kann. Allerdings entsteht durch die Biegung des Dämpfungselementes 9 entlang der gekrümmten Kurve 4 eine Biegekraft, die eine Kraft zwischen den Schaufelplatten 6 erzeugt. Dadurch entsteht jeweils eine Biegekraft 11 in Richtung der Schaufelplatten 6. Die in der Figur 9 symbolisch dargestellten Pfeile zeigen die Richtung der Biegekraft 11, die durch die federelastischen Eigenschaften des Dämpfungselementes 9 hervorgerufen werden.

[0023] In einer alternativen Ausführungsform ist das Dämpfungselement 9 trapezförmig oder konisch im Querschnitt ausgebildet, was in der Figur 8 dargestellt ist. Die Ausnehmungen 10 weisen hierfür ebenfalls eine komplementäre Form zu dem Dämpfungselement 9 auf. Das Dämpfungselement 9 und die Ausnehmung 10 sind derart ausgebildet, dass sich ein möglichst geringer Spalt dazwischen ausbildet.

[0024] In der Figur 4 ist das Dämpfungselement 9 dar-

gestellt. Das Dämpfungselement 9 ist im nicht eingebauten Zustand gezeigt. Im eingebauten Zustand wäre das Dämpfungselement 9 gebogen darzustellen. Das in Figur 4 dargestellte Dämpfungselement 9 weist einen rechteckigen Querschnitt auf. Zudem ist das Dämpfungselement 9 als Stab ausgebildet. Dies hat den Vorteil, dass das Dämpfungselement 9 vergleichsweise schnell hergestellt werden kann.

[0025] In der Figur 5 ist eine alternative, bevorzugte Ausführungsform des Dämpfungselementes 9 dargestellt. Das Dämpfungselement 9 weist einen trapezförmigen bzw. konischen Querschnitt 12 auf. Im Wesentlichen umfasst das Dämpfungselement 9 zwei Tragflanken 13 auf, wobei in den Figuren 4 bis 6 lediglich eine Tragflanke 13 zu sehen ist. Die Tragflanken 13 sind in der Ausführungsform gemäß Figur 4 parallel zueinander ausgebildet, wohingegen in der Ausführungsform gemäß Figur 5 die Tragflanken 13 unter einem Winkel α gegeneinander ausgebildet sind. Im Betrieb wirkt eine Fliehkraft 14 auf das Dämpfungselement 9. Die Fliehkraft 14 bewirkt, eine Kraftwirkung in Richtung der Schaufelplatten 6, die in Richtung der Biegekraft 11 zeigt. Das bedeutet, dass die Biegekraft 11 durch die trapezförmige Ausbildung des Dämpfungselementes 9 mit der Fliehkraft eine Unterstützung erfährt. Dämpfungen werden dadurch noch weiter erhöht, was zu einer Verminderung der Schwingungen führt.

[0026] Die Figur 6 zeigt ein Dämpfungselement 9 mit einem trapezförmigen Querschnitt 12 auf, wobei das Dämpfungselement 9 einen Knick 15 aufweist. Der Knick 15 führt zu einer Ausbildung eines Vorsprungs 16. Dieser Vorsprung 16 gegenüber der Tragflanke 13 wird in eine entsprechende Ausnehmung 17 in der Schaufelplatte 6 angepasst. Dadurch wird ein Verrutschen des Dämpfungselementes 9 in einer Längsrichtung 18 vermieden.

[0027] Der Vorsprung 16 wird im Wesentlichen durch drei Biegungen 19 des Dämpfungselementes 9 erreicht. Dazu wird zunächst das Dämpfungselement 9 entlang einer ersten Biegung 19' gebogen. Anschließend wird in einer entgegengesetzten Richtung das Dämpfungselement 9 entlang der zweiten Biegung 19' zurückgebogen und anschließend entlang der dritten Biegung 19'' wieder derart gebogen, dass das Dämpfungselement 9 im Wesentlichen wieder in einer geradlinigen Längsrichtung 18 ausgerichtet ist.

[0028] Als Material für das Dämpfungselement 9 kann beispielsweise Federstahl verwendet werden. In alternativen Ausführungsformen können ebenso bekannte Schaufelstähle, wie z.B. X20Cr13 verwendet werden. Die Verwendung der Dämpfungselemente 9 bietet unter anderem den Vorteil, dass die Hauptströmung nicht gestört wird. Ein weiterer Vorteil ist, dass das Dämpfungselement 9 zerstörungsfrei aus dem Rotor 1 demontiert werden kann. Ebenso ist es ein Vorteil, dass keine zusätzlichen Nuten im Rotor 1 eingearbeitet werden müssen.

Patentansprüche

1. Rotor (1) für eine Strömungsmaschine, wobei der Rotor (1) in Umfangsrichtung benachbart angeordnete Schaufeln aufweist, wobei der Rotor (1) entlang einer axialen Richtung (3) ausgebildet ist, wobei die Schaufeln einen gebogenen Schaufelfuß (5) aufweisen, wobei der Schaufelfuß (5) in einer Nut (2) im Rotor (1) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen den Schaufeln ein Dämpfungselement (9) angeordnet ist.
2. Rotor (1) nach Anspruch 1, wobei der Schaufelfuß (5) gegen die axiale Richtung (3) gebogen ist.
3. Rotor (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Schaufelfuß (5) eine Schaufelplatte (6) aufweist und das Dämpfungselement (9) zwischen zwei benachbarten Schaufelplatten (6) angeordnet ist.
4. Rotor (1) nach Anspruch 3, wobei die Schaufelplatte (6) als Vorsprung ausgebildet ist.
5. Rotor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Dämpfungselement (9) aus einem federelastischen Material besteht.
6. Rotor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Dämpfungselement (9) im Wesentlichen die Form eines Stabes aufweist.
7. Rotor (1) nach Anspruch 6, wobei das Dämpfungselement (9) einen rechteckigen Querschnitt aufweist.
8. Rotor (1) nach Anspruch 6, wobei das Dämpfungselement (9) einen trapezförmigen oder konischen Querschnitt aufweist.
9. Rotor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Dämpfungselement (9) einen Vorsprung aufweist, der in einer Ausbuchtung in der Schaufelplatte (6) angeordnet ist.
10. Rotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das Dämpfungselement (9) einen Knick (15) aufweist, der in einer Ausnehmung (17) in der Schaufelplatte (6) angeordnet ist.

FIG 1

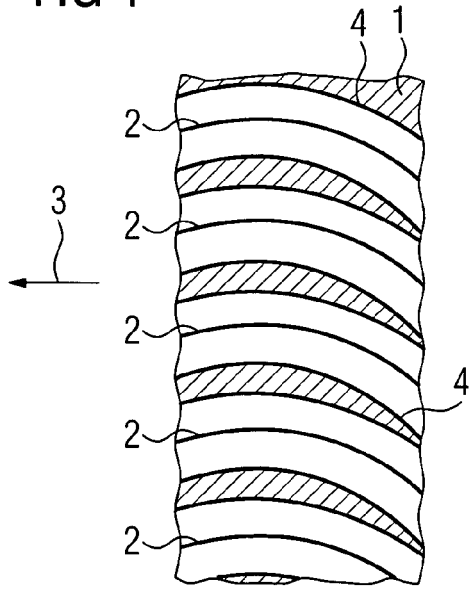


FIG 2

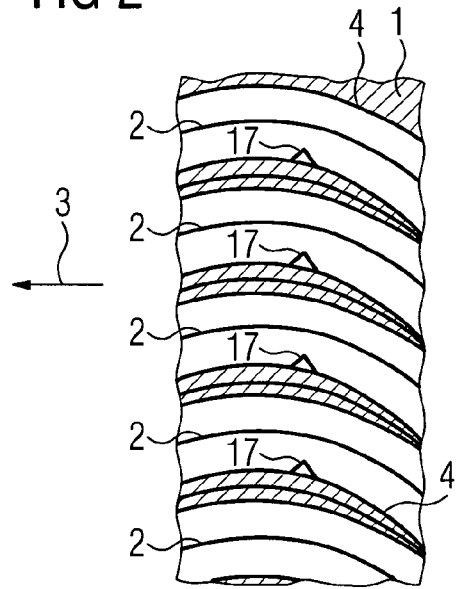
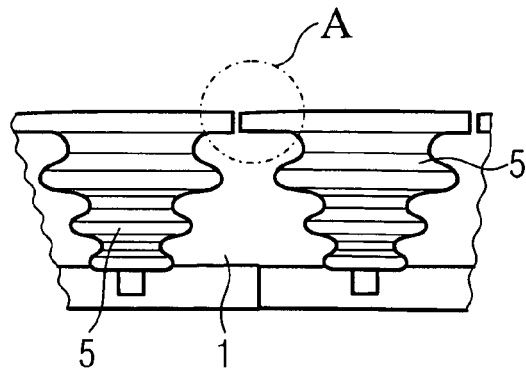


FIG 3



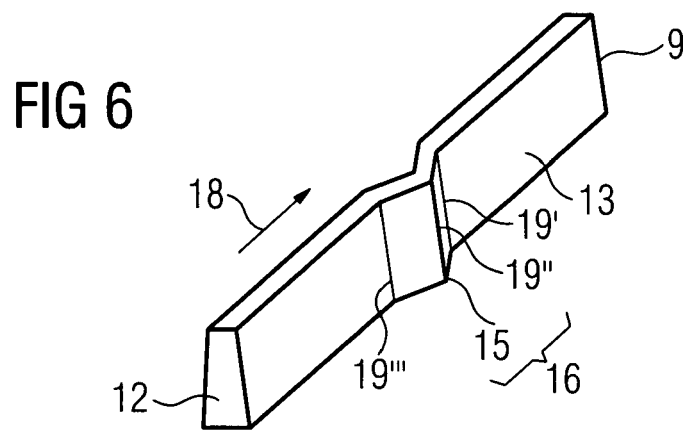
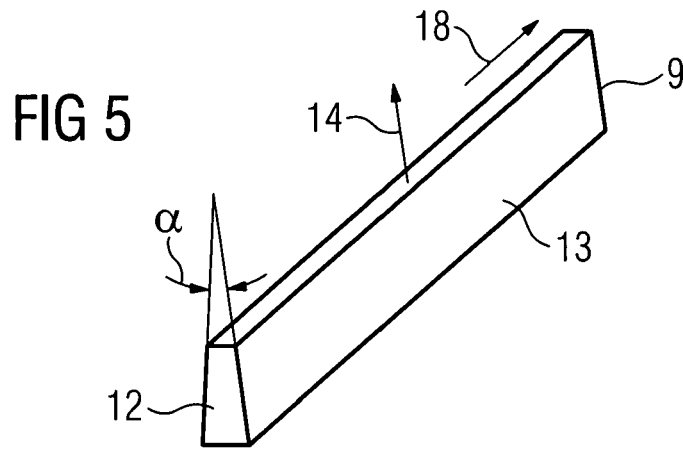
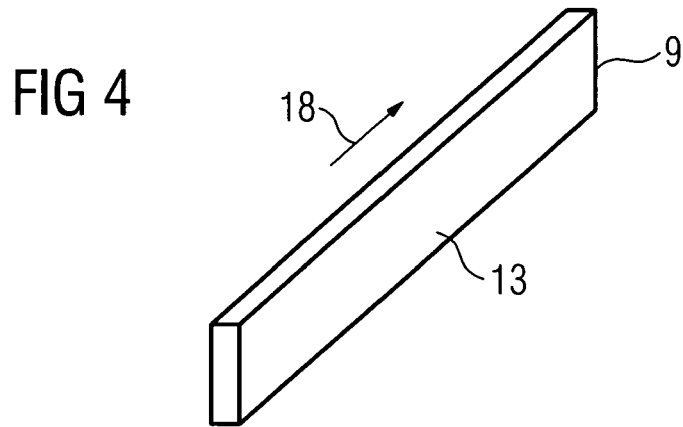


FIG 7

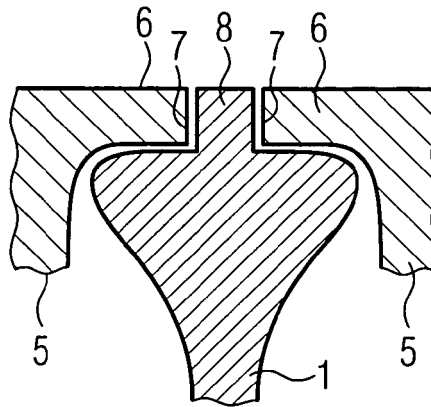


FIG 8

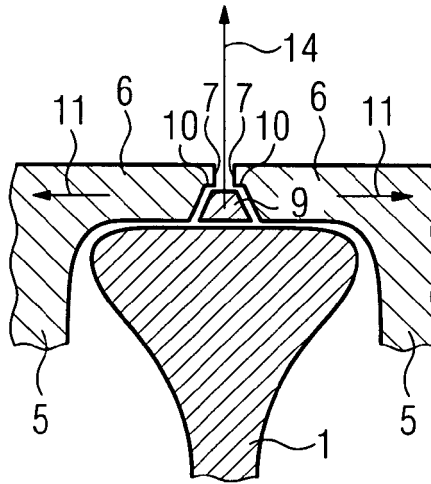
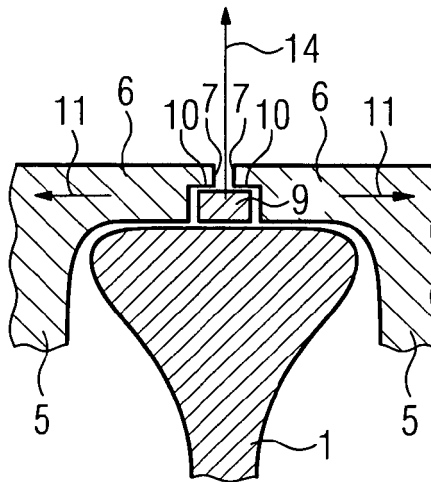


FIG 9





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 124 038 A (SIEMENS AG [DE]) 16. August 2001 (2001-08-16) * Absätze [0018] - [0020]; Abbildung 1 * -----	1,2,5,6	INV. F01D5/22 F01D5/30 F01D11/00
X	DE 199 40 556 A1 (ASEA BROWN BOVERI [CH]) 1. März 2001 (2001-03-01) * Spalte 5, Zeile 7 - Spalte 6, Zeile 45; Anspruch 3; Abbildungen 1-3,6 * -----	1,2,5-7	
X	FR 2 235 272 A (ROLLS ROYCE [GB]) 24. Januar 1975 (1975-01-24) * Seite 3, Zeilen 15-39; Abbildungen 1-6 * -----	1,5,6	
X	US 6 371 727 B1 (STANGELAND MAYNARD L [US] ET AL) 16. April 2002 (2002-04-16) * Spalte 3, Zeilen 4-44; Abbildungen 2-6 * -----	1,6,7	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D
1	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 9. Juli 2008	Prüfer Oechsner de Coninck
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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	
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			

EPO FORM 1503.03.82 (P04G03)

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

EP 08 00 4272

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.

09-07-2008

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1124038	A	16-08-2001	CN 1398322 A 19-02-2003 WO 0159263 A2 16-08-2001 JP 2003522872 T 29-07-2003 US 2003012654 A1 16-01-2003
DE 19940556	A1	01-03-2001	KEINE
FR 2235272	A	24-01-1975	DE 2430181 A1 16-01-1975 GB 1460714 A 06-01-1977 IT 1012974 B 10-03-1977 JP 1056478 C 23-07-1981 JP 50069412 A 10-06-1975 JP 55048166 B 04-12-1980 US 3918842 A 11-11-1975
US 6371727	B1	16-04-2002	KEINE

EPO FORM P0461

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