(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 600 606 A1

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
30.11.2005 Patentblatt 2005/48

(51) Int Cl.[7]: **F01D 11/00**

(21) Anmeldenummer: **05090080.2**

(22) Anmeldetag: **31.03.2005**

(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

(30) Priorität: **03.05.2004 DE 102004023130**

(71) Anmelder: **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG**
15827 Blankenfelde-Mahlow (DE)

(72) Erfinder:
- **Parchem, Roland**
  10963 Berlin (DE)
- **Baird, Ian**
  Lindsayfield East Kilbride Scotland (GB)

(74) Vertreter: **Wablat, Wolfgang**
Patentanwalt,
Potsdamer Chaussee 48
14129 Berlin (DE)

(54) Dichtungs- und Dämpfungssystem für Turbinenschaufeln

(57) Die Schaufelplattformen von Turbinenschaufeln sind über einen einstückigen, flachen, entsprechend der Krümmung der Schaufelplattform in einer oder zwei Ebenen gekrümmten Dichtungs- und Dämpfungsstreifen (7) gekoppelt, der an der Unterseite der Schaufelplattform (2) einer Plattformtasche (4) zugeordnet ist und durch Zentrifugalkräfte gegen die Taschenfläche (10) und gegen die Seitenfläche (9) der benachbarten Schaufelplattform (2') gedrückt wird. Dadurch werden die Schaufelplattformen gegeneinander abgedichtet und deren axiale und tangentiale Schwingungen wirksam gedämpft. Durch die Anpassung des Dichtungs- und Dämpfungsstreifens an die Plattformkonstruktion ist das System zudem einfach, kostengünstig und gewichtssparend ausgebildet.

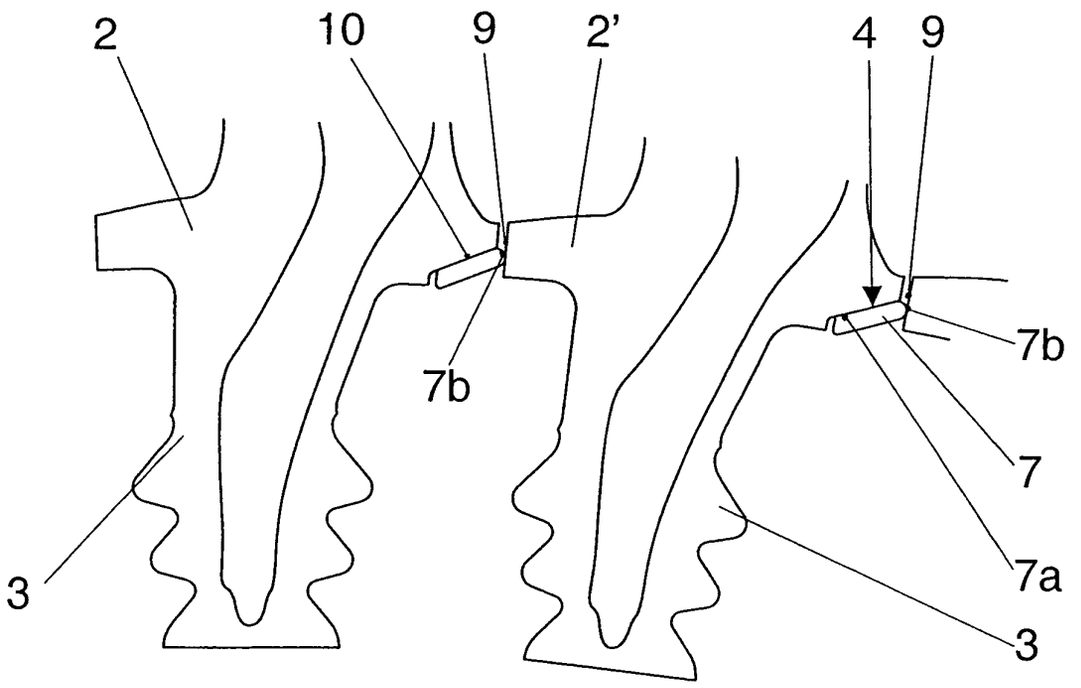


Fig. 5

EP 1 600 606 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Dichtungs- und Dämpfungssystem für Turbinenschaufeln, deren Schaufelplattformen über Dichtungs- und Dämpfungselemente gekoppelt sind.

[0002] Die mit heißem Hochdruckgas beaufschlagten, mit dem Schaufelfuß über ein Tannenbaumprofil in der Turbinenscheibe verankerten Turbinenschaufeln sind unter anderem durch die Vibration der Schaufelblätter hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt. Zur Verringerung der Vibration und der dadurch bedingten Schaufelbelastung ist bekanntermaßen zwischen den gegenüberliegenden Seitenkanten jeweils benachbarter Plattformen ein Dämpfungselement eingelegt. Das Dämpfungselement ist beispielsweise in Form eines in einer beiderseitigen Nut der Plattformen liegenden stabförmigen, im Querschnitt dreieckigen Elements ausgebildet, das sich unter der Wirkung der Fliehkraft eng an die gegenüberliegenden Flächen der benachbarten Plattformen anlegt und dadurch die Vibration dämpft. Ein derartiges geradlinig und prismatisch ausgelegtes Dämpfungselement, wie es beispielsweise in der US 4872812 beschrieben ist, dämpft die Schwingungen aufgrund der herrschenden Reibungskräfte, ist aber nicht in der Lage, die infolge des verbleibenden Spaltes zwischen den Plattformen auftretenden Ventilationsverluste in ausreichendem Umfang zu verringern, die die Funktion des Turbinenschaufelrades beeinträchtigen und zudem die Kühlluft erwärmen.

[0003] Bekannt sind weiterhin aus einem runden Draht bestehende Dichtungselemente, die über die gesamte Plattformlänge in dem Spalt zwischen zwei benachbarten Plattformen angeordnet sind und dem Krümmungsverlauf des Spaltes folgen. Ein derartiges - beispielsweise in der US 3918842 offenbartes - Dichtungselement kann aufgrund des Linienkontaktes und der dementsprechend geringen Reibungskräfte nur in geringem Umfang eine Dämpfungsfunktion ausüben.

[0004] Es wurde bereits vorgeschlagen, die Schaufelplattformen konstruktiv so auszubilden, das sowohl Dampfungselemente als auch Dichtungselemente zwischen den gegenüberliegenden Plattformflächen eingebaut werden können. Eine derartige Konstruktion ist jedoch bei der aerodynamisch vorgegebenen, doppelt gekrümmten Gestalt der Schaufelplattform mit einem erheblichen Fertigungsaufwand und entsprechend hohen Kosten verbunden. Außerdem wird das Gewicht der Plattform wesentlich erhöht.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Dämpfungs-und Dichtungssystem für miteinander gekoppelte Plattformen von Turbinenschaufeln anzugeben, das mit geringem Herstellungsaufwand und gewichtssparend hergestellt werden kann und eine hohe schwingungsdämpfende und abdichtende Wirkung hat.

[0006] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einem gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 ausgebildeten Dämpfungs-und Dichtungssystem gelöst. Aus den Unteransprüchen ergeben sich weitere Merkmale und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

[0007] Ausgehend von über Dichtungs- und Dämpfungselemente gekoppelten Schaufelplattformen besteht das Wesen der Erfindung in der Verwendung eines dreidimensional geformten, das heißt entsprechend der geschwungenen Form der Schaufelplattform in einer oder zwei Ebenen gekrümmten, einstückig ausgebildeten Dichtungs- und Dämpfungsstreifens, der einer an einer Unterseite der Schaufelplattform ausgebildeten, der Streifenform entsprechenden Ausnehmung zugeordnet ist. Diese Ausnehmung bildet eine Plattformtasche, die zur Seitenfläche der benachbarten Schaufelplattform hin offen und schräg nach oben zu dieser ausgerichtet ist. Durch die bei Rotation der beschaufelten Turbinenscheibe wirkenden Zentrifugalkräfte wird der Dichtungs- und Dämpfungsstreifen sowohl gegen die Taschenfläche als auch gegen die Seitenfläche der benachbarten Schaufelplattform gedrückt und bewirkt eine Abdichtung zwischen den Schaufelplattformen. Gleichzeitig werden die axialen und tangentialen Schwingungen der Schaufelplattformen durch die zwischen dem Dichtungs- und Dämpfungsstreifen und der Taschenfläche sowie der Seitenfläche der jeweils benachbarten Schaufelplattformen wirkenden Reibungskräfte gedämpft. Aufgrund der Anpassung des Dehnungs- und Dichtungsstreifens an die Schaufelplattform kann diese unter Gewichtseinsparung konstruktiv optimal und kostengünstig ausgebildet werden. Gleichzeitig ist eine wirksame Dichtung und Schwingungsdämpfung gewährleistet.

[0008] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine Turbinenschaufel in perspektivischer An sicht von der Seite, auf der die Plattformtasche ausgebildet ist;
- Fig. 2 die Turbinenschaufel nach Fig. 1, jedoch mit einem anderen Blickwinkel auf die mit der Plattformtasche versehene Plattformseite;
- Fig. 3 eine perspektivische Ansicht eines zweifach gekrümmten Dichtungs- und Dämpfungsstreifens;
- Fig. 4a/b eine Darstellung des Dichtungs- und Dämpfungsstreifens in zwei weiteren Ansichten; und
- Fig. 5 eine Schnittansicht zweier benachbarter Turbinenschaufeln im Bereich der über ein Dämpfungs- und Dichtungselement gekoppelten Schaufelplattformen.

[0009] Die Figuren 1 und 2 zeigen eine Turbinenschaufel, bestehend aus einem Schaufelblatt 1, einer

Schaufelplattform 2 und einem Schaufelfuß 3. Eine Mehrzahl von Turbinenschaufeln ist über eine Tannenbaumverzahnung am Umfang einer Turbinenscheibe (nicht dargestellt) angebracht. Wie aus den Figuren 1 und 2 erkennbar, ist die Schaufelplattform 2 - aerodynamisch bedingt - zweifach, das heißt axial und tangential, gekrümmt. An jeweils einer Seite der Schaufelplattform 2 ist eine Plattformtasche 4 mit dieser zugeordneten Haltestegen 5 ausgeformt. Auf der Seite mit der Plattformtasche 4 ist an einem seitlichen Randbereich der Schaufelplattform 2 eine kleine Dichtungstasche 6 ausgebildet. Die Figuren 3 sowie 4a und 4b geben jeweils einen dreidimensionalen flachen Dichtungs- und Dämpfungsstreifen 7 mit seitlich angeformtem Dichtungsdraht 8 wieder. Die Krümmung des Dichtungs- und Dämpfungsstreifens 7 entspricht genau dem Krümmungsverlauf der Schaufelplattform 2 bzw. der in diese auf einer Seite eingearbeiteten Plattformtasche 4. Der Dichtungs- und Dämpfungsstreifen 7 befindet sich, wie in Fig. 5 schematisch dargestellt, in der Plattformtasche 4 und wird zur Achse der Turbinenscheibe hin durch die Haltestege 5 gehalten. Die kleine Dichtungstasche 6 dient zur Aufnahme des Dichtungsdrahtes 8.

[0010] Während des Betriebs der Turbine, das heißt, der Rotationsbewegung der beschaufelten Turbinenscheibe (nicht dargestellt), wird der Dichtungs- und Dämpfungsstreifen 7 durch die Zentrifugalkraft gegen die schräg nach oben zur angrenzenden Seitenfläche 9 der benachbarten Schaufelplattform 2' hin verlaufende Taschenfläche 10 (erste Reib- und Dichtfläche 10) der Plattformtasche 4 gedrückt. Dabei liegt die obere Kontaktfläche 7a (erste Reib- und Dichtfläche) des Dichtungs- und Dämpfungsstreifens 7 vollflächig an der schräg gerichteten, durch die Plattformtasche 4 gebildeten Taschenfläche 10 (erste Reib- und Dichtfläche). Aufgrund der Schräge der Taschenfläche 10 der Plattformtasche 4 wird der Dichtungs- und Dämpfungsstreifen 7 mit seiner Längsseite 7b (seitliche Kontaktfläche, zweite Reib- und Dichtfläche) auch in Richtung der Seitenfläche 9 (zweite Reib- und Dichtfläche) der Schaufelplattform 2' bewegt, um so die Kopplung zwischen den Schaufelplattformen 2 und 2' zu bewirken. Die Seitenfläche 9 der Schaufelplattform 2' bildet eine zweite Reib- und Dichtfläche für den Dichtungs- und Dämpfungsstreifen 7, und zwar an dessen Längsseite 7b. Während der Rotation der an der Turbinenscheibe gehaltenen Turbinenschaufeln können die Schaufelplattformen 2, 2' - infolge von aerodynamischen Anregungen der Schaufeln - eine tangentiale Schwingungsbewegung (Bewegung in Umfangsrichtung der Scheibe) und eine axiale Schwingungsbewegung (Bewegung in Achsrichtung der Scheibe) ausführen.

[0011] Beide Schwingungsbewegungen der Schaufelplattformen 2, 2' können einerseits durch die Reibungskräfte zwischen der schrägen Taschenfläche 10 (erste Reib- und Dichtfläche) der Plattformtasche 4 und der oberen Kontaktfläche 7a des Dichtungs- und Dämpfungsstreifens 7 gedämpft werden. Andererseits kann eine Dämpfung durch die Reibungskräfte zwischen der Längsseite 7b des Dichtungs- und Dämpfungsstreifens 7 und der Seitenfläche 9 (zweite Reib- und Dichtfläche) der benachbarten Schaufelplattform 2' erfolgen. Die Dämpfungswirkung wird durch die Größe der Reibungskräfte bestimmt, die ihrerseits durch den Reibungskoeffizienten an den einander kontaktierenden Flächen (7a, 7b) des Dichtungs- und Dämpfungsstreifens 7 und der Schaufelplattform 2 beeinflusst werden kann. Gleichzeitig dichtet der Dichtungs- und Dämpfungsstreifen 7 mit seiner oberen Kontaktfläche 7a und mit seiner Längsseite 7b (seitliche Kontaktfläche) die benachbarten Schaufelplattformen 2, 2' an deren Taschenfläche 10 und Seitenfläche 9 (erste und zweite Reibflächen 9, 10) gegeneinander ab.

[0012] Mit dem zuvor beschriebenen Dichtungs- und Dämpfungssystem wird mit einfachen konstruktiven Maßnahmen und ohne bauliche und gewichtserhöhende Veränderungen an den Schaufelplattformen eine sichere Abdichtung und Schwingungsdämpfung zwischen den Schaufelplattformen 2, 2' erzielt. Wesentlich ist dabei die Anordnung eines als flacher Streifen ausgebildeten Dichtungs- und Dämpfungselements 7, dessen Krümmung der der Schaufelplattform 2 entspricht, wobei der Dichtungs- und Dämpfungsstreifen 7 einer auf einer Längsseite der Schaufelplattform 2 ausgebildeten Plattformtasche 4 in Form einer dem Dichtungs- und Dämpfungsstreifen 7 entsprechenden, schräg auf die Seitenfläche 9 der angrenzenden Schaufelplattform 2' gerichteten Ausnehmung zugeordnet wird, so dass der Dichtungs- und Dämpfungsstreifen 7 unter der Wirkung der Zentrifugalkraft die beiden Schaufelplattformen 2, 2' koppelt und abdichtet und aufgrund der Reibungskräfte für die Schwingungsdämpfung zwischen den benachbarten Schaufelplattformen sorgt. Im Rahmen dieses Erfindungsgedankens sind Abwandlungen der oben beschriebenen Ausführungsform, beispielsweise die Anordnung eines einfach gekrümmten Dichtungs- und Dämpfungsstreifens bei nur einfach gekrümmten Schaufelplattformen, möglich.

Bezugszeichenliste

[0013]

1	Schaufelblatt
2, 2'	Schaufelplattform
3	Schaufelfuß
4	Plattformtasche
5	Haltestege
6	Dichtungstasche
7	Dichtungs- und Dämpfungsstreifen
7a	obere Kontaktfläche (1. Reib- und Dichtfl.)
7b	Längsseite (2. Reib- und Dichtfläche., seitliche Kontaktfläche)
8	Dichtungsdraht
9	Seitenfläche von 2' (2. Reib- und Dichtfl.)
10	Taschenfläche (1. Reib- und Dichtfläche)

Patentansprüche

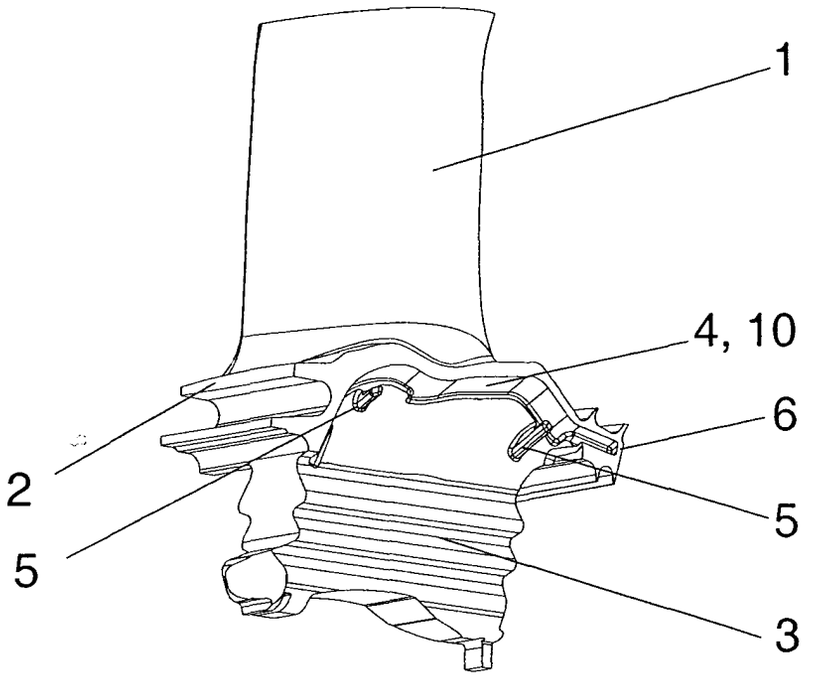
1. Dichtungs- und Dämpfungssystem für Turbinenschaufeln, deren Schaufelplattformen über Dichtungs- und Dämpfungselemente gekoppelt sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dichtungs- und Dämpfungselemente als einstückige, flache, entsprechend der Krümmung der Schaufelplattform (2) in einer oder zwei Ebenen gekrümmte Dichtungs- und Dämpfungsstreifen (7) ausgebildet sind, die jeweils einer an einer Unterseite der Schaufelplattform als flache, schräg nach oben auf die Seitenfläche (9) der jeweils benachbarten Schaufelplattform (2') gerichtete Ausnehmung ausgebildeten Plattformtasche (4) zugeordnet sind, und die unter der Wirkung der Zentrifugalkraft zur Abdichtung und zur reibungsbedingten Dämpfung der axialen und tangentialen Schaufelschwingungen mit ihrer oberen Kontaktfläche (7a) vollflächig an einer Taschenfläche (10) der Plattformtasche (4) anliegen und mit ihrer Längsseite (7b) die Seitenfläche (9) der jeweils benachbarten Schaufelplattform (4') kontaktieren.

2. Dichtungs- und Dämpfungssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Plattformtasche (4) Haltemittel in Form von Haltestegen (5) oder -nuten zum Halten des Dichtungs- und Dämpfungsstreifen (7) in der zur Wirkung der Zentrifugalkräfte entgegengesetzten Richtung zugeordnet sind.

3. Dichtungs- und Dämpfungssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Größe der reibungsbedingten Schwingungsdämpfung über den Reibungskoeffizienten der Schaufelplattform (2, 2') und/oder des Dichtungs- und Dämpfungsstreifens (7) eingestellt ist.

4. Dichtungs- und Dämpfungssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** an einer Stirnseite des Dichtungs- und Dehnungsstreifens (7) ein Dichtungsdraht (8) angeformt ist, der in einer Dichtungstasche (6) der Schaufelplattform (2) angeordnet ist.

Fig. 1



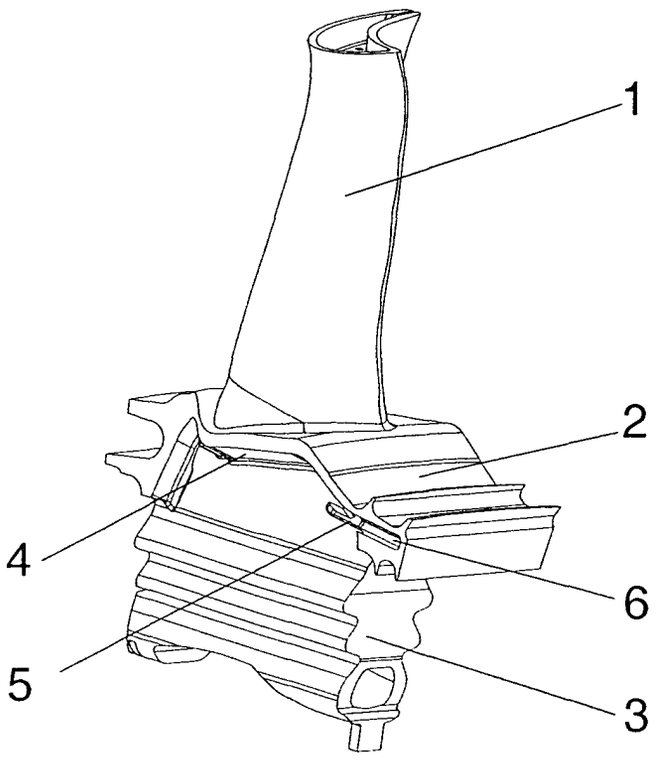


Fig. 2

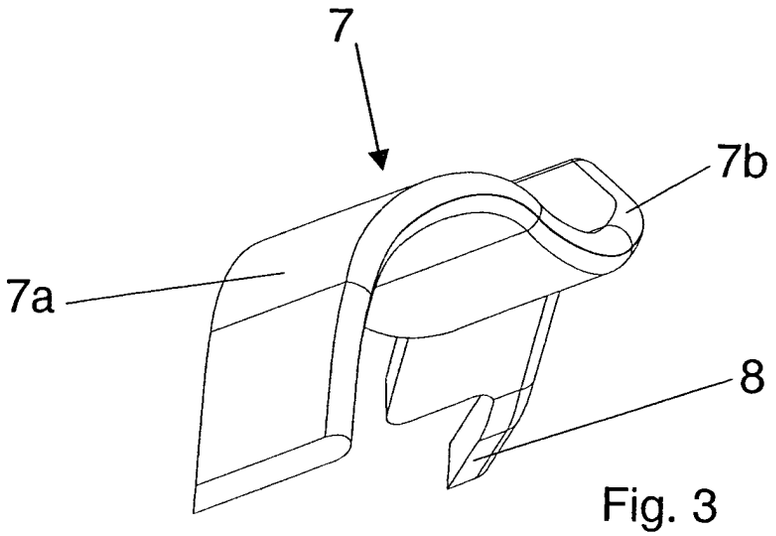


Fig. 3

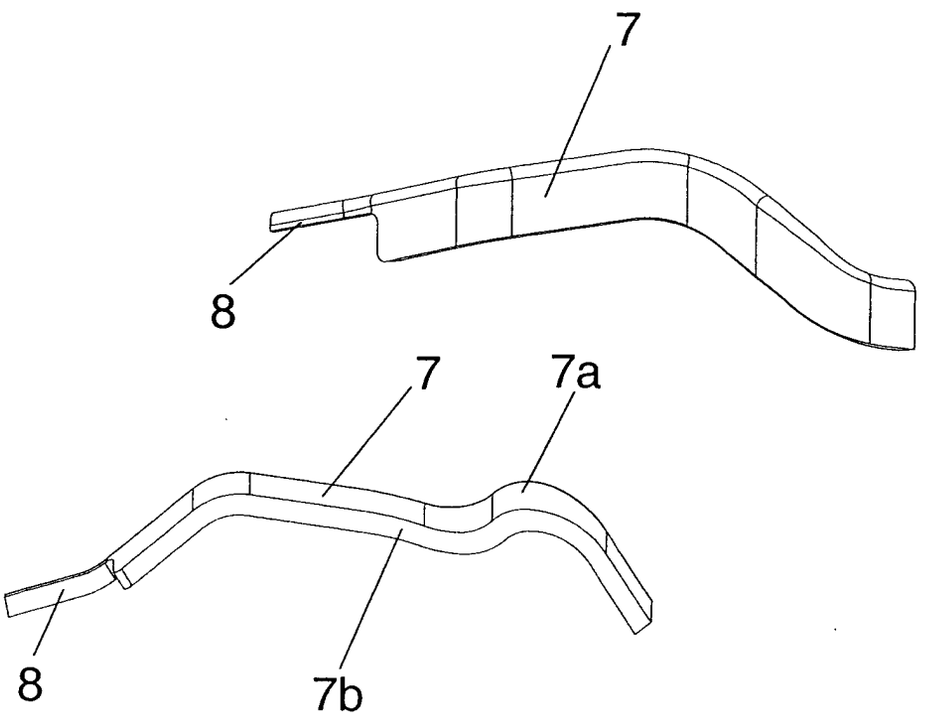


Fig. 4 a/b

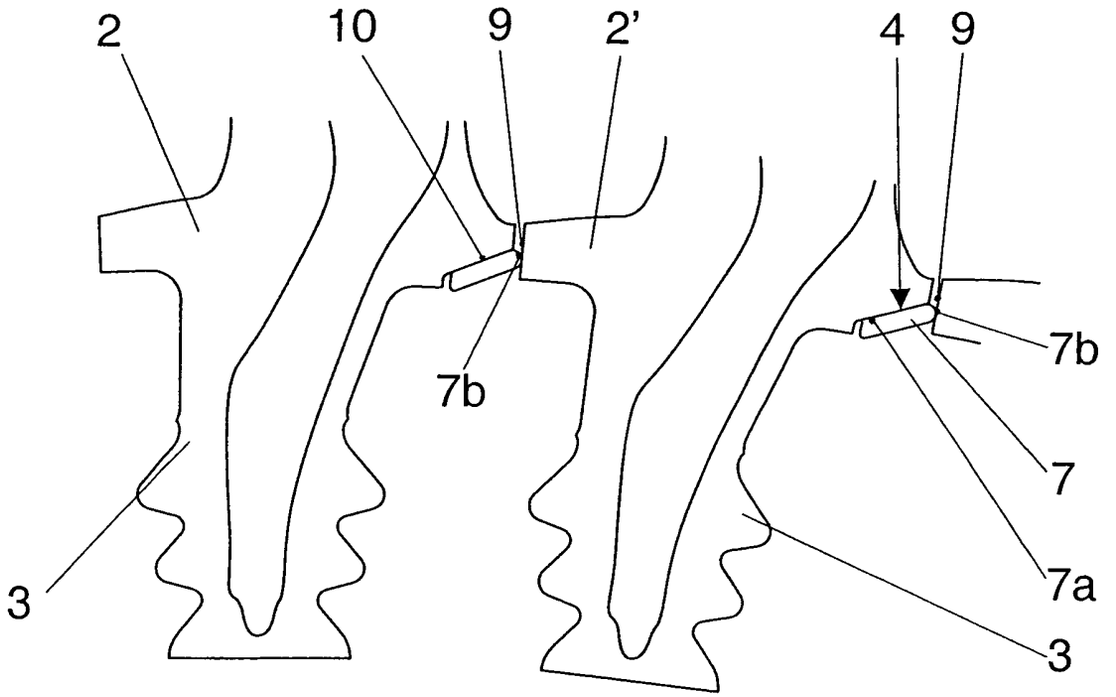


Fig. 5

Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 09 0080

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
D,X	US 4 872 812 A (HENDLEY ET AL) 10. Oktober 1989 (1989-10-10) * das ganze Dokument * -----	1-4	F01D11/00
A	US 3 709 631 A (KARSTENSEN K,US ET AL) 9. Januar 1973 (1973-01-09) * Spalte 3 - Spalte 4, Zeilen 12-28; Abbildungen 5-7 * -----	1-4	
A	US 3 752 598 A (BOWERS D,US ET AL) 14. August 1973 (1973-08-14) * Spalte 5, Zeilen 14-39; Abbildungen 5,6 * -----	1-3	
A	US 4 936 749 A (ARRAO ET AL) 26. Juni 1990 (1990-06-26) * Spalte 4, Zeilen 30-68; Abbildungen 4,5 * -----	1-3	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) F01D

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München	19. September 2005	Chatziapostolou, A

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 09 0080

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.

19-09-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4872812 A	10-10-1989	CA 1279017 C	15-01-1991
		DE 3825951 A1	16-02-1989
		FR 2619158 A1	10-02-1989
		GB 2208529 A	05-04-1989
		IT 1226368 B	11-01-1991
US 3709631 A	09-01-1973	KEINE	
US 3752598 A	14-08-1973	KEINE	
US 4936749 A	26-06-1990	CA 1305428 C	21-07-1992
		DE 3926706 A1	28-06-1990
		FR 2640683 A1	22-06-1990
		GB 2226368 A	27-06-1990
		IL 90811 A	18-07-1991
		IT 1231382 B	02-12-1991
		JP 2188602 A	24-07-1990
		JP 2907880 B2	21-06-1999

EPO FORM P0461

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