

(19)



(11)

EP 2 218 918 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.08.2010 Patentblatt 2010/33

(51) Int Cl.:
F04D 29/54 (2006.01) **F01D 9/04** (2006.01)
F01D 11/00 (2006.01) **F01D 11/12** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09002056.1**

(22) Anmeldetag: **13.02.2009**

(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 MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

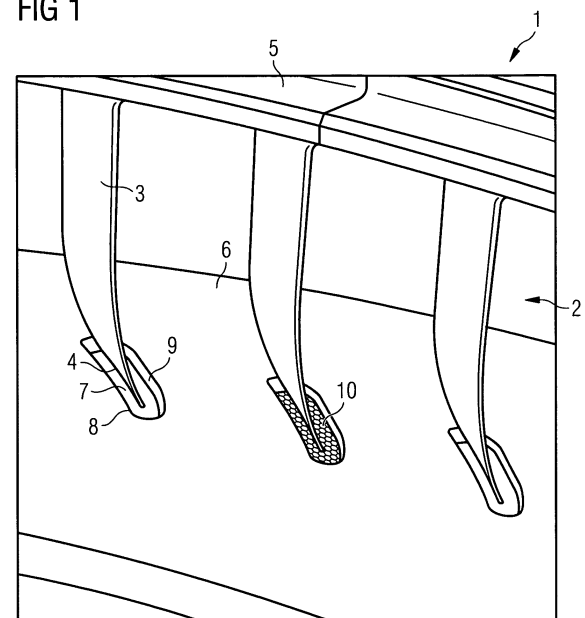
(72) Erfinder:
• **Benkler, François, Dr.**
40880 Ratingen (DE)

- **Klein, Karl Dr.**
45257 Essen (DE)
- **Matthias, Torsten**
45481 Mülheim an der Ruhr (DE)
- **Schirmmacher, Achim**
45663 Recklinghausen (DE)
- **Schneider, Oliver, Dr.**
46487 Wesel (DE)
- **Shevchenko, Vadim**
44265 Dortmund (DE)
- **Waltke, Ulrich, Dr.**
45468 Mülheim an der Ruhr (DE)

(54) **Axialturboverdichter für eine Gasturbine mit geringen Spaltverlusten und Diffusorverlusten**

(57) Ein Axialturboverdichter für eine Gasturbine weist ein Leitschaufelgitter (2), das von Leitschaufeln (3) mit nabenseitig freistehenden Schaufelspitzen (4) gebildet ist, und eine stationären Wellenabdeckung (6) auf, die nabenseitig den Schaufelspitzen (4) unmittelbar benachbart angeordnet ist und den Strömungskanal des Axialverdichters (1) abgrenzt, wobei zwischen der Wellenabdeckung (6) und den Schaufelspitzen (4) ein Spalt ausgebildet ist, der derart minimal dimensioniert ist, dass gerade noch das Zusammenbauen des Axialturboverdichters (1) bewerkstelligbar ist, und in der Wellenabdeckung (6) eine Mehrzahl von Vertiefungen (7) vorgesehen ist, wobei einer jeden Schaufelspitze (4) eine der Vertiefungen (7) zugeordnet ist, die der ihr zugeordneten Schaufelspitze (4) unmittelbar benachbart angeordnet und derart dimensioniert ist, dass beim Betrieb des Axialturboverdichters (1) jede Schaufelspitze (4) in ihre zugeordnete Vertiefung (7) eintauchbar ist, ohne dass eine der Schaufelspitzen (4) die Wellenabdeckung (6) maßgeblich berührt.

FIG 1



EP 2 218 918 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Axialturboverdichter für eine Gasturbine, wobei der Axialturboverdichter geringe Spaltverluste hat.

[0002] Eine Gasturbine weist einen Turboverdichter beispielsweise in Axialbauweise auf. Der Turboverdichter weist ein Gehäuse mit einem daran angebrachten Stator und einen Rotor auf, der von dem Gehäuse umgeben ist. Der Rotor weist eine Welle auf, an der der Rotor drehantreibbar ist. Die Welle umgebend ist eine Wellenabdeckung vorgesehen, deren Außenkontur zusammen mit der Innenkontur des Gehäuses einen Teil des Strömungskanals durch den Turboverdichter bildet. Der Strömungskanal hat einen in Strömungsrichtung sich aufweitenden Querschnitt, so dass der Strömungskanal als ein Diffusor ausgebildet ist.

[0003] Der Rotor weist eine Mehrzahl von Rotorstufen auf, die jeweils von einer Rotorschaukelreihe gebildet sind. Ferner weist der Stator eine Mehrzahl von Statorschaukelreihen auf, die in Axialrichtung gesehen abwechselnd zu den Rotorschaukelreihen angeordnet sind. Herkömmlich ist in Strömungsrichtung gesehen nach der letzten Rotorschaukelreihe eine Leitschaukelreihe und danach eine Nachleitschaukelreihe angeordnet.

[0004] Die Leitschaukelreihen weisen eine Mehrzahl an Schaukeln auf, die mit ihrem einen Ende jeweils an dem Gehäuse befestigt sind und mit ihrem andern Ende in Richtung zu der Welle zeigen. An dem anderen Ende der Leitschaukel ist eine Schaukelspitze ausgebildet, die der Wellenabdeckung zugewandt und unmittelbar benachbart angeordnet ist. Der Abstand zwischen den Schaukelspitzen und der Wellenabdeckung ist als ein Radialspalt ausgebildet, der derart dimensioniert ist, dass einerseits die Schaukelspitzen beim Betrieb der Gasturbine an die Wellenabdeckung nicht anstoßen und andererseits die beim Betrieb der Gasturbine sich einstellende Leakageströmung durch den Radialspalt möglichst gering ist. Dieser Spalt ist deshalb so gering wie möglich auszulegen, damit ein hoher Wirkungsgrad erzielt und das volle Beschaukelungspotential des Verdichters ausgeschöpft werden kann.

[0005] Das Gehäuse des Turboverdichters ist massiv konstruiert, um den Druck- und Temperaturbeanspruchungen beim Betrieb der Gasturbine standhalten zu können. Ferner ist das Gehäuse steif ausgeführt, damit der Lasteintrag auf das Gehäuse beim Betrieb der Gasturbine eine nur kleine Verformung des Gehäuses zur Folge hat. Im Gegensatz dazu ist die Wellenabdeckung beim Betrieb der Gasturbine geringeren mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt, wodurch die Wellenabdeckung dünner und weniger massiv als das Gehäuse ausgeführt ist.

[0006] Dadurch, dass die Wellenabdeckung mit kleineren Wandstärken im Vergleich zum Gehäuse ausgebildet ist und in der Regel andere Materialeigenschaften als das Gehäuse hat, erwärmt sich die Wellenabdeckung schneller als das Gehäuse mit den daran befestigten

Leitschaukelreihen. Dies hat zur Folge, dass zum Anfahren und Abfahren der Gasturbine die Wellenabdeckung und das Gehäuse eine unterschiedliche Wärmeausdehnungsgeschwindigkeit haben, so dass sich beim Anfahren und Abfahren der Gasturbine die Höhe des Radialspalts ändert, wobei der Radialspalt beim Anfahren temporär kleiner und beim Abfahren größer ist.

[0007] Damit beim Betrieb des Turboverdichters die Schaukelspitzen der Leitschaukelreihe nicht an die Wellenabdeckung anstoßen und diese beschädigen ist der Radialspalt mit einer derart dimensionierten Minimalhöhe versehen, dass in jedem Betriebszustand der Gasturbine - stationär wie instationär - die Schaukelspitzen die Wellenabdeckung so gut wie nie berühren. Dies hat zur Folge, dass an den Schaukelspitzen ein entsprechend dimensionierter Radialspalt vorgehalten ist, der zu einer Reduktion des Wirkungsgrades der Gasturbine führt.

[0008] Ferner führt die von dem Radialspalt verursachte Blockage zu einer Reduktion der Hauptströmungskomponente, wodurch der Druckrückgewinn im Diffusor reduziert wird und nachteilige Ablösephänomene auftreten können.

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es, einen Axialturboverdichter für eine Gasturbine zu schaffen, der einen hohen Wirkungsgrad und eine hohe Betriebssicherheit hat.

[0010] Der erfindungsgemäße Axialturboverdichter für eine Gasturbine weist ein Leitschaukelgitter, das von Leitschaukeln mit nabenseitig freistehenden Schaukelspitzen gebildet ist, und eine stationäre Wellenabdeckung auf, die nabenseitig den Schaukelspitzen unmittelbar benachbart angeordnet ist und den Strömungskanal des Axialverdichters abgrenzt, wobei zwischen der Wellenabdeckung und den Schaukelspitzen ein Spalt ausgebildet ist, der derart minimal dimensioniert ist, dass gerade noch das Zusammenbauen des Axialturboverdichters bewerkstelligbar ist, und in der Wellenabdeckung eine Mehrzahl von Vertiefungen vorgesehen ist, wobei einer jeden Schaukelspitze eine der Vertiefungen zugeordnet ist, die der ihr zugeordneten Schaukelspitze unmittelbar benachbart angeordnet und derart dimensioniert ist, dass beim Betrieb des Axialturboverdichters jede Schaukelspitze in ihre zugeordnete Vertiefung eintauchbar ist, ohne dass eine der Schaukelspitzen die Wellenabdeckung maßgeblich berührt.

[0011] Dadurch ist der Spalt zwischen der Schaukelspitze und der Wellenabdeckung auf den minimal notwendigen Montagespalt eingestellt, so dass die Höhe des Spalts auf das montagebedingte Minimum reduziert ist. Die Höhe des minimal notwendigen Montagespalts ist derart gewählt, dass das Einkugeln der Leitschaukelgitter, insbesondere der hinteren Leitschaukelgitter, bewerkstelligbar ist.

[0012] In einem herkömmlichen Turboverdichter ist der Spalt zwischen den Schaukelspitzen und der Wellenabdeckung mit einer derart gewählten, minimal notwendigen Höhe versehen, dass so gut wie in allen denkbaren Betriebszuständen der Gasturbine die Schaukelspitzen die Wellenabdeckung kaum oder nicht berühren. Da-

durch ergibt sich der Spalt mit der derartigen Höhe, dass durch den Spalt ein merklicher Massenstrom an Leckageströmung strömt, der zu einer unerwünschten Wirkungsgradabsenkung der Gasturbine führt.

[0013] Hingegen ist beim erfindungsgemäßen Axialturboverdichter der Spalt auf den minimal möglichen Spalt, nämlich auf den minimal notwendigen Montagespalt, eingestellt, so dass die Leckageströmung durch den Spalt minimal ist. Dadurch hat der Axialturboverdichter einen hohen Druckrückgewinn in dem Diffusorabschnitt und somit einen hohen Wirkungsgrad.

[0014] Ferner können die Schaufelspitzen beim Betrieb des Axialturboverdichters in die Vertiefungen eintauchen, so dass, obwohl der Spalt auf den minimal notwendigen Montagespalt reduziert ist, eine schädliche Berührung der Schaufelspitzen mit der Wellenabdichtung beim Betrieb des Axialturboverdichters unterbunden ist.

[0015] Taucht die Schaufelspitze während eines bestimmten Betriebszustandes in ihre zugeordnete Vertiefung ein, so nimmt die Umströmung der Schaufelspitze ab, wodurch ebenfalls die Leckageströmung an der Schaufelspitze abnimmt. Dadurch steigt der Wirkungsgrad des Leitschaufelgitters und Verluste sowie Ablösungen in dem stromab des Axialturboverdichters liegenden Diffusor sind reduziert. Insgesamt folgt aus dem verbesserten Spaltverhalten ein gutes Gesamtmaschinenverhalten und ein hoher Gesamtmaschinenwirkungsgrad der Gasturbine. Im Umkehrschluss hierzu kann der Aufweitungsgrad des Diffusors, d.h. der Diffusorwinkel des Diffusors, größer gewählt sein, als dies bei einem herkömmlichen Diffuser der Fall wäre. Damit geht einher eine Reduktion der Baulänge der Gasturbine verglichen mit einer herkömmlichen Gasturbine.

[0016] Es ist bevorzugt, dass am Grund der Vertiefung eine honigwabenartige und/oder filzartige Struktur aufgebracht ist, die bei Berührung durch die Schaufelspitze nachgeben kann. Bevorzugt ist die honigwabenartige Struktur ein Honeycomb.

[0017] Dadurch kann die Schaufelspitze in die honigwabenartige und/oder filzartige Struktur eintauchen, wobei die Schaufelspitze nicht beschädigt wird. Daraus ergibt sich der Vorteil, dass der Abstand zwischen der Schaufelspitze und der honigwabenartigen und/oder filzartigen Struktur klein ausgeführt ist. Somit nimmt die Umströmung der Schaufelspitze ab, wenn die Schaufelspitze während eines bestimmten Betriebszustandes in ihrer zugeordneten Vertiefung eintaucht und sich in die honigwabenartige und/oder filzartige Struktur eingräbt. Dadurch nimmt vorteilhaft zusätzlich die Leckageströmung an der Schaufelspitze ab.

[0018] Ferner ist es bevorzugt, dass die Vertiefungen einen Umrissverlauf an der Oberfläche der Wellenabdichtung haben, der dem Profil der ihr zugeordneten Leitschaufeln an der Schaufelspitze nachempfunden ist, und eine vorbestimmte Tiefe haben.

[0019] Somit ist um die in die Vertiefung eingetauchte Schaufelspitze das Material der Wellenabdichtung derart

angeordnet, dass einerseits die Schaufelspitze beim Eintauchen in die Vertiefung nicht an die Wellenabdichtung stößt und andererseits die Umströmung der Schaufelspitze abnimmt.

[0020] Bevorzugt ist, dass die Tiefe der Vertiefungen derart bestimmt ist, dass im Betrieb des Axialturboverdichters die radialen Relativbewegungen zwischen den Schaufelspitzen und der Wellenabdichtung kompensierbar sind.

[0021] Dadurch ist vorteilhaft erreicht, dass ein Zusammenstoßen der Schaufelspitze mit der Wellenabdichtung im Betrieb des Axialturboverdichters unterbunden ist, so dass die Betriebssicherheit des Axialturboverdichters hoch ist.

[0022] Außerdem ist es bevorzugt, dass der Umrissverlauf der Vertiefungen derart bestimmt ist, dass im Betrieb des Axialturboverdichters die axialen Relativbewegungen zwischen den Schaufelspitzen und der Wellenabdichtung kompensierbar sind.

[0023] Somit ist es unterbunden, dass im Betrieb des Axialturboverdichters die Schaufelspitzen bei axialen Relativbewegungen zwischen den Schaufelspitzen und der Wellenabdichtung die Schaufelspitzen die Wellenabdichtung berühren, so dass die Betriebssicherheit des Axialturboverdichters hoch ist.

[0024] Im Folgenden wird die Erfindung anhand einer bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Axialturboverdichters anhand der beigefügten schematischen Zeichnungen gezeigt. Es zeigen:

Figur 1 eine perspektivische Ansicht eines Ausschnitts des Axialturboverdichters und

Figur 2 eine Ansicht entlang der Schaufellängsachse des Ausschnitts aus Figur 1.

[0025] Wie es aus den Figuren 1 und 2 ersichtlich ist, weist ein Axialturboverdichter 1 ein Leitschaufelgitter 2 auf, das von einer Mehrzahl von Leitschaufeln 3 gebildet ist. Die Leitschaufeln 3 sind in Umfangsrichtung des Axialturboverdichters 1 aufgereiht angeordnet und haben eine Längserstreckung in Radialrichtung des Axialturboverdichters 1.

[0026] Ferner weist der Axialturboverdichter 1 ein Gehäuse 5 auf, an dem innenseitig die Leitschaufeln 3 befestigt sind. Dem Gehäuse 5 abgewandt weisen die Leitschaufeln 3 eine Schaufelspitze 4 auf, die nach innen in das Gehäuse 5 zeigt.

[0027] Nabenseitig ist unmittelbar an den Schaufelspitzen 3 eine Wellenabdichtung 6 angeordnet, die als ein umfangssymmetrischer Ring ausgebildet ist. An der den Schaufelspitzen 4 zugewandten Außenseite der Wellenabdichtung 6 ist eine Mehrzahl an Vertiefungen 7 vorgesehen. Jede Vertiefung 7 ist einer anderen Schaufelspitze 4 zugeordnet, wobei die Vertiefung 7 unmittelbar benachbart zu ihrer zugeordneten Leitschaufelspitze 4 angesiedelt ist.

[0028] Jede Vertiefung 7 hat an der den Schaufelspit-

zen 4 zugewandten Außenseite der Wellenabdeckung 6 einen Umriss 8, der der Profilform der Leitschaufel 3 an der Leitschaufelspitze 4 nachempfunden ist. Ferner ist jede Vertiefung 7 mit einer Tiefe 9 in der Wellenabdeckung 6 vorgesehen. Die Form des Umrisses 8 und die Tiefe 9 sind derart bestimmt, dass im Betrieb des Axialturboverdichters jede Schaufelspitze 4 in ihre zugeordnete Vertiefung 7 eintauchen kann, wobei beim Eintauchen die Schaufelspitze 4 die Wellenabdeckung 6 nicht oder so gut wie kaum berührt.

[0029] Am Grund einer jeden Vertiefung 7 ist eine Honigwabenstruktur 10 aufgebracht, wie es in Figur 1 beispielhaft für die mittlere Vertiefung 7 gezeigt ist. Berührt beim Betrieb des Axialturboverdichters die Schaufelspitzen 4 die Honigwabenstruktur 10, so gibt die Honigwabenstruktur 10 nach, so dass sich die Schaufelspitze 4 in die Honigwabenstruktur 10 eindrückt.

stimmt ist, dass im Betrieb des Axialturboverdichters (1) die radialen Relativbewegungen zwischen den Schaufelspitzen (4) und der Wellenabdeckung (6) kompensierbar sind.

5. Axialturboverdichter gemäß Anspruch 3 oder 4, wobei der Umrissverlauf (8) der Vertiefungen (7) derart bestimmt ist, dass im Betrieb des Axialturboverdichters (1) die axialen Relativbewegungen zwischen den Schaufelspitzen (4) und der Wellenabdeckung (6) kompensierbar sind.

Patentansprüche

1. Axialturboverdichter für eine Gasturbine, mit einem Leitschaufelgitter (2), das von Leitschaufeln (3) mit nabenseitig freistehenden Schaufelspitzen (4) gebildet ist, und einer stationären Wellenabdeckung (6), die nabenseitig den Schaufelspitzen (4) unmittelbar benachbart angeordnet ist und den Strömungskanal des Axialverdichters (1) abgrenzt, wobei zwischen der Wellenabdeckung (6) und den Schaufelspitzen (4) ein Spalt ausgebildet ist, der derart minimal dimensioniert ist, dass gerade noch das Zusammenbauen des Axialturboverdichters (1) bewerkstelligbar ist, und in der Wellenabdeckung (6) eine Mehrzahl von Vertiefungen (7) vorgesehen ist, wobei einer jeden Schaufelspitze (4) eine der Vertiefungen (7) zugeordnet ist, die der ihr zugeordneten Schaufelspitze (4) unmittelbar benachbart angeordnet und derart dimensioniert ist, dass beim Betrieb des Axialturboverdichters (1) jede Schaufelspitze (4) in ihre zugeordnete Vertiefung (7) eintauchbar ist, ohne dass eine der Schaufelspitzen (4) die Wellenabdeckung (6) maßgeblich berührt.
2. Axialturboverdichter gemäß Anspruch 1, wobei am Grund einer jeden Vertiefung (7) eine honigwabenartige und/oder filzartige Struktur (10) aufgebracht ist, die bei Berührung durch die Schaufelspitzen (4) nachgeben kann.
3. Axialturboverdichter gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei jede Vertiefung (7) einen Umrissverlauf (8) an der Oberfläche der Wellenabdeckung (6) hat, der dem Profil der Leitschaufeln (3) an der Schaufelspitze (4) nachempfunden ist, und eine vorbestimmte Tiefe (9) hat.
4. Axialturboverdichter gemäß Anspruch 3, wobei die Tiefe (9) der Vertiefungen (7) derart be-

FIG 1

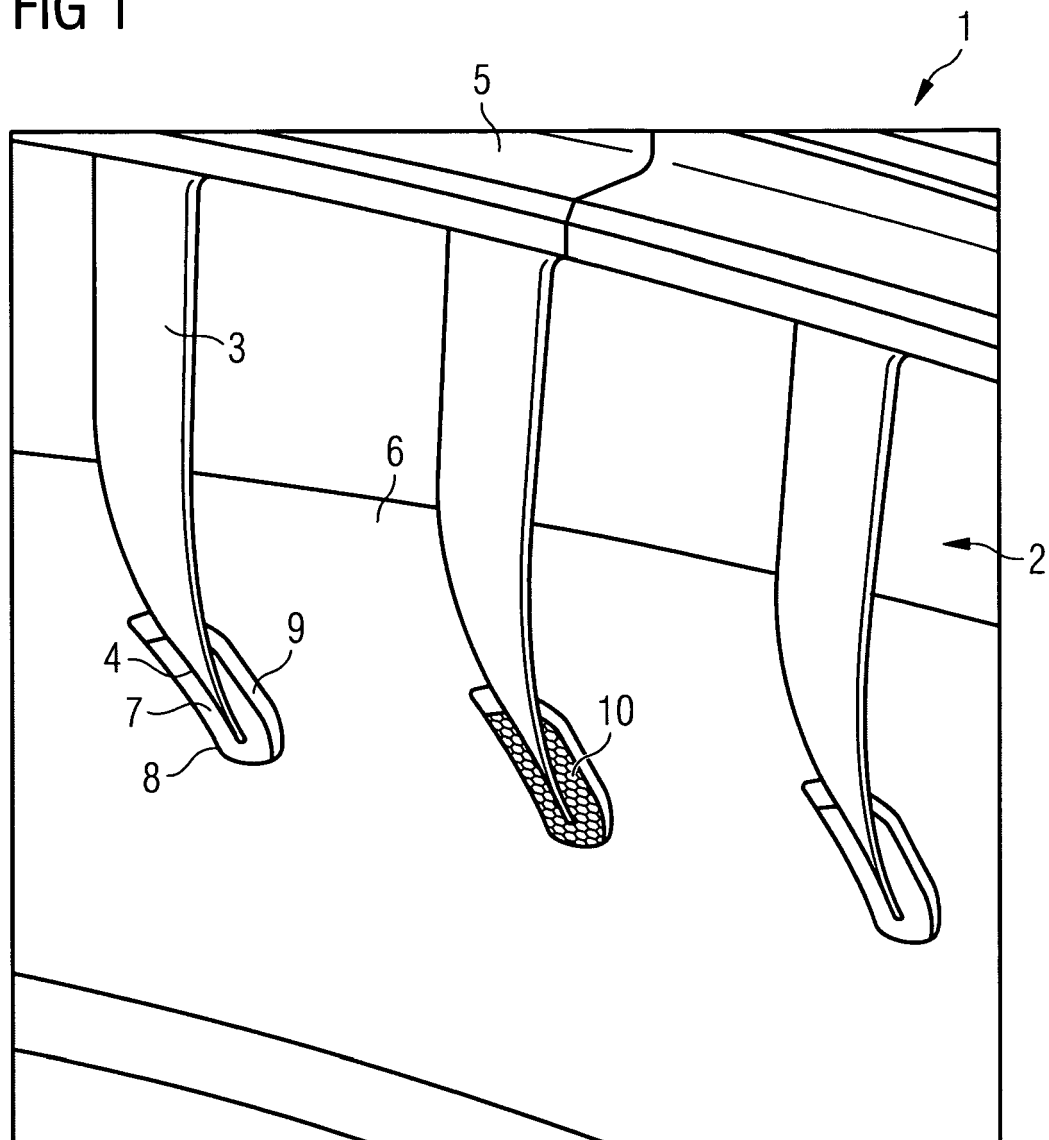
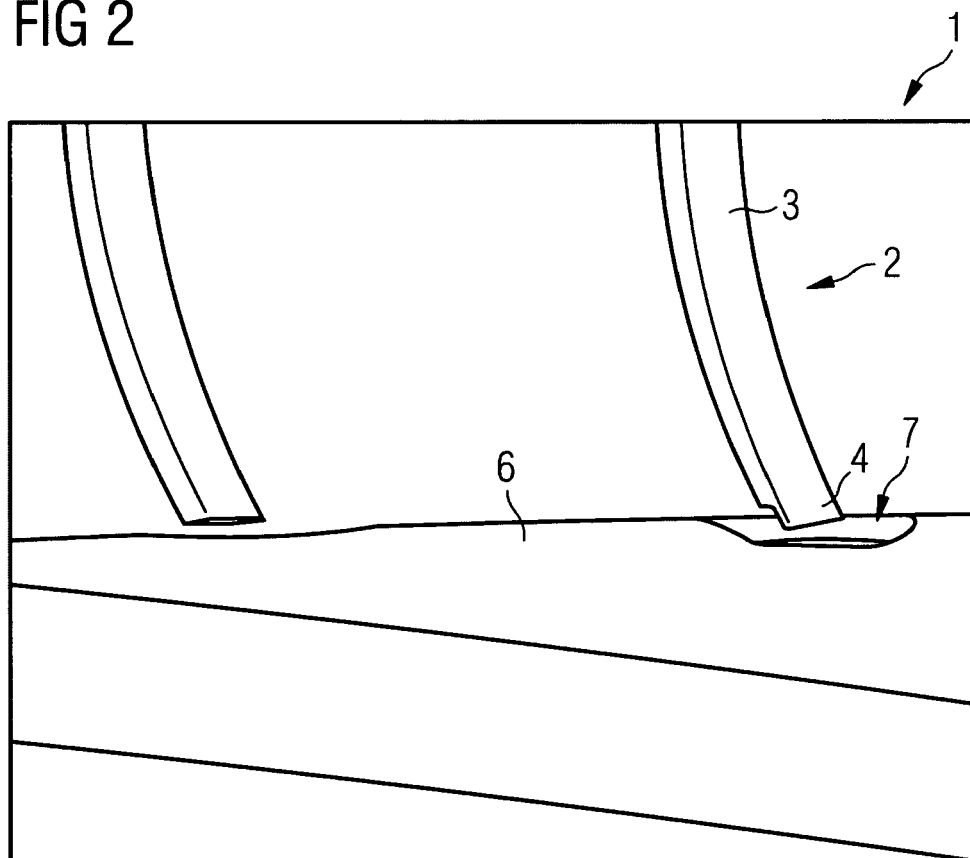


FIG 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 09 00 2056

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 079 075 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 28. Februar 2001 (2001-02-28) * Absätze [0001], [0002]; Abbildungen 3,4 *	1,3-5	INV. F04D29/54 F01D9/04 F01D11/00 F01D11/12
A	EP 1 707 744 A (GEN ELECTRIC [US]) 4. Oktober 2006 (2006-10-04) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 *	1	
A	WO 95/17584 A (ALLIED SIGNAL INC [US]) 29. Juni 1995 (1995-06-29) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 *	1	
A	EP 1 219 785 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 3. Juli 2002 (2002-07-03) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,4,5,7 *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04D F01D
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		31. März 2009	de Martino, Marcello
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 Patentedokument, 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			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 09 00 2056

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.

31-03-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1079075	A	28-02-2001	DE 60024541 T2	13-07-2006
			JP 2001065498 A	16-03-2001
			US 6409472 B1	25-06-2002

EP 1707744	A	04-10-2006	CN 1831297 A	13-09-2006
			JP 2006250147 A	21-09-2006
			US 2006198726 A1	07-09-2006

WO 9517584	A	29-06-1995	US 5494404 A	27-02-1996
			US 5547342 A	20-08-1996
			US 5569019 A	29-10-1996

EP 1219785	A	03-07-2002	JP 2002202004 A	19-07-2002
			SG 108286 A1	28-01-2005
			US 2004033137 A1	19-02-2004
			US 2002076320 A1	20-06-2002

EPO FORM P0461

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