

(19)



(11)

EP 1 862 640 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

05.12.2007 Patentblatt 2007/49

(51) Int Cl.:

F01D 5/14 (2006.01)

F01D 5/20 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06011253.9**

(22) Anmeldetag: **31.05.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA HR MK YU

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

(72) Erfinder:

- **Bergander, Katharina
13503 Berlin (DE)**
- **Bostanjoglo, Georg, Dr.
12161 Berlin (DE)**
- **Buchal, Tobias, Dr.
40489 Düsseldorf (DE)**
- **Esser, Winfried, Dr.
44805 Bochum (DE)**

• **Goldschmidt, Dirk Dr.**

47445 Moers (DE)

• **Koch, Thorsten**

46145 Oberhausen (DE)

• **Küperkoch, Rudolf**

45219 Essen (DE)

• **Mattheis, Thorsten**

45473 Mülheim (DE)

• **Münzer, Jan**

10439 Berlin (DE)

• **Müsgen, Ralf**

45147 Essen (DE)

• **Oechsner, Matthias Dr.**

45481 Mülheim (DE)

• **Pickert, Ursula**

45470 Mülheim (DE)

• **Vosberg, Volker Dr.**

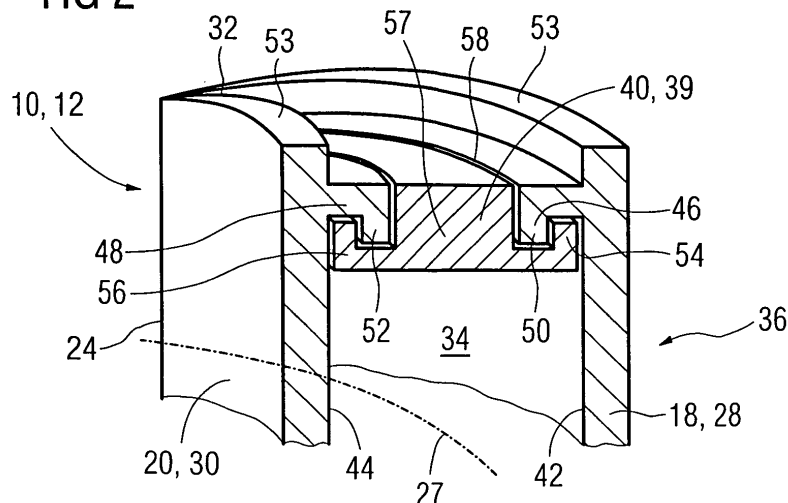
45476 Mülheim (DE)

(54) **Turbinenschaufel**

(57) Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel (10) mit einem aerodynamisch profilierten Schaufelblatt (16), welches aus zwei zusammengeführten Schalenelementen (28, 30) hergestellt ist. Die die saugseitige und die druckseitige Schaufelblattwand (18, 20) bildenden Schalenelemente (28, 30) sind mittels eines Hochtemperatur-

Hochdruck-Bonding-Prozesses zusammengefügt worden, die unter Umständen an der Schaufelspitze (36) auseinander klaffen können. Um dies zu verhindern, ist im Bereich der Schaufelblattspitze (36) eine Klammer (40) vorgesehen, welche die beiden Schaufelwände (18, 20) formschlüssig miteinander verhakt.

FIG 2



EP 1 862 640 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel für eine Gasturbine, mit einem Befestigungs- und Plattformbereich, an dem sich ein mindestens zwei gegenüberliegende Schalelemente umfassendes Schaufelblatt mit einer Schaufelblattspitze anschließt, welche Schalelemente als eine saugseitige Schaufelblattwand und als eine druckseitige Schaufelblattwand miteinander verbunden sind.

[0002] Aus der EP 1 283 325 A1 ist eine Gasturbinschaufel mit einem aerodynamisch profilierten Schaufelblatt bekannt, welches aus zwei Schalelementen zusammengesetzt ist. Die beiden Schalelemente sind ihrer Längserstreckung nach durch einen Hochdruck- und Hochtemperatur-Bonding-Prozess sowohl anströmkanntenseitig als auch abströmkanntenseitig miteinander fest verbunden.

[0003] Nachteilig bei dem bekannten Stand der Technik ist, dass sich die Bonding-Verbindung des längs geschlitzten Schaufelblattes im Bereich der Blattspitze ggf. lösen kann und so die beiden Einzelschalen im Betrieb auseinanderklaffen können. Dies führt während des Betriebes zu Strömungsverlusten. Außerdem besteht in Einzelfällen die Gefahr, dass die beiden Schalelemente sich vollständig voneinander lösen und schwerwiegende Sekundärschäden in der Turbine hervorrufen können.

[0004] Ferner ist aus der US 3,899,267 ein Verschlusseinsatz für eine Schaufelblattspitze einer Laufschaufel bekannt, welche zwischen den beiden das Schaufelblatt bildenden Seitenwänden im Bereich der Schaufelspitze eingesetzt ist. Dabei sitzt der im Querschnitt C-förmige Verschlusseinsatz in zwei sich einander gegenüberliegenden Taschen, welche jeweils an der Innenseite der jeweiligen Schaufelblattwand vorgesehen sind. Um den Verschlusseinsatz gegen Verlust zu sichern, sind Vorsprünge an den Innenseiten vorgesehen, welche die auf den Verschlusseinsatz wirkenden Fliehkräfte auffangen.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung einer Turbinenschaufel der eingangs genannten Art, bei der die beiden Schalelemente sicher miteinander verbunden sind.

[0006] Die zugrunde liegende Aufgabe wird durch die Angabe einer gattungsgemäßen Turbinenschaufel gelöst, bei der die beiden Schalelemente im Bereich der Schaufelblattspitze durch Formschluss gegen Auseinanderklaffen gesichert sind.

[0007] Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, dass die beispielsweise mittels des Bonding-Prozesses hergestellte Verbindung in Einzelfällen nicht ausreichend sein kann, die beiden Schalelemente gegen Auseinanderklaffen zu sichern. Daher wird mit der Erfindung vorgeschlagen, dass die beiden Schalelemente im Bereich der Blattspitze einen Formschluss aufweisen, der das Auseinanderklaffen, d.h. das voneinander Wegbewegen der beiden Schalelemente im Bereich der Schaufelblattspitze bei sich lösender Verbindung verhindert. Dementsprechend kann mit der angegebenen Tur-

binenschaufel ein besonders sicherer Betrieb einer Gasturbine angegeben werden, sofern diese mit der erfindungsgemäßen Turbinenschaufel ausgestattet ist. Darüber hinaus werden die Strömungsverluste, die beim Auseinanderklaffen zweier Schalelemente auftreten, wirksam verhindert. Eine Verschlechterung des Wirkungsgrades der Gasturbine wird daher aus diesen Gründen nicht eintreten.

[0008] Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0009] Nach einer ersten Ausgestaltung der Erfindung ist der Formschluss durch ein Verhakungsmittel gebildet, welches zwischen den beiden Schalelementen angeordnet mit jedem der Schalelemente verhakt ist. Dabei ist die Verhakungsrichtung so gewählt, dass ein Auseinanderklaffen der beiden Schalelemente im Bereich der Schaufelblattspitze nach Herstellung des Formschlusses sicher vermieden ist. Folglich weisen beide Schalelemente jeweils an ihrer Innenseite, welche ihrer heißgasbeaufschlagten Außenseite jeweils gegenüberliegt, einen Haken auf, der jeweils einen zur Schaufelblattwand annähernd parallelen Vorsprung umfasst. Zu diesem Vorsprung weist das Verhakungsmittel, was vorzugsweise als im Querschnitt E-förmige Klammer ausgebildet ist, zwei gegenüberliegende Klammerenden auf, welche zu den an den Schalelementen vorgesehenen Haken komplementär ausgebildet sind. Jedes Klammerende kann den an dem Haken vorgesehenen Vorsprung hintergreifen, so dass eine Bewegung der Schalelemente voneinander weg bei sich lösender Verbindung sicher vermieden ist.

[0010] Zusätzlich kann das Verhakungsmittel mit mindestens einem der Schalelemente kraftschlüssig, d.h. verlötet oder verschweißt, verbunden sein. Hierdurch wird eine besonders sichere und auch definierte Lage des Verhakungsmittels in Bezug auf die Schalelemente erreicht. Es kann sich somit nicht aus seiner Betriebslage lösen und unkontrolliert in einen von den Schalelementen umgebenen Innenraum gelangen.

[0011] Um ein besonders einfach einbaubares Verhakungsmittel vorzuschlagen, kann dies auch mehrteilig ausgebildet sein. Dadurch wird erreicht, dass es zwischen den einander gegenüberliegenden Schalelementen durch die von diesen gebildete Öffnung vergleichsweise problemlos eingebracht und anschließend positioniert werden kann.

[0012] Vorzugsweise ist das Verhakungsmittel zwischen den beiden Schalelementen vorgesehen, so dass, wenn die Turbinenschaufel als Laufschaufel ausgebildet ist, durch die an den Innenseiten der Schaufelblattwände angeordneten Haken gegen ein Herauslösen unter Fliehkrafteinwirkung gesichert ist. Um Strömungsverluste beim Betrieb der Gasturbine weiter zu reduzieren, kann das Verhakungsmittel auch als Krone an der Schaufelblattspitze befestigt sein, an welcher darüber hinaus Anstreifanten vorgesehen sein können. Mittels der Anstreifanten kann ein besonders kleiner Radialspalt zwischen der Schaufelblattspitze und der dieser ge-

genüberliegenden Begrenzungswand des Gaskanals erreicht werden.

[0013] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung umfasst jedes Schalelement einen Haken, welche als Verhakungsmittel komplementär zueinander ausgebildet ineinander greifen. Ein separates Bauteil zum Verhaken ist in diesem Fall nicht erforderlich. Einer der beiden Haken ragt zur Schaufelspitze hin, der andere der beiden Haken zum Schaufelfuß hin. Zur Herstellung der Verhakung gegen schaufelspitzseitiges Auseinanderklaffen werden die beiden noch nicht verbundenen, radial versetzt aneinander liegenden Schalelemente in Radialrichtung verschoben, bis Schaufelfuß und Schaufelspitze beider Schalelemente jeweils bündig einander gegenüberliegen und die beiden Haken formschlüssig ineinander greifen. Anschließend werden die beiden Schalelemente dauerhaft und fest miteinander verbunden. Sofern die Turbinenschaufel als Laufschaufel mit einem im Querschnitt hammer- oder tannenbaumförmigen Fuß ausgestattet ist, welcher in eine korrespondierende Nut zur Befestigung am Rotor der Turbine eingeschoben wird, sichert auch der in der Nut eingeschobene Schaufelfuß die Verhakung gegen ungewolltes Lösen, da bei montierter Turbinenschaufel eine radiale Verschiebung der beiden Schalelemente nicht möglich ist.

[0014] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen teilweise schematisch und nicht maßstäblich:

FIG 1 eine Gasturbinenlaufschaufel in einer Seitenansicht und

FIG 2 die Schaufelblattspitze der Gasturbinenlaufschaufel gemäß FIG 1 im Querschnitt.

[0015] Eine modulare Turbinenschaufel 10 für eine vorzugsweise stationäre Gasturbine ist in FIG 1 abgebildet. Die Turbinenschaufel 10 ist in Form einer Laufschaufel 12 dargestellt, welche zur Befestigung in einer nicht dargestellten Nut einer Rotorscheibe einen Befestigungs- und Plattformbereich 14 aufweist. Der Befestigungsbereich ist als im Querschnitt tannenbaum- oder hammerförmiger Laufschaufelfuß ausgebildet. An den Befestigungs- und Plattformbereich 14 schließt sich ein aerodynamisch profiliertes Schaufelblatt 16 an, welches eine im wesentlichen konvex gebogene saugseitige Schaufelblattwand 18 und eine dieser gegenüberliegenden im wesentlichen konkav gebogenen druckseitigen Schaufelblattwand 20 aufweist. Die beiden Schaufelblattwände 18, 20 erstrecken sich entlang einer Sehne 27 von einer anströmseitigen Vorderkante 22 zu einer abströmseitigen Hinterkante 24, bezogen auf das das Schaufelblatt 16 beim Betrieb der Gasturbine umströmende heißgasförmige Arbeitsmedium 26.

[0016] Die saugseitige Schaufelblattwand 18 wird von einem ersten Schalelement 28 gebildet und die druckseitige Schaufelblattwand 20 von einem zweiten Schalelement 30. Die beiden Schalelemente 28, 30 sind

in einem schraffiert dargestellten Verbindungsbereich 32 vorderkantenseitig und hinterkantenseitig durch einen Hochdruck- und Hochtemperatur- Bonding-Prozess dauerhaft und fest miteinander verbunden. Zwischen den beiden Verbindungsbereichen 32 liegt ein von den Schalelementen 28, 30 umgebener Innenraum 34, der sich im Innern des Schaufelblattes 16 vom befestigungsseitigen Ende zu einer Schaufelblattspitze 36 erstreckt.

[0017] Um das Auseinanderklaffen der beiden Schalelemente 28, 30 im Bereich der Schaufelblattspitze 36 wirksam zu verhindern, ist in diesem Bereich als Verhakungsmittel 39 eine Klammer 40 vorgesehen. Hierzu zeigt FIG 2 den Querschnitt gemäß der Schnittlinie II-II aus FIG 1. An einer Innenseite 42, 44 der Schaufelblattwand 18, 20, welche jeweils der heißgasbeaufschlagten Außenseite der Schaufelblattwand 18, 20 gegenüberliegt, ist jeweils ein sich entlang der Sehne 27 erstreckender Haken 46, 48 vorgesehen, der jeweils einen sich im wesentlichen parallel zu den Schaufelblattwänden 18, 20 erstreckenden Vorsprung 50, 52 umfasst. Als im Querschnitt E-förmige Klammer 40 weist diese zwei gegenüberliegende Klammerenden 54, 56 auf, welche jeweils komplementär zu den an den Schalelementen 28, 30 angeordneten Haken 46, 48 ausgebildet sind und deren Vorsprünge 50, 52 formschlüssig hintergreifen. Bezogen auf die Einbaulage in einer Gasturbine erstrecken sich die Vorsprünge 50, 52 in Radialrichtung, vorzugsweise nach innen. Hierdurch ergibt sich eine Verhakung, bei der die Klammer 40 in Fliehkraftichtung gegen Herauslösung von den Haken 46, 48 gesichert ist.

[0018] Der mittlere Bereich 57 der E-förmigen Klammer 40 füllt den Bereich zwischen den beiden Vorsprüngen 50, 52 aus, so dass an der Schaufelblattspitze 36 zwei überstehende Dichtlippen 53 ausgebildet sind. Gleichzeitig verschließt die Klammer 40 den Innenraum 34 an der Schaufelblattspitze 36, wodurch ein möglicherweise schadhaftes Eindringen von heißem Arbeitsmedium 26 vermieden wird.

[0019] Da die Vorsprünge 50, 52 mit den aneinander gegenüberliegenden Klammerenden 54, 56 in einer Richtung senkrecht zur Radialrichtung miteinander verhakt sind, können die beiden Schalelemente 28, 30 aufgrund der formschlüssigen Verbindung nicht auseinanderklaffen. Auch das unmittelbare Aneinanderliegen der Schalelemente 28, 30 zwischen Vorderkante 22 und Hinterkante 24 im Bereich der Blattspitze 36 wird durch die dann als Abstandshalter wirkende Klammer 40 vermieden.

[0020] Um ein besonders gesichertes Verhakungsmittel 39 bereitzustellen, kann dieses mit mindestens einem der Schalelemente 28, 30 punktweise oder entlang der Stoßnaht 58 verlötet oder verschweißt sein. Auch kann das Verhakungsmittel 39 und/oder die Haken 46, 48 jeweils entlang der Sehne 27 in mehrere Segmente unterteilt sein. Das mehrteilige Verhakungsmittel 39 kann dann besonders einfach montiert werden bzw. die einstückige Klammer 40 kann dann besonders einfach in den Innenraum 34 eingebracht werden. Optional kann

im mittleren Bereich 57 des Verhakungsmittels 39 bzw. der Klammer 40 eine radial nach außen gerichtete Anstreifkante vorgesehen sein, welche die Dichtwirkung zwischen der Schaufelblattspitze 36 und einer beim Betrieb gegenüberliegenden Begrenzungswand weiter verbessert ist.

[0021] Anstelle der gezeigten Verhakung 39 können auch die Schalenelemente 28, 30 unmittelbar miteinander verhakt sein. Die in FIG 2 gezeigte Lösung ist derart abzuändern, dass zum einen die beiden Haken 46, 48 zum gegenüberliegenden Schalenelement 30, 28 hin verlängert werden und zum anderen einer der Haken 46, 48 anstelle nach radial innen, d.h. zum Schaufelfuß hin, nach radial außen, d.h. zur Schaufelblattspitze 36 hin, ragen, so dass diese dann formschlüssig ineinander greifen können. Für diesen Fall ist dann kein separates Bauteil als Verhakungsmittel 39 erforderlich.

Patentansprüche

1. Turbinenschaufel (10) für eine Gasturbine, mit einem Befestigungs- und Plattformbereich (14), an dem sich ein zwei gegenüberliegende Schalenelemente (28, 30) umfassendes Schaufelblatt (16) mit einer Schaufelblattspitze (36) anschließt, welche Schalenelemente (28, 30) als eine saugseitige Schaufelblattwand (18) und als eine druckseitige Schaufelblattwand (20) miteinander verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Schalenelemente (28, 30) im Bereich der Schaufelblattspitze (36) durch Formschluss gegen Auseinanderklaffen gesichert sind.
2. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 1, bei der der Formschluss durch ein Verhakungsmittel (39) gebildet ist, welches zwischen den beiden Schalenelementen (28, 30) angeordnet mit diesem verhakt ist.
3. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 2, bei der das Verhakungsmittel (39) eine separate, insbesondere im Querschnitt E-förmige Klammer (40) mit zwei gegenüberliegenden Klammerenden (54, 56) umfasst, welche jeweils in einen dazu komplementär ausgebildeten, an einem der Schalenelemente (28, 30) angeordneten Haken (46, 48) eingreifen.
4. Turbinenschaufel nach Anspruch 2 oder 3, bei der das Verhakungsmittel (39) mit mindestens einem der Schalenelemente (28, 30) verlötet oder verschweißt ist.
5. Turbinenschaufel (10) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, bei der das Verhakungsmittel (39) mehrteilig ausgebildet ist.
6. Turbinenschaufel (10) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, bei der das Verhakungsmittel (39) eine Anstreifkante aufweist.
7. Turbinenschaufel (10) nach einem der Ansprüche 2 bis 6, bei der das Verhakungsmittel (39) einen von den Schalenelementen (28, 30) teilweise umgebenden Innenraum (34) zur Schaufelblattspitze (36) hin begrenzt.
8. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 2, bei der jedes Schalenelement (28, 30) einen Haken umfasst, welche als Verhakungsmittel (39) komplementär zueinander ausgebildet ineinander greifen.
9. Gasturbine mit einer Turbinenschaufel (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 8.

FIG 1

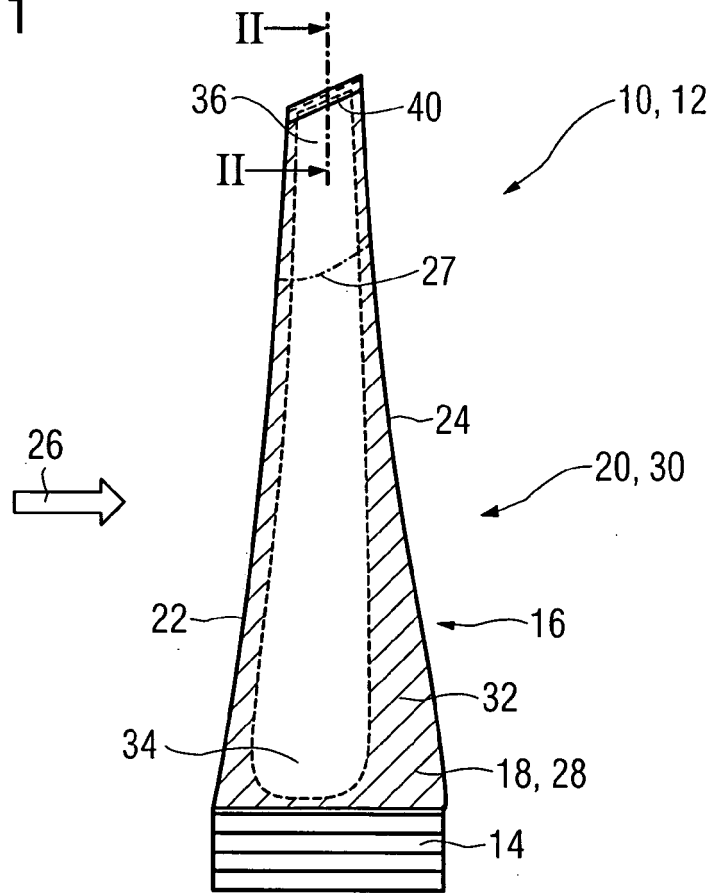
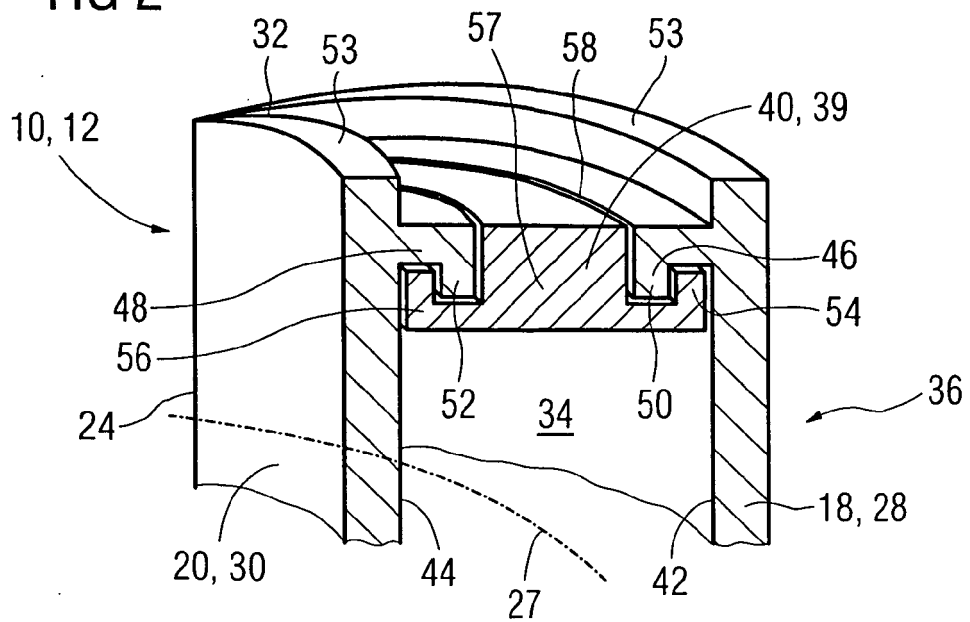


FIG 2





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 06 01 1253

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	EP 0 990 771 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 5. April 2000 (2000-04-05) * Absatz [0047]; Abbildungen 4,6 *	1,9	INV. F01D5/14 F01D5/20
Y	US 4 411 597 A (KOFFEL ET AL) 25. Oktober 1983 (1983-10-25) * Abbildung 6 *	1,9	
D,Y	EP 1 283 325 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 12. Februar 2003 (2003-02-12) * Abbildungen *	1,9	
Y	GB 2 106 997 A (ROLLS-ROYCE LIMITED) 20. April 1983 (1983-04-20) * Abbildung 2 *	1,9	
A	DE 10 87 745 B (BENNO SCHILDE MASCHINENBAU-AKTIENGESELLSCHAFT) 25. August 1960 (1960-08-25) * Abbildung 6 *	1-9	
A	US 3 899 267 A (DENNIS ET AL) 12. August 1975 (1975-08-12) * Abbildungen *	1-9	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F01D
A	US 6 056 507 A (WHEAT ET AL) 2. Mai 2000 (2000-05-02) * Abbildung 1 *	1-9	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 31. Juli 2006	Prüfer Raspo, F
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 06 01 1253

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.

31-07-2006

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0990771	A	05-04-2000	JP 2000104503 A	11-04-2000
			US 6193465 B1	27-02-2001
US 4411597	A	25-10-1983	DE 3209824 A1	30-09-1982
			FR 2502242 A1	24-09-1982
			GB 2115882 A	14-09-1983
			IL 65240 A	31-10-1984
			IT 1150701 B	17-12-1986
			JP 3066481 B	17-10-1991
			JP 57173506 A	25-10-1982
EP 1283325	A	12-02-2003	CN 1535350 A	06-10-2004
			DE 50203425 D1	21-07-2005
			WO 03014528 A1	20-02-2003
			ES 2243745 T3	01-12-2005
			JP 2004538415 T	24-12-2004
			US 2005076503 A1	14-04-2005
GB 2106997	A	20-04-1983	KEINE	
DE 1087745	B	25-08-1960	KEINE	
US 3899267	A	12-08-1975	AU 471766 B2	29-04-1976
			AU 6750174 A	09-10-1975
			BE 814272 A1	28-10-1974
			CA 996864 A1	14-09-1976
			DE 2418888 A1	07-11-1974
			ES 425740 A1	16-12-1976
			ES 446914 A1	16-05-1977
			FR 2227428 A1	22-11-1974
			GB 1458734 A	15-12-1976
			IT 1007996 B	30-10-1976
			JP 50031402 A	27-03-1975
			NL 7405529 A	29-10-1974
			SE 390434 B	20-12-1976
			SE 7607258 A	23-06-1976
US 6056507	A	02-05-2000	US 5672261 A	30-09-1997

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1283325 A1 [0002]
- US 3899267 A [0004]