



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 277 967 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.01.2003 Patentblatt 2003/04

(51) Int Cl.7: **F04D 29/54, F04D 29/68**

(21) Anmeldenummer: **02013280.9**

(22) Anmeldetag: **18.06.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder: **Schmücker, Jürgen**
80995 München (DE)

(74) Vertreter: **Lindner-Vogt, Karin, Dipl.-Phys.**
DaimlerChrysler AG,
Intellectual Property Management, IPM-C 106
70546 Stuttgart (DE)

(30) Priorität: **18.07.2001 DE 10135003**

(71) Anmelder: **MTU Aero Engines GmbH**
80995 München (DE)

(54) **Verdichtergehäusestruktur**

(57) Verdichtergehäusestruktur im Bereich eines axial durchströmten Laufschaufelkranzes, mit einer Vielzahl von axialen Nuten, welche sich von einer ersten Radialebene stromaufwärts der Schaufelspitzen Eintrittskanten bis in eine zweite Radialebene zwischen den Schaufelspitzen ein- und -austrittskanten erstrecken und Nutquerschnitte mit parallelen Seitenwänden aufweisen.

Die Mittelachsen der Nutquerschnitte weisen an

den stromaufwärtigen Nutenden - von der Öffnung zum Nutgrund hin - einen Neigungswinkel mit einer Umfangskomponente entgegen der Schaufelbewegungsrichtung auf, die Mittelachsen der Nutquerschnitte weisen an den stromabwärtigen Nutenden einen Neigungswinkel mit einer Umfangskomponente in Schaufelbewegungsrichtung auf, und der Neigungswinkel der Mittelachsen der Nutquerschnitte ändert sich zwischen den stromaufwärtigen und den stromabwärtigen Nutenden stufenlos im Sinne einer Verdrillung.

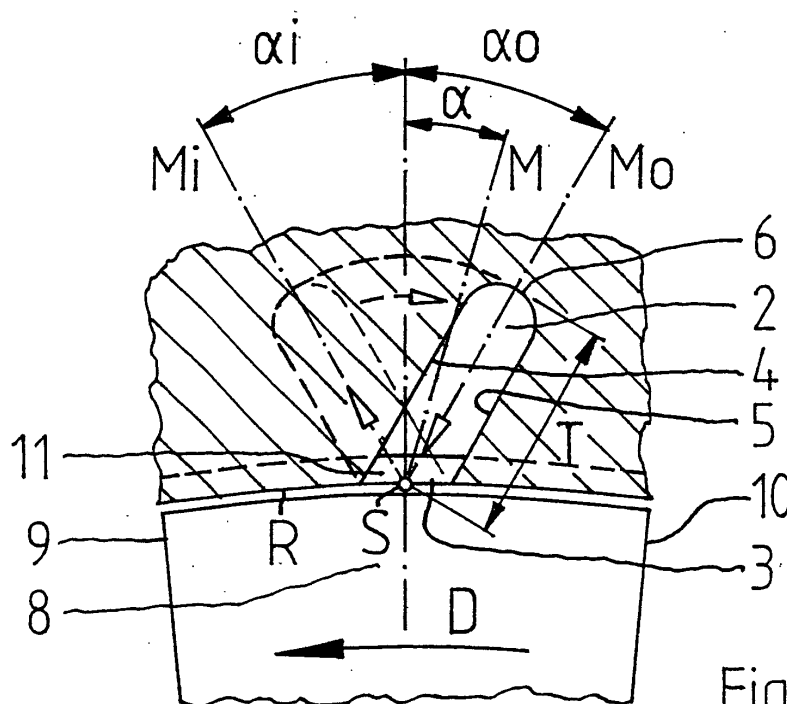


Fig. 2

EP 1 277 967 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Verdichtergehäusestruktur im Bereich eines axial durchströmten Laufschaufelkranzes, mit einer Vielzahl von gleichmäßig über den Gehäuseumfang verteilten, zu den Schaufelspitzen hin offenen und zumindest annähernd axial verlaufenden Nuten, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Eine Verdichtergehäusestruktur dieser Art ist beispielsweise aus der DE 35 21 798 C2 bekannt und hat primär die Aufgabe, bei zunehmender Androsselung im Teillast- bzw. Vollastbetrieb die Pumpgrenze anzuheben, um einen sicheren Betrieb ohne Pumpen zu ermöglichen bzw. um eine Vergrößerung des verfügbaren Arbeitsbereiches zu gestatten. Dabei wirken die Nuten als Rezirkulationskanäle für aufgestaute Luft mit hohem Druck, die im Außenbereich des Laufschaufelkranzes ohne Rezirkulationsmöglichkeit zu "rotating stall" und Pumpen führen würde. Hierbei liegen die stromaufwärtigen, vorderen Nutenden stromaufwärts der Schaufelspitzeintrittskanten (siehe Maß A in den Figuren 2, 8, 9 und 10), die hinteren Nutenden liegen in der Radialebene der Schaufelspitzenaustrittskanten oder eher vor dieser Radialebene. Gemäß Figur 4 dieser Patentschrift ist vorgesehen, die in sich geraden Nuten im Umfangsrichtung so geneigt anzuordnen, dass der Lufteintritt an ihren stromabwärtigen Enden erleichtert wird (siehe hierzu auch Anspruch 2).

[0003] Eine weitere Maßnahme im Sinne eines verbesserten Lufteintritts ist eine Schrägstellung der Nuten/Schlitze unter einem Winkel zur Verdichterlängsmittelachse (siehe Fig. 3 und Anspruch 3).

[0004] Die EP 0 497 574 B1 schützt eine Verdichtergehäusestruktur (fan case treatment), welche über den Schaufelspitzen eines Niederdruckverdichters angeordnet ist. Diese Struktur umfasst axial beabstandete Einlass- und Auslasspassagen (34,36) bzw. Einlass- und Auslassöffnungen (56,58) sowie Leitschaufeln (38,66) in den Verbindungspassagen zwischen Ein- und Auslass. Die mit deutlicher Umfangskomponente in die Struktur eintretende Rezirkulationsluft wird durch die Leitschaufeln so umgelenkt, dass sie durch den Auslass in vorwiegend axialer Richtung in den Hauptstrom zurückgeführt wird, d.h. weitgehend ohne Umfangskomponente. Ohne diese Änderung bzw. Reduzierung der Umfangskomponente würde die Luft mit Gegendrall auf die Laufschaufelspitzen treffen, d.h. druckseitig mit deutlicher Winkelabweichung vom Schaufeleintrittswinkel, verbunden mit Strömungsverlusten und einer erhöhten Tendenz zum Strömungsabriss auf der Saugseite. Dieser Nachteil, der bei bestimmten Ausführungen der DE 35 21 798 C2 noch gegeben ist, wird gemäß der EP 0 497 574 B1 vermieden. Allerdings ist der konstruktive Aufwand mit separaten Ein- und Austrittsöffnungen sowie einer Vielzahl von Leitschaufeln sehr hoch und wohl nur bei geometrisch großen Verdichterschaufeln und Gehäusen zu realisieren.

[0005] Demgegenüber besteht die Aufgabe der Erfindung darin, eine Verdichtergehäusestruktur verfügbar zu machen, die auf dem Prinzip der Luft- bzw. Gasrezirkulation basiert und bei einfacher, kostengünstiger Konstruktion eine deutliche Anhebung der Pumpgrenze eines Verdichters und somit eine spürbare Vergrößerung seines Arbeitsbereiches durch strömungstechnische Optimierung ermöglicht.

[0006] Diese Aufgabe wird durch die in Patentanspruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst, in Verbindung mit den gattungsbildenden Merkmalen in dessen Oberbegriff. Die Erfindung verwendet zu den Laufschaufelspitzen hin offene Nuten, deren Öffnungen in der äußeren Ringraumkontur zumindest annähernd axial verlaufen. Im Unterschied zu bekannten Lösungen sind die Nutquerschnitte jedoch von den stromaufwärtigen Nutenden bis zu den stromabwärtigen Nutenden kontinuierlich verdreht, d.h. ihr Neigungswinkel mit Radial- und Umfangskomponente ändert sich über die Nutlänge laufend, wobei etwa in der axialen Nutmitte eine Stelle mit rein radialer Querschnittsorientierung vorhanden ist, quasi ein "Nulldurchgang" des Neigungswinkels. An den stromabwärtigen Nutenden sind die Nutquerschnitte so geneigt, dass der Eintritt der Rezirkulationsluft erleichtert wird, wobei die Neigung von der Öffnung zum Nutgrund eine Umfangskomponente in Rotationsrichtung, d.h. in Bewegungsrichtung der Schaufelspitzen aufweist. An den stromaufwärtigen Nutenden ist die Neigung umgekehrt, so dass die hier in den Hauptstrom austretende Rezirkulationsluft mit einem Gegendrall auf die rotierenden Laufschaufelspitzen trifft, was die Anströmung deutlich verbessert und Verluste reduziert. Auch die Tendenz zur Strömungsablösung wird merklich verringert.

[0007] In den Unteransprüchen sind bevorzugte Ausgestaltungen der Verdichtergehäusestruktur gekennzeichnet.

[0008] Die Erfindung wird anschließend anhand der Zeichnungen noch näher erläutert. Dabei zeigen in vereinfachter, nicht maßstäblicher Darstellung:

Figur 1 einen axial-radialen Teillängsschnitt durch eine Verdichtergehäusestruktur im Bereich einer Laufschaufelspitze, und

Figur 2 einen Teilquerschnitt gemäß dem Schnittverlauf A-A in Figur 1.

[0009] Die Verdichtergehäusestruktur 1 weist eine Vielzahl von gleichmäßig über den Gehäuseumfang verteilten Nuten 2 auf, die sich von einer stromaufwärtigen Radialebene Eo bis zu einer stromabwärtigen Radialebene Ei erstrecken. Im rechten, unteren Teil von Figur 1 ist die Spitze 8 einer Schaufel eines Laufschaufelkranzes 7 zu erkennen, wobei entsprechend der Strömungsrichtung (großer weißer Pfeil) die Schaufelspitzeintrittskante 9 links, die Schaufelspitzenaustrittskante 10 rechts liegt. Die Bewegungsrichtung D der Schaufelspitze 8 ist mit einem Kreuz in einem Kreis an-

gedeutet, die Umfangskomponente der entsprechenden Drehbewegung soll also ausgehend von der Zeichenebene nach hinten weisen. Die Radialebene Eo, d. h. das vordere Nutende, liegt deutlich stromaufwärts der Schaufelspitzeintrittskante 9, die Radialebene Ei, d. h. das hintere Nutende, liegt axial zwischen der Schaufelspitzeintrittskante 9 und der Schaufelspitzenaustrittskante 10, die genaue Lage hängt von den zu erwartenden Strömungsgegebenheiten (Verdichtungsstoß etc.) ab. Die Strömungsrezirkulation durch die Nut 2 ist mit kleinen weißen Pfeilen gekennzeichnet. Jede Nut 2 ist erfindungsgemäß von Ihrem vorderen, stromaufwärtigen bis zu ihrem hinteren, stromabwärtigen Ende kontinuierlich verdreht (verwunden), wobei die Drillachse eine gedachte, axiale Gerade in der Ringraumkontur R ist. Die Ringraumkontur R wird im Nutenbereich in aller Regel kreiszylindrisch sein, in seltenen Fällen kann sie sich entsprechend einem Kreiskegel geringfügig verjüngen bzw. erweitern. Die Öffnung 3 jeder Nut besitzt somit eine zumindest weitgehend axiale Mittellinie/Symmetrieachse. Die auffällige, spiegelsymmetrische und glockenähnliche Schnittlinie in Figur 1 ergibt sich durch den Schnitt einer radial-axialen Ebene mit der räumlich verdrehten Nutkontur. Die gestrichelte Nutkontur, insbesondere der Nutgrund 6, rechts oberhalb der "Glockenlinie" liegt hinter der Zeichenebene, wohingegen die strichpunktierte Nutkontur links oberhalb der "Glockenlinie" vor der Zeichenebene liegt. Am höchsten Punkt der "Glockenlinie" liegt die Mitte des Nutgrundes 6 genau in der Zeichenebene, ebenso wie die gedachte Mittelachse des entsprechenden Nutquerschnitts. Die Öffnung 3 jeder Nut 2 kann in ihrem axial mittleren Bereich durch einen ringförmig umlaufenden Steg 11 abgedeckt sein, dessen Innendurchmesser mit der Ringraumkontur R fluchtet. Dadurch können sich Vorteile im Sinne geringerer Reibung, Turbulenzen etc. ergeben.

[0010] Die Erfindung wird besser verständlich, wenn man die Figur 2 in Verbindung mit Figur 1 betrachtet. Figur 2 entspricht einem Radialschnitt/Querschnitt gemäß dem Verlauf A-A in Figur 1. Im unteren Teil von Figur 2 erkennt man die Schaufelspitze 8 mit ihrer Bewegungsrichtung D (Pfeil nach links) sowie mit ihrer Eintrittskante 9 und ihrer Austrittskante 10. In geringem Abstand über der Schaufelspitzenkontur ist die Ringraumkontur R als Kreisbogenlinie erkennbar. Die vertikale, strichpunktierte und nicht näher bezeichnete Achse durch den Punkt S entspricht der Radialrichtung, ausgehend von der Laufschaufelkranzmitte. Die seitlich geneigten Achsen M, Mi und Mo entsprechen gedachten Mittelachsen der Nutquerschnitte an axial unterschiedlichen Stellen der Nutlänge. Durch den Schnittverlauf ist der vorderste, am weitesten stromauf gelegene Nutquerschnitt mit der Mittellinie Mo unter einem Neigungswinkel α_o geöffnet. Man erkennt u.a. die parallelen Seitenwände 4,5 der Nut 2 sowie den halbkreisförmig gerundeten Nutgrund 6. Die Mittelachse Mo schneidet die Ringraumkontur R im Punkt S, wobei der Abstand vom Punkt S zur Mitte des Nutgrundes 6 als Nuttiefe T bezeichnet ist.

Der am weitesten stromab gelegene Nutquerschnitt mit der Mittelachse Mi und dem Neigungswinkel α_i ist großteils gestrichelt wiedergegeben, da er weitgehend verdeckt hinter der Zeichenebene liegt. Da die Nuttiefe T hier über die axiale Nuterstreckung konstant sein soll, liegen alle Nutgrundmitten auf einem gestrichelten Kreisbogen. Die Mittelachsen M, Mi, Mo aller Nutquerschnitte unter verschiedenen Neigungswinkeln α , α_i , α_o schneiden die Ringraumkontur in einer axialen Geraden, so dass S nicht nur ein Schnittpunkt, sondern eine gerade, axiale Schnittlinie und gleichzeitig die Symmetrieachse der Öffnung 3 der Nut 2 ist. S ist somit auch das gedachte Zentrum der Verdrehung/Verwindung. Der Weg der Rezirkulationsströmung durch die Nut 2 ist auch hier mit kleinen weißen Pfeilen angedeutet. Der Strömungseintritt am hinteren Nutende erfolgt etwa unter dem Winkel α_i mit einer Umfangskomponente in Bewegungsrichtung der Schaufelspitzen 8. Der Strömungsausritt am vorderen Nutende erfolgt etwa unter dem Winkel α_o im Sinne eines Gleichdralles mit der Schaufelrotation. Somit werden der Strömungseintritt in die Nut 2 und die Schaufelspitzenanströmung nach Austritt aus der Nut verbessert, wodurch der Gesamtwirkungsgrad deutlich erhöht werden kann.

[0011] Die Buchstaben "i" und "o" in Verbindung mit "M" und " α " sollen für "in" und "out" stehen, als Hinweis auf den Ein- und Austritt der Rezirkulationsströmung.

[0012] Die Nuttiefe kann über die axiale Nuterstreckung variieren, wobei insbesondere eine Reduzierung der Tiefe zu den beiden Nutenden hin vorstellbar ist. Die genaue Definition der Nutgeometrien einschließlich Neigungswinkel erfordert voraussichtlich entsprechende Berechnungen und Versuche.

[0013] In Figur 2 ist der Übersichtlichkeit halber nur eine Nut 2 dargestellt. Tatsächlich werden die Nuten in Umfangsrichtung relativ eng benachbart sein, wobei die verbleibenden Waddicken zwischen den Nuten kleiner sein können als der lichte Abstand zwischen den Seitenwänden der Nuten. In Figur 2 müssten also real etwa 4 bis 5 Nuten nebeneinander erkennbar sein.

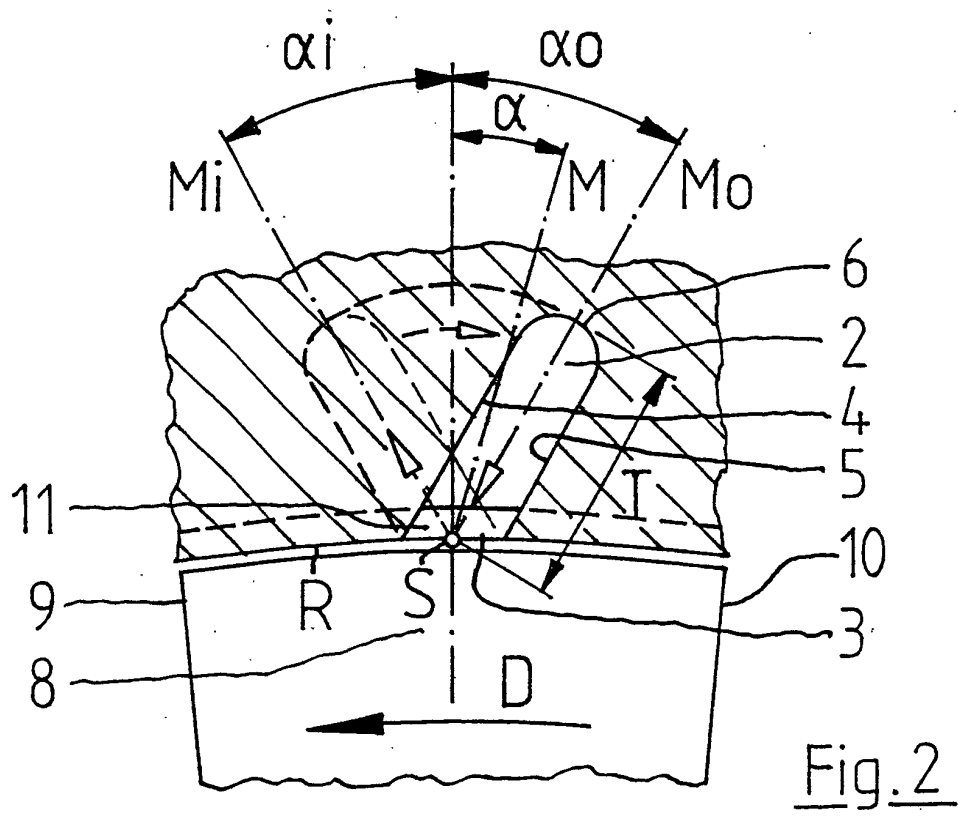
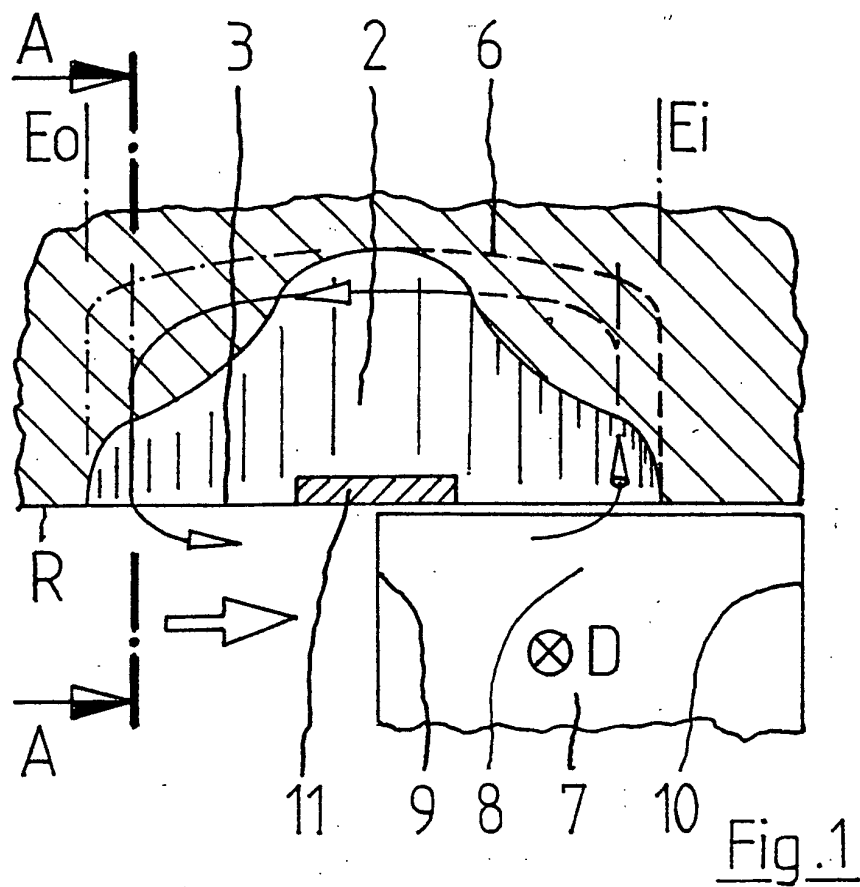
Patentansprüche

1. Verdichtergehäusestruktur im Bereich eines axial durchströmten Laufschaufelkranzes, mit einer Vielzahl von gleichmäßig über den Gehäuseumfang verteilten, zu den Schaufelspitzen hin offenen und zumindest annähernd axial verlaufenden Nuten, welche sich von einer ersten Radialebene stromaufwärts der Schaufelspitzeintrittskanten bis in eine zweite Radialebene axial zwischen den Schaufelspitzeintrittskanten und den Schaufelspitzenaustrittskanten erstrecken und welche - jeweils im Radialschnitt - Nutquerschnitte mit über den Großteil ihrer Tiefe geraden und parallelen Seitenwänden aufweisen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die - gedachten - Mittelachsen (Mo) der Nut-

querschnitte an den stromaufwärtigen Nutenden - von der Öffnung (3) zum Nutgrund (6) hin - einen Neigungswinkel (α_o) zur Radialrichtung mit einer Umfangskomponente entgegen der Bewegungsrichtung (D) der Schaufelspitzen (8) aufweisen, 5
dass die Mittelachsen (Mi) der Nutquerschnitte an den stromabwärtigen Nutenden - von der Öffnung (3) zum Nutgrund (6) hin - einen Neigungswinkel (α_i) zur Radialrichtung mit einer Umfangskomponente in Bewegungsrichtung (D) der Schaufelspitzen (8) aufweisen, 10
dass sich der Neigungswinkel (α) der Mittelachsen (M) der Nutquerschnitte zwischen den stromaufwärtigen und den stromabwärtigen Nutenden stufenlos im Sinne einer Verdrehung/Verwindung ändert, und 15
dass die - gedachten - Schnittlinien (S) der Mittelachsen (M, Mi, Mo) der Nutquerschnitte mit der äußeren, gehäuseseitigen Ringraumkontur (R) zumindest näherungsweise axiale Geradenstücke 20
sind, so dass die Öffnungen (3) der Nuten (2) in gleicher Weise axial verlaufen.

der Nutquerschnitte mit der äußeren Ringraumkontur (R) bis zur Mitte des Nutgrundes (6) - über die axiale Nutlänge konstant ist oder vom axial mittleren Nutbereich zum stromaufwärtigen und zum stromabwärtigen Nutende hin stufenlos abnimmt.

2. Verdichtergehäusestruktur nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** im axial mittleren Bereich der Nuten (2) ein ringförmiger, die Öffnungen (3) der Nuten (2) teilweise versperrender Steg (11) angeordnet ist, dessen innerer Durchmesser mit dem örtlichen Durchmesser der äußeren Ringraumkontur (R) übereinstimmt. 25 30
3. Verdichtergehäusestruktur nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nuten (2) spanend durch Fräsen, insbesondere mittels Finger- oder Kugelfräser, oder spanlos durch Gießen oder Funkenerosion gefertigt sind. 35
4. Verdichtergehäusestruktur nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Nutgrund (6) gerundet ist, oder zumindest die Übergänge von den Seitenwänden zum Nutgrund gerundet sind. 40
5. Verdichtergehäusestruktur nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mittlere Oberflächenrauigkeit Ra in den Nuten (2) 1,6 μm beträgt. 45
6. Verdichtergehäusestruktur nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ränder der Öffnungen (3) der Nuten (2), d.h. die Übergänge zur äußeren Ringraumkontur (R), scharfkantig ausgeführt sind. 50
7. Verdichtergehäusestruktur nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nuttiefe (T) -jeweils gerechnet von der Schnittlinie (S) der Mittelachsen (M, Mi, Mo) 55





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 02 01 3280

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A,D	EP 0 497 574 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP) 5. August 1992 (1992-08-05) * das ganze Dokument *	1-7	F04D29/54 F04D29/68
A,D	DE 35 21 798 A (ROLLS ROYCE PLC) 27. August 1992 (1992-08-27) * das ganze Dokument *	1-7	
A	EP 1 101 947 A (GEN ELECTRIC) 23. Mai 2001 (2001-05-23) * Anspruch 1; Abbildungen 3,4 *	1	
A	US 4 466 772 A (OKAPUU UELO ET AL) 21. August 1984 (1984-08-21) * Spalte 2, Zeile 6 - Zeile 19 *	1	
A	EP 0 719 908 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP) 3. Juli 1996 (1996-07-03) * Zusammenfassung; Abbildung 3 *	1	
A	EP 1 008 758 A (PRATT & WHITNEY CANADA ;UNITED TECHNOLOGIES CORP (US)) 14. Juni 2000 (2000-06-14) * Zusammenfassung *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) F04D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 19. November 2002	Prüfer Fistas, N
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			

EPO FORM 1503.03.02 (P04C03)

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

EP 02 01 3280

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.

19-11-2002

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0497574	A	05-08-1992	DE	69204861 D1	26-10-1995
			DE	69204861 T2	23-05-1996
			EP	0497574 A1	05-08-1992
			JP	3212341 B2	25-09-2001
			JP	4314931 A	06-11-1992
			KR	198721 B1	15-06-1999
			US	5308225 A	03-05-1994

DE 3521798	A	27-08-1992	CA	1314486 A1	16-03-1993
			DE	3521798 A1	27-08-1992
			FR	2669687 A1	29-05-1992
			GB	2245312 A ,B	02-01-1992
			IT	1235237 B	26-06-1992
			US	5137419 A	11-08-1992

EP 1101947	A	23-05-2001	US	6234747 B1	22-05-2001
			EP	1101947 A2	23-05-2001
			JP	2001182694 A	06-07-2001

US 4466772	A	21-08-1984	DE	2847814 A1	14-05-1980
			FR	2440467 A1	30-05-1980
			GB	2017228 A ,B	03-10-1979
			CA	1126659 A1	29-06-1982

EP 0719908	A	03-07-1996	US	5607284 A	04-03-1997
			DE	69515624 D1	20-04-2000
			DE	69515624 T2	07-09-2000
			EP	0719908 A1	03-07-1996
			JP	8232605 A	10-09-1996

EP 1008758	A	14-06-2000	US	6231301 B1	15-05-2001
			EP	1008758 A2	14-06-2000
			JP	2000170695 A	20-06-2000

EPO FORM P0461

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