

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 188 902 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
20.03.2002 Patentblatt 2002/12

(51) Int Cl. 7: F01D 5/18, F01D 25/12

(21) Anmeldenummer: 00120031.0

(22) Anmeldetag: 14.09.2000

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

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

(72) Erfinder:
• Bolms, Hans-Thomas, Dr.
45468 Muelheim (DE)
• Tiemann, Peter
58452 Witten (DE)

(54) Bauteil mit einer prallgekühlten Wand

(57) Die Erfindung betrifft ein Bauteil (1) mit einer heißgasbeaufschlagbaren Wand (9), die auf ihrer Kaltseite (16) durch Prallkühlstrahlen (29) gekühlt ist, wobei

die Prallkühlstrahlen (29) jeweils durch einen Vorsprung (15) gegenüber einer Kühlfluidquerströmung (27) abgeschirmt sind.

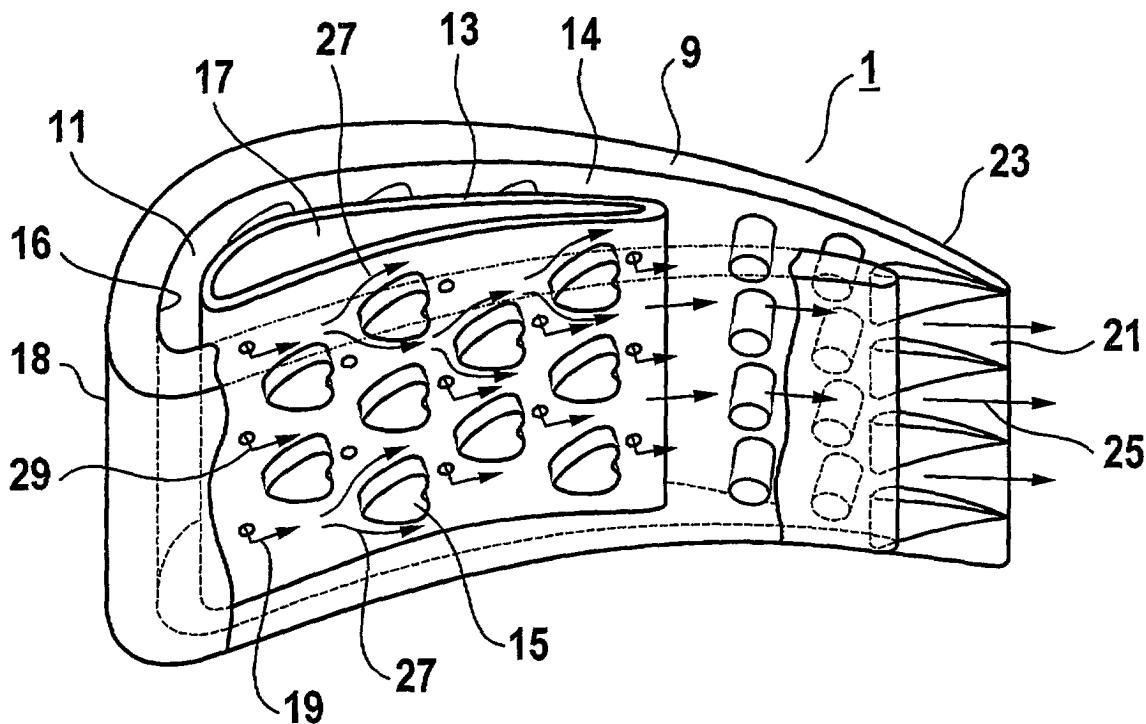


FIG 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Bauteil mit einer heißgas-beaufschlagbaren Wand, die eine Heißgasseite und eine der Heißgasseite gegenüberliegende Kaltseite aufweist, wobei die Wand einerseits durch entlang der Kaltseite als Querströmung in einer Querströmungsrichtung strömendes Kühlfluid und gleichzeitig durch senkrecht auf die Kaltseite als Prallkühlstrahlen aufprallendes Kühlfluid kühlbar ist.

[0002] Die US 5,328,331 offenbart eine kühlbare Gasturbinenschaufel. Die Gasturbinenschaufel weist eine integral gebildete Doppelwandstruktur in ihrem Schaufelblattbereich auf. Die Doppelwand ist von einer äußeren Schaufelblattwand und einer inneren Schaufelblattwand gebildet. Die äußere Schaufelblattwand und die innere Schaufelblattwand sind voneinander durch einen Schaufelwandhohlraum getrennt. Durch den Schaufelwandhohlraum führen die Schaufelaußenwand und die Schaufelinnenwand verbindend integral mit der Schaufelaußenwand und der Schaufelinnenwand ausgeführte Vorsprünge. Die Schaufelinnenwand ist mit Bohrungen durchsetzt. Die Schaufelinnenwand umschließt einen inneren Schaufelhohlraum, in den Kühlluft eingeleitet wird. Über die Bohrungen der Schaufelinnenwand tritt die Kühlluft in den Schaufelwandhohlraum ein, und zwar als senkrecht auf die Schaufelaußenwand gerichtete Prallkühlstrahlen. Hierdurch wird eine effektive Prallkühlung der Schaufelaußenwand erreicht.

[0003] Die WO 98/25009 offenbart eine Turbinenschaufel. Die Turbinenschaufel weist eine von einem Heißgas umströmbarer Außenwand auf. Die Turbinenschaufel weist weiterhin eine Innenwand auf, so dass zwischen der Außenwand und der Innenwand ein Kühlbereich zur Durchströmung mit einem Kühlfluid gebildet ist. In den Kühlbereich sind entlang einer Hauptströmungsrichtung des Kühlfluides umströmbar Wärmeübertragungselemente hintereinander angeordnet, die wärmetechnisch mit der Außenwand verbunden sind. Durch eine Durchströmung des Kühlbereichs mit Kühlfluid wird eine konvektive Kühlung der Außenwand erreicht, die durch einen Wärmefluss von den Wärmeübertragungselementen auf das Kühlfluid verstärkt wird.

[0004] Eine Leitschaufel einer Gasturbine mit einer Führung von Kühlgas zu deren Kühlung ist in der US 5,419 039 A beschrieben. Die Leitschaufel ist als ein Gussstück ausgeführt bzw. aus zwei Gussstücken zusammengesetzt. Sie weist in ihrem Inneren eine Zuführung von Kühlluft aus dem Verdichter der zugeordneten Gasturbinenanlage auf. In ihrer der Heißgasströmung der Gasturbine ausgesetzten, die Luftzuführung umschließenden Wandstruktur sind eingegossene einseitig offene Kühltaschen vorgesehen. Die Kühltaschen sind an der Außenseite der Wandstruktur sowohl in Strömungsrichtung des Heißgases als auch senkrecht zur Strömungsrichtung des Heißgases entlang der

Hauptausdehnungsrichtung der Leitschaufel angeordnet. In jede Kühltasche strömt von der Kühlluftzuführung über eine Mehrzahl von Löchern in der Wandstruktur Kühlluft in die Kühltasche ein. Diese wird in Strömungsrichtung des Heißgases von der Kühlluft durchströmt und tritt in einem bereits durch das Gießen der Leitschaufeln gebildeten, sich über die gesamte Breite der Kühltasche erstreckenden Spalt in die Strömung des Heißgases aus.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist die Angabe eines Bauteils mit einer heißgas-beaufschlagbaren Wand, welches besonders effizient kühlbar ist.

[0006] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch Angabe eines Bauteils mit einer heißgas-beaufschlagbaren Wand, die eine Heißgasseite und eine der Heißgasseite gegenüberliegende Kaltseite aufweist, wobei die Wand einerseits durch entlang der Kaltseite als Querströmung in einer Querströmungsrichtung strömendes Kühlfluid und gleichzeitig durch senkrecht auf die Kaltseite als Prallkühlstrahlen aufprallendes Kühlfluid kühlbar ist, wobei die Prallkühlstrahlen gegenüber der Querströmung jeweils durch einen auf der Kaltseite angeordneten Vorsprung abgeschirmt sind.

[0007] Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, dass eine Kühlung der heißgasbeaufschlagbaren Wand sowohl durch eine Konvektionskühlung mittels eines entlang der Kaltseite strömenden Kühlfluides als auch mittels senkrecht auf die Kaltseite auftreffender Prallkühlstrahlen zwar zwei sehr effektive Kühlmechanismen miteinander verbindet, dies aber in gewöhnlicher Technologie zu einer Verringerung der Effizienz der Prallkühlung führt. Um die kühlende Querströmung einerseits beizubehalten, andererseits aber die Prallkühlung nicht zu beeinträchtigen, wird nun erstmals vorgeschlagen, die Prallkühlstrahlen mittels eines auf der Kaltseite angeordneten Vorsprungs so gegenüber der Querströmung abzuschirmen, dass eine Störung des senkrechten Auftreffens der Prallkühlstrahlen auf die Kaltseite durch die Querströmung zumindest weitgehend reduziert wird. Der Vorsprung kann dabei gleichzeitig als ein Wärmeübertragungselement dienen, welches die effektive Oberfläche der Kaltseite vergrößert und damit eine verstärkte Kühlung durch die Querströmung bewirkt. Somit werden erstmals die konvektive Kühlung mittels der Querströmung und die Prallkühlung mittels Prallkühlstrahlen so miteinander kombiniert, dass keine gegenseitige Beeinträchtigung erfolgt.

[0008] Vorzugsweise weisen zumindest einige der Vorsprünge auf ihrer bezüglich der Querströmungsrichtung abströmseitigen Seite eine Ausbuchtung auf, die in der Querströmung ein Windschattengebiet erzeugt, in welchem Windschattengebiet ein Prallkühlstrahl auf die Kaltseite auftrifft. Der Vorsprung ist also durch die Ausbuchtung gezielt so gestaltet, dass ein ausgeprägtes Windschattengebiet auf der abströmseitigen Seite des Vorsprungs entsteht. In diesem Windschattengebiet kann der Prallkühlstrahl nahezu unbeeinträchtigt von der Querströmung senkrecht auf die Kaltseite auf-

treffen und hierdurch eine effektive Prallkühlung bewirken.

[0009] Bevorzugt weisen zumindest einige der Vorsprünge auf ihrer bezüglich der Querströmungsrichtung anströmigen Seite eine Kontur mit einem niedrigen Strömungswiderstand für die Querströmung auf. Eine solche Kontur kann z.B. eine etwa ovale Form sein, wobei eine Spalte des Ovals entgegen der Querströmungsrichtung gerichtet ist. Durch den niedrigen Strömungswiderstand für die Querströmung wird diese in ihrer Strömungsgeschwindigkeit nur geringfügig durch die Vorsprünge beeinträchtigt, was wiederum eine hohe konvektive Kühlung für die Kaltseite zur Folge hat. Zudem ergibt sich bei einer Kontur mit einem niedrigen Strömungswiderstand eine vergleichsweise große Oberfläche des Vorsprungs. Hierdurch wird ein Wärmeübertrag von der Wand auf das Kühlfluid weiter verstärkt.

[0010] Vorzugsweise ist beabstandet von der Kaltseite eine Prallkühlwand angeordnet, die zumindest über einige der Vorsprünge mit der Wand verbunden ist. In der Prallkühlwand sind Öffnungen vorgesehen, aus denen die Prallkühlstrahlen austreten. Die Verbindung der Prallkühlwand über die Vorsprünge mit der Wand ermöglicht einerseits eine einfache Befestigung der Prallkühlwand und andererseits eine weiter verbesserte Wärmeübertragung durch Wärmeleitung aus den Vorsprüngen heraus in die Prallkühlwand.

[0011] Vorzugsweise ist das Bauteil als Gasturbinenschaufel ausgeführt, wobei die Wand eine Schaufelblattaußenwand ist. Eine Gasturbinenschaufel ist besonders hohen thermischen Belastungen ausgesetzt, die in der Regel nur durch eine effektive Kühlung aufgefangen werden können. Jede Verbesserung in der Kühlleffizienz bei einer Gasturbinenschaufel führt zu einem niedrigeren Kühlluftverbrauch und dies führt wiederum zu einem verbesserten Wirkungsgrad einer Gasturbine, in der die Gasturbinenschaufel eingebaut ist.

[0012] Bevorzugt ist die Prallkühlwand eine Schaufelblattinnenwand. Die Schaufelblattinnenwand kann sowohl integral mit der Schaufelblattaußenwand geformt sein, als auch als ein Prallkühleinsatz im Schaufelblatt-Innern ausgeführt sein. Einer so ausgestalteten Gasturbinenschaufel wird Kühlluft ins Schaufelblatt-Innere zugeführt. Über die Schaufelblatt-Innenwand tritt diese Kühlluft über Prallkühlöffnungen als-Prallkühlstrahlen aus und trifft auf die Kaltseite der Schaufelblatt-Außenwand.

[0013] Bevorzugtermaßen ist das Kühlfluid Kühlluft.

[0014] Weiter bevorzugt ist die Wand mit den Vorsprüngen einstückig gegossen.

[0015] Vorzugsweise ist das Bauteil als Gasturbinenleitschaufel ausgeführt.

[0016] Die Erfindung wird anhand der Zeichnung beispielhaft näher erläutert. Es zeigen teilweise schematisch und nicht maßstäblich:

FIG 1 eine Gasturbinenschaufel nach dem Stand der

Technik,

FIG 2 einen Ausschnitt einer Gasturbinenschaufel mit verbesserter Kühlung, und

5 FIG 3 eine Detailansicht der Kühlstruktur aus Figur 2.

[0017] Gleiche Bezugszeichen haben in den verschiedenen Figuren die gleiche Bedeutung.

[0018] Figur 1 zeigt eine Gasturbinenschaufel 1. Die Gasturbinenschaufel 1 weist einen Schaufelblattbereich 3, einen Plattformbereich 5 und einen Befestigungsbereich 7 auf. Der Schaufelblattbereich 3 weist eine Schaufelblattaußenwand 9 auf. Die Schaufelblattaußenwand 9 umschließt einen inneren Hohlraum 11. In dem inneren Hohlraum 11 ist gleich verlaufend zur Schaufelblattaußenwand 9 eine Schaufelblattinnenwand 13 so angeordnet, dass zwischen der Schaufelblattaußenwand 9 und der Schaufelblattinnenwand 13 ein Wandhohlraum 14 gebildet ist. Die Schaufelblattinnenwand 11 ist mit der Schaufelblattaußenwand 9 über zylindrisch ausgeführte Vorsprünge 15 verbunden, die an der innenliegenden Kaltseite 16 der Schaufelaußenwand 9 angeordnet sind. Der Kaltseite 16 gegenüberliegend weist die Schaufelaußenwand 9 eine Heißgasseite 18 auf, die im Betrieb einer Gasturbine, in die die Gasturbinenschaufel 1 eingebaut ist, die Schaufelaußenwand 9 umströmt. Bei einer solchen Umströmung mit Heißgas wird die Gasturbinenschaufel 1 so hohen Temperaturen ausgesetzt, dass eine Kühlung mittels Kühlluft 25 nötig ist, die in einen von der Schaufelblattinnenwand 13 umschlossenen Schaufelhohlraum 17 eingeleitet wird. Vom Schaufelhohlraum 17 tritt die Kühlluft 25 über Bohrungen 19 in der Schaufelblattinnenwand 13 in den Wandhohlraum 14 in Form von Prallkühlstrahlen 29 aus. Die Prallkühlstrahlen 29 treffen auf die Kaltseite 16 der Schaufelblattaußenwand 9. Die aufgeprallte Kühlluft 25 bildet sodann eine Querströmung 27 in Richtung auf eine Schaufelblatthinterkante 23. Im Bereich der Schaufelblatthinterkante 23 tritt die Kühlluft 25 über Kanäle 21 aus. Die Vielzahl von Prallkühlstrahlen 29 führt zu einer sich immer weiter in Richtung auf die Schaufelhinterkante 23 verstärkenden Querströmung 27. Diese Querströmung 27 stört die Prallkühlstrahlen 29, da diese nicht mehr ideal senkrecht auf die Kaltseite 16 auftreffen. Die Effektivität der Prallkühlung wird somit durch die Querströmung 27 verringert. Dieser Nachteil wird durch ein neues Kühlkonzept vermieden, welches näher anhand der Figuren 2 und 3 erläutert wird.

[0019] Figur 2 zeigt einen Ausschnitt einer Gasturbinenschaufel 1, der in weiten Teilen der Ausführung aus Figur 1 entspricht. Eine entscheidende Verbesserung der Kühlleffizienz wird aber durch die Anordnung der Vorsprünge 15 und der Prallkühlöffnungen 19 erzielt. Die Vorsprünge 15 schirmen die Prallkühlstrahlen 29, die aus den Prallkühlöffnungen 19 austreten, gegen-

über der Querströmung 27 ab. Hierdurch werden die Prallkühlstrahlen 29 nicht gestört und treffen nahezu ideal senkrecht auf die Kaltseite 16. Eine besonders effiziente Abschirmung wird durch die besondere Form der Vorsprünge 15 erzielt, was näher anhand von Figur 3 erläutert wird.

[0020] Figur 3 zeigt im Detail einen Teil der Kühlstruktur der Gasturbinenschaufel 1 aus Figur 2. Die Vorsprünge 15 sind mit einer ovalen Kontur so ausgebildet, dass einerseits die Querströmung 27 um eine in Querströmungsrichtung hinter jedem Vorsprung 15 liegende Prallkühlöffnung 19 herumgeleitet wird. Die ovale Form führt zudem zu einem niedrigen Strömungswiderstand für die Querströmung 27. Weiterhin weist jeder Vorsprung 15 eine Ausbuchtung 43 auf seiner bezogen auf die Querströmungsrichtung abströmseitigen Seite auf. Durch diese Ausbuchtung 43 wird besonders effektiv ein Windschattengebiet 45 erzeugt, welches den Einfluß der Querströmung 27 auf die Prallkühlstrahlen 29 besonders effizient verringert. Die bezogen auf die Querströmungsrichtung anströmseitige Seite 41 des Vorsprungs 15 ist durch die ovale Kontur weiterhin vergleichsweise großflächig ausgebildet, so dass sich ein verbesserter Wärmeübertrag aus dem Ursprung 15 auf die Kühlluft 25 ergibt.

geordnet ist, die zumindest über einige der Vorsprünge (15) mit der Wand (9) verbunden ist.

5. Bauteil (1) nach Anspruch 1, ausgeführt als Gasturbinenschaufel, wobei die Wand (9) eine Schaufelblattaußenwand ist.
6. Bauteil (1) nach Anspruch 5 und 4, wobei die Prallkühlwand (13) eine Schaufelblattinnenwand ist.
10. 7. Bauteil (1) nach Anspruch 6, bei dem das Kühlfluid (25) Kühlluft ist.
15. 8. Bauteil (1) nach Anspruch 5, wobei die Wand (9) mit den Vorsprüngen (15) einstückig gegossen ist.

20

25

Patentansprüche

1. Bauteil (1) mit einer heißgas-beaufschlagbaren Wand (9), die eine Heißgasseite (18) und eine der Heißgasseite (18) gegenüberliegende Kaltseite (16) aufweist, wobei die Wand (9) einerseits durch entlang der Kaltseite (16) als Querströmung (27) in einer Querströmungsrichtung strömendes Kühlfluid (25) und gleichzeitig durch senkrecht auf die Kaltseite (16) als Prallkühlstrahlen (29) aufprallendes Kühlfluid (25) kühltbar ist, wobei die Prallkühlstrahlen (29) gegenüber der Querströmung (27) jeweils durch einen auf der Kaltseite (16) angeordneten Vorsprung (15) abgeschirmt sind.
2. Bauteil (1) nach Anspruch 1, bei dem zumindest einige der Vorsprünge (15) auf ihrer bezüglich der Querströmungsrichtung abströmseitigen Seite eine Ausbuchtung (43) aufweisen, die in der Querströmung (27) ein Windschattengebiet (45) erzeugt, in welchem Windschattengebiet (45) ein Prallkühlstrahl (29) auf die Kaltseite (16) auftrifft.
3. Bauteil (1) nach Anspruch 1, bei dem zumindest einige der Vorsprünge (15) auf ihrer bezüglich der Querströmungsrichtung anströmseitigen Seite eine Kontur mit einem niedrigen Strömungswiderstand für die Querströmung (27) aufweisen.
4. Bauteil (1) nach Anspruch 1, bei dem beabstandet von der Kaltseite (16) eine Prallkühlwand (13) an-

30

35

40

45

50

55

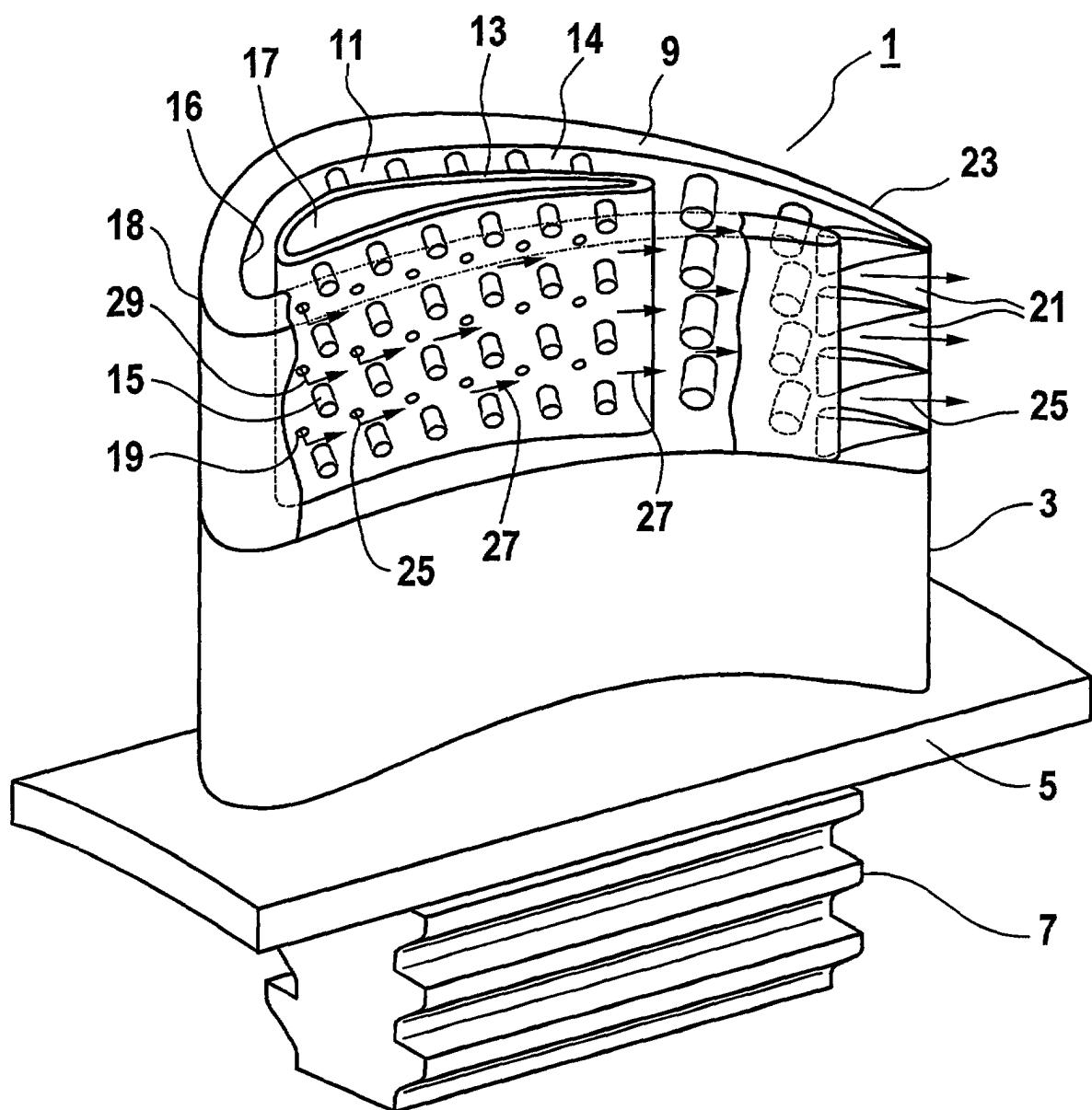


FIG 1

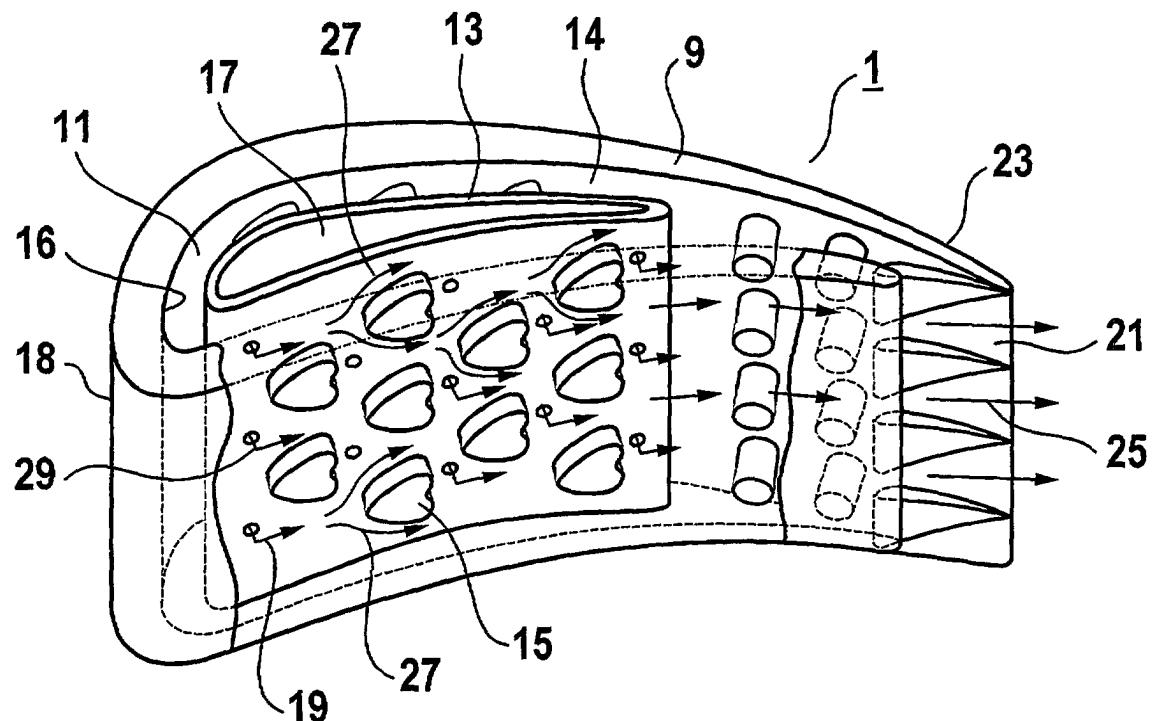


FIG 2

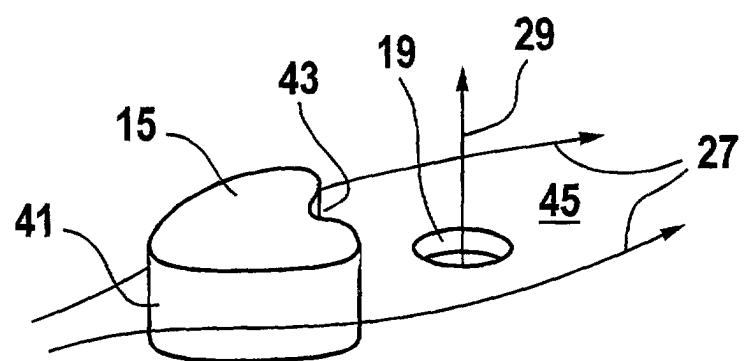


FIG 3



| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE | | | | | | | | | |
|---|--|-------------------|---|---------------|-----------------------------|--------|----------|-----------------|-----------|
| Kategorie | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betrifft Anspruch | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7) | | | | | | |
| X | DE 26 57 405 A (ROLLS ROYCE 1971 LTD) 7. Juli 1977 (1977-07-07) * das ganze Dokument * | 1-7 | F01D5/18 F01D25/12 | | | | | | |
| RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int.Cl.7) | | | | | | | | | |
| F01D | | | | | | | | | |
| <p>Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Recherchenort</td> <td style="width: 33%;">Abschlußdatum der Recherche</td> <td style="width: 34%;">Prüfer</td> </tr> <tr> <td>DEN HAAG</td> <td>2. Februar 2001</td> <td>Iverus, D</td> </tr> </table> <p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>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</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p> | | | | Recherchenort | Abschlußdatum der Recherche | Prüfer | DEN HAAG | 2. Februar 2001 | Iverus, D |
| Recherchenort | Abschlußdatum der Recherche | Prüfer | | | | | | | |
| DEN HAAG | 2. Februar 2001 | Iverus, D | | | | | | | |

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

EP 00 12 0031

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.

02-02-2001

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|------------|-------------------------------|
| DE 2657405 A | 07-07-1977 | GB | 1564608 A | 10-04-1980 |
| | | FR | 2335807 A | 15-07-1977 |
| | | IT | 1065277 B | 25-02-1985 |
| | | JP | 1056520 C | 23-07-1981 |
| | | JP | 52077914 A | 30-06-1977 |
| | | JP | 55048163 B | 04-12-1980 |
| | | US | 4105364 A | 08-08-1978 |