

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 85105185.4

51 Int. Cl.⁴: F 01 D 5/18

22 Anmeldetag: 28.04.85

30 Priorität: 30.04.84 DE 3416087

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.11.85 Patentblatt 85/45

84 Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

71 Anmelder: Klöckner-Humboldt-Deutz
 Aktiengesellschaft
 Deutz-Mülheimer-Strasse 111 Postfach 80 05 09
 D-5000 Köln 80(DE)

72 Erfinder: Collin, Karl-Heinz, Dipl.-Ing.
 Saalburgstrasse 34
 D-6393 Wehrheim 2(DE)

54 Gekühlte Turbinenschaufel.

57 Es wird eine Turbinenschaufel, insbesondere eine Laufrad- und/oder Leitradschaufel einer Axial- und/oder Radialturbine für Gasturbinenriebwerke vorgeschlagen, die in ihren Schaufelblättern (1) einen Durchströmraum (10), insbesondere einen oder mehrere Kühlkanäle (2) für ein Kühlmedium, vorzugsweise Kühlluft, aufweist, bei der innerhalb des Durchströmraumes (10) bzw. der Kühlkanäle (2) Elemente (3) zur Vergrößerung der Wärmeaustauschfläche vorgesehen sind und wobei die Elemente (3) zur Vergrößerung der Wärmeaustauschfläche einander kreuzen, an ihren Kreuzungsstellen miteinander in wärmeleitender Verbindung stehen sowie sich zu verschiedenen Wandbereichen des Durchströmraumes (10) bzw. der Kühlkanäle (2) erstrecken. Hierbei werden die sich kreuzenden Elemente (3) zur Vergrößerung der Wärmeaustauschflächen vorzugsweise durch eine oder mehrere in den Durchströmraum (10) bzw. die Kühlkanäle (2) einsetzbare Drahtgewebematten (4) gebildet.

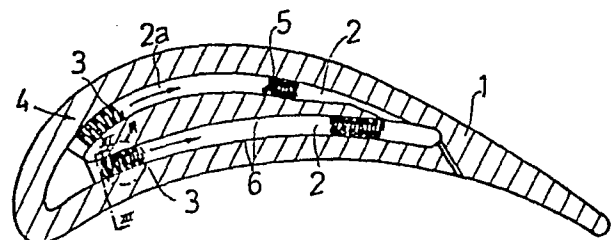


Fig. 1

Gekühlte Turbinenschaufel

- Die Erfindung bezieht sich auf eine Turbinenschaufel, insbesondere Lauf- und/oder Leitrad-schaufel einer Axial- und/oder Radialturbine für Gasturbinen-triebwerke, die in ihren Schaufelblättern einen Durchströmraum, insbesondere einen oder mehrere Kühlkanäle für ein Kühlmedium, vorzugsweise Kühlluft, aufweist, wobei innerhalb des Durchströmraumes bzw. der Kühlkanäle Elemente zur Vergrößerung der Wärmeaustauschfläche vorgesehen sind.
- 10 Moderne Gasturbinen-triebwerke benötigen zur Verwirklichung optimaler Arbeitsprozeßwirkungsgrade relativ hohe Gas-temperaturen (Turbineneintrittstemperaturen). Die mit den vorerwähnten heißen Gasen in Berührung kommenden Bauteile, z. B. die Leit- und Laufradschaufeln des Gasturbinen-trieb-
- 15 werks, sind daher erheblichen Beanspruchungen ausgesetzt. Im Hinblick auf die Standzeit der Schaufelblätter oder aber auch, um bei einer als gegeben angesehenen Lebensdauer der Turbinenschaufel die Turbineneintrittstemperatur im Hinblick auf die Verbesserung des Arbeitsprozeßwir-
- 20 kungsgrades zu erhöhen, ist es üblich, die Turbinenschaufeln in ihrem Inneren zu kühlen, wobei in den meisten Anwendungsfällen Luft als Kühlmittel herangezogen wird, die vorzugsweise an einer geeigneten Stelle des Verdichters des Gasturbinen-triebwerks entnommen und durch inner-
- 25 halb der Schaufelblätter der Turbinenschaufel vorgesehene Kühlkanäle geleitet wird (Konvektionskühlung).

Zur Realisierung einer verbesserten inneren Konvektionskühlung sind verschiedene Verfahren bekannt. So kann beispielsweise zur Intensivierung der Kühlung der Wärmeübergang bei gleichen Kühlluftkanalquerschnitten durch eine
05 Erhöhung des Kühlluftmassenstromes verbessert werden. Eine Erhöhung des Kühlluftmassenstromes kann allerdings den Arbeitsprozeß des Gasturbinentriebwerks negativ beeinflussen, so daß von diesem Verfahren zur Absenkung der Bauteiltemperatur in den meisten Fällen abgesehen wird.

10

Als weitere Möglichkeit zur Verbesserung der inneren Konvektionskühlung bietet sich eine optimierte Gestaltung oder Anordnung der Kühlkanäle an, um durch eine verbesserte Ausnutzung der Kühlluft bei gleichen Kühlluftmassenströmen die Schaufeltemperatur wirksam zu verringern. So ist es beispielsweise bekannt, durch eine geeignete Querschnittsanpassung der Kühlkanäle hohe Strömungsgeschwindigkeiten der Kühlluft zu realisieren oder aber
15 durch Anbringung von zusätzlichen Wärmeaustauschflächen in Form von Kühlrippen, Stiften oder Noppen den Wärmeübergang und die Kühlwirkung neben einer Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit und Verwirbelung der Kühlluft an diesen Elementen zur Vergrößerung der Wärmeaustauschflächen den Wärmeaustausch zu verbessern. Aus der DE-OS 25 26 277 ist
20 eine innengekühlte Turbinenschaufel für Gasturbinenwerke bekannt, bei der innerhalb eines in der Turbinenschaufel vorgesehenen Hohlraumes mehrere treppenartig gestaltete und sich überlappende Einsätze als Kühlluftführungen vorgesehen sind, wobei die Kühlluft nacheinander durch
25 mehrere Einsätze mit dazwischen liegenden Verwirbelungs- und Prallflächen geführt wird. Ist durch diese Art der Gestaltung der Kühlluftkanäle zwar durchaus eine wesentlich intensivere Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Kühl-

30

luft möglich, so erfordern jedoch die Vielzahl der treppenartig gestalteten Einsätze und deren Verbindung einen erheblichen Fertigungs- und Bauaufwand, der in den meisten Anwendungsfällen das erreichbare Betriebsergebnis nicht rechtfertigt.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, durch eine verbesserte Gestaltung des Kühlluftdurchströmraumes bzw. der Kühlkanäle die Kühlwirkung des zur Verfügung stehenden Kühlmediums mit möglichst einfachen Mitteln zu optimieren. Zur Lösung dieser Aufgabe ist die Turbinenschaufel der eingangs genannten Art dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente zur Vergrößerung der Wärmeaustauschfläche einander kreuzen und an ihren Kreuzungsstellen miteinander in wärmeleitender Verbindung stehen sowie sich zu verschiedenen Wandbereichen des Durchströmraumes bzw. der Kühlkanäle erstrecken. Durch diese erfindungsgemäße Gestaltung des Durchströmraumes bzw. der Kühlkanäle können auf engstem Raum erhebliche kühlluftseitige Wärmeaustauschflächen zur Verfügung gestellt werden, wobei durch die wärmeleitende Verbindung der sich kreuzenden Elemente und durch die Erstreckung dieser Elemente zu verschiedenen Wandbereichen des Durchströmraumes bzw. der Kühlkanäle sowohl eine wesentliche Verbesserung der Kühlwirkung bei gleichen Kühlluftmassenströmen als auch eine wesentliche Vergleichmäßigung der Schaufelblattemperaturen im Gegensatz zu den bekannten Gestaltungen erreichbar sind. Daneben ist durch die erfindungsgemäße Anordnung bzw. Gestaltung der Elemente die Kühlung der Turbinenschaufel aufgrund erhöhter Strömungsgeschwindigkeiten und Verwirbelungen an den Kreuzungsstellen begünstigt.

Die Elemente können innerhalb des Durchströmraumes bzw. der Kühlkanäle als z. B. mehrere sich in Strömungsrichtung der Kühlluft hintereinander angeordnete Wärmeaustausch-
gitter dargestellt sein, wobei sich jeweils einzelne
05 Elemente zu sich gegenüberliegenden Wandbereichen von Kühlkanälen erstrecken. Diese Wärmeaustauschgitter können daneben oder zusätzlich auch noch durch sich in Strömungsrichtung der Kühlluft, d. h. im wesentlichen in Längserstreckung des bzw. der Kühlkanäle, miteinander verbunden
10 sein und z. B. in analoger Weise wie bekannte Kühlluftkanäle mit an einzelnen Wandbereichen vorgesehenen Noppen oder Stiften hergestellt sein, so daß auch eine Vergleichmäßigung mit dem im wesentlichen gleichen Fertigungsaufwand über verschiedene Kühlkanalabschnitte erreicht wird.

15 Als besonders vorteilhaft sind die Weiterbildungen der Erfindung nach den Ansprüchen 2 bis 9 hervorzuheben, insbesondere im Hinblick auf einen weit verminderten Fertigungsaufwand für eine wesentlich intensivierte Kühlung. So
20 sind die sich kreuzenden Elemente nach der Weiterbildung nach Anspruch 2 als eine oder mehrere in den Durchströmraum bzw. die Kühlkanäle einsetzbare Drahtgewebematte bzw. Drahtgewebematten ausgebildet. Derartige Drahtgewebematten können z. B. durch serienmäßig vorhandene Drahtgewebe dar-
25 gestellt werden, die sowohl im Drahtdurchmesser als auch in der Maschenweite im Gegensatz zu den Querschnittsabmessungen des Durchströmraumes bzw. der Kühlkanäle sehr geringe Abmessungen aufweisen, wie sie z. B. bei üblichen Filtersieben anzutreffen sind.

30 Vorzugsweise sind dabei die einzelnen Drähte der Drahtgewebematte mit den jeweiligen Bereichen der Begrenzungswand des Durchströmraumes bzw. der Kühlkanäle und auch vorzugs-

weise an den Kreuzungsstellen miteinander verlötet oder verschweißt. Als wärmeleitende Lötverbindung eignet sich hierzu beispielsweise ein Hartlot (z. B. Degussa-Nickelhartlot 8100 mit einer Löttemperatur von 1420 bis 1470°K).

05

Besonders vorteilhaft im Rahmen der Erfindung ist es, wenn eine Drahtgewebematte sich ganz in Längsrichtung eines Kühlkanals bzw. in längeren Abschnitten eines Kühlkanals im wesentlichen wellenförmig erstreckt, indem diese mehrmals gefaltet durch eine wärmeleitende Löt- oder Schweißverbindung der Faltungsbereiche mit der Begrenzungswand verbunden innerhalb der Kühlkanäle vorgesehen ist. Die Lötverbindung der Faltungsbereiche mit der Begrenzungswand ist dabei vorzugsweise so gestaltet, daß auch die sich in Längsrichtung des Kühlkanals erstreckenden Drähte von der wärmeleitenden Lötverbindung des Faltungsbereiches erfaßt sind, um auch die Längsdrähte zur Kühlung und Vergleichmäßigung an diesen Stellen heranzuziehen.

20 Durch die im wesentlichen handelsübliche und separat herzustellende Drahtgewebematte ist der Fertigungsaufwand trotz der wesentlich intensiveren Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Kühlluft weit vereinfacht, indem die gießtechnischen Anforderungen bei der erfindungsgemäßen Turbinenschaufel (z. B. Entfall von besonderen Kernen für die Elemente) erheblich verringert sind. Bei der erfindungsgemäßen Turbinenschaufel kann die Drahtgewebematte in eine sich vom Durchströmraum bis zu einer Außenfläche erstreckende Öffnung geführt werden und danach durch Lötung oder Schweißung mit der Begrenzungswand der Kühlkanäle verbunden werden. Vor der Faltung der Drahtgewebematte ist diese vorzugsweise in den Faltungsbereichen mit Löt- oder Schweißpunkten zu versehen, wodurch einerseits die Faltung

vereinfacht wird und andererseits auch sichergestellt ist, daß die in Strömungsrichtung längs verlaufenden Drähte zur Wärmeübertragung mit herangezogen werden können.

- 05 Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die in den Zeichnungen schematisch dargestellten Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Turbinenschaufel verwiesen. In den Zeichnungen sind nur die zum unmittelbaren Verständnis dargestellten Ausschnitte der innen gekühlten Turbinen-
- 10 schaufel dargestellt. Es zeigen:

- Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel einer innen gekühlten Turbinenschaufel mit axialer Kühlluftführung;
- Fig. 2 einen vergrößerten Ausschnitt A der Drahtgewebematte nach dem Ausführungsbeispiel der Turbinenschaufel der Fig. 1;
- 15 Fig. 3 ausschnittsweise die Drahtgewebematte in Strömungsrichtung der Kühlluft entsprechend der Schnittlinien III-III in Fig. 1;
- 20 Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Turbinenschaufel mit radialer Kühlluftführung in einer schematischen Querschnittsdarstellung.

- In den Fig. 1 bis 4 sind grundsätzlich gleichwirkende
- 25 Teile mit gleichen Bezugsziffern versehen. Allgemein mit 1 ist das Schaufelblatt einer nicht im einzelnen dargestellten Turbinenschaufel einer Radial- oder Axialturbine für Gasturbinentriebwerke bezeichnet. Das Schaufelblatt 1 der Turbinenschaufel weist in dem Ausführungsbeispiel nach
- 30 Fig. 1 Kühlkanäle 2 auf, die von an geeigneter Stelle des nicht gezeigten Verdichters des Gasturbinentriebwerks entnommener Kühlluft in axialer Richtung der Radial- bzw. Axialturbine durchströmt werden (Pfeile 2a). Innerhalb der

Kühlkanäle 2 sind die erfindungsgemäß gestalteten sich kreuzenden Elemente 3 zur Vergrößerung der Wärmeaustauschfläche angeordnet. Die sich kreuzenden Elemente 3 bestehen aus einzelnen Drähten einer in der Gesamtheit mit 4 bezeichneten Drahtgewebematte, die mit mehreren Faltungsbe-
 05 reichen 5 sich im wesentlichen wellenartig in Strömungsrichtung 2a der Kühlluft erstreckt.

Der vergrößerte Ausschnitt A der Drahtgewebematte 4 des
 10 Ausführungsbeispiels der Turbinenschaufel nach Fig. 1 (Fig. 2) und die Ansicht in Strömungsrichtung entsprechend der Schnittlinie III-III der Fig. 1 (Fig. 3) verdeutlichen die Gestaltung und Anordnung der Drahtgewebematte 4 innerhalb der Kühlluftkanäle 2. Die Drahtgewebematte 4 er-
 15 streckt sich einstückig im wesentlichen wellenartig innerhalb der Kühlkanäle 2 und durchsetzt quer zur Strömungsrichtung der Kühlluft vollständig die Kühlkanäle 2. Die quer zur Strömungsrichtung 2a der Kühlluft verlaufenden Drähte 3 sind jeweils zur besseren Wärmeleitung mit den
 20 wellenartig in Längsrichtung der Kühlkanäle 2 verlaufenden Längsdrähten verbunden. Die Drahtgewebematte 4 ist mit gegenüberliegenden Begrenzungswänden 6 durch eine wärmeleitende Lötverbindung 9 verbunden.

25 In dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 ist die Drahtgewebematte in analoger Weise gestaltet wie in den Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 mit in Strömungsrichtung der Kühlluft sich wellenartig erstreckenden Verlauf, in diesem Ausführungsbeispiel die Drahtgewebematte 4, über die ge-
 30 samte Länge des im wesentlichen radial gerichteten Kühlluftkanals der Turbinenschaufel (Durchströmraum 10) erstreckt.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Turbinenschaufel, insbesondere Lauf- und/oder Leit-
radschaufel einer Axial- und/oder Radialturbine für Gas-
turbinentriebwerke, die in ihren Schaufelblättern (1) ei-
nen Durchströmraum (10), insbesondere einen oder mehrere
05 Kühlkanäle (2) für ein Kühlmedium, vorzugsweise Kühlluft,
aufweist, wobei innerhalb des Durchströmraumes (10) bzw.
der Kühlkanäle (2) Elemente (3) zur Vergrößerung der
Wärmeaustauschfläche vorgesehen sind,
dadurch gekennzeichnet, daß Elemente (3) zur Vergrößerung
10 der Wärmeaustauschfläche einander kreuzen und an ihren
Kreuzungsstellen miteinander in wärmeleitender Verbindung
stehen sowie sich zu verschiedenen Wandbereichen (6) des
Durchströmraumes (10) bzw. der Kühlkanäle (2) erstrecken.
- 15 2. Turbinenschaufel nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß die sich kreuzenden Elemente
(3) als eine oder mehrere in den Durchströmraum (10) bzw.
die Kühlkanäle (2) einsetzbare Drahtgewebematte (4) bzw.
-matten ausgebildet sind.
- 20 3. Turbinenschaufel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch
gekennzeichnet,
daß die sich kreuzenden Elemente (3) im wesentlichen quer
zur Strömungsrichtung (2a) des Kühlmediums ausgerichtet
25 sind.

4. Turbinenschaufel nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die sich kreuzenden Elemente
(3) bzw. die Drahtgewebematte (4) an ihren Endbereichen
05 (7) mit der Begrenzungswand (6) des Durchströmraumes (10)
bzw. der Kühlkanäle (2) verlötet oder verschweißt sind.
5. Turbinenschaufel nach einem der Ansprüche 2 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
10 daß der Drahtdurchmesser und die Maschenweite der Drahtge-
webematte (4) im Verhältnis zur Breite des Durchström-
raumes (10) bzw. im Verhältnis zum Durchmesser der Kühl-
kanäle (2) sehr geringe Abmessungen aufweist.
- 15 6. Turbinenschaufel nach einem der Ansprüche 2 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Drahtgewebematte (4) sich in Strömungsrichtung
(2a) des Kühlmediums mehrmals gefaltet im wesentlichen
wellenförmig erstreckt.
20
7. Turbinenschaufel nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, daß die Faltungsbereiche (5) der
Drahtgewebematte (4) mit der Begrenzungswand (6) des
Durchströmraumes (10) bzw. der Kühlkanäle (2) verlötet
25 oder verschweißt sind.
8. Turbinenschaufel nach Anspruch 6 oder 7, dadurch
gekennzeichnet,
daß in Faltungsbereichen (8) der Drahtgewebematte (4) sich
30 kreuzende Drähte (3) mit einer wärmeleitenden Löt- oder
Schweißverbindung (9) versehen sind.

9. Turbinenschaufel nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaufelblätter einen sich vom Durchströmraum (10) bis zu einer Außenfläche erstreckende Öffnung zur Einführung der Drahtgewebematte (4) aufweisen, die nach Anbringung der Drahtgewebematte (4) verlötet ist.
- 05

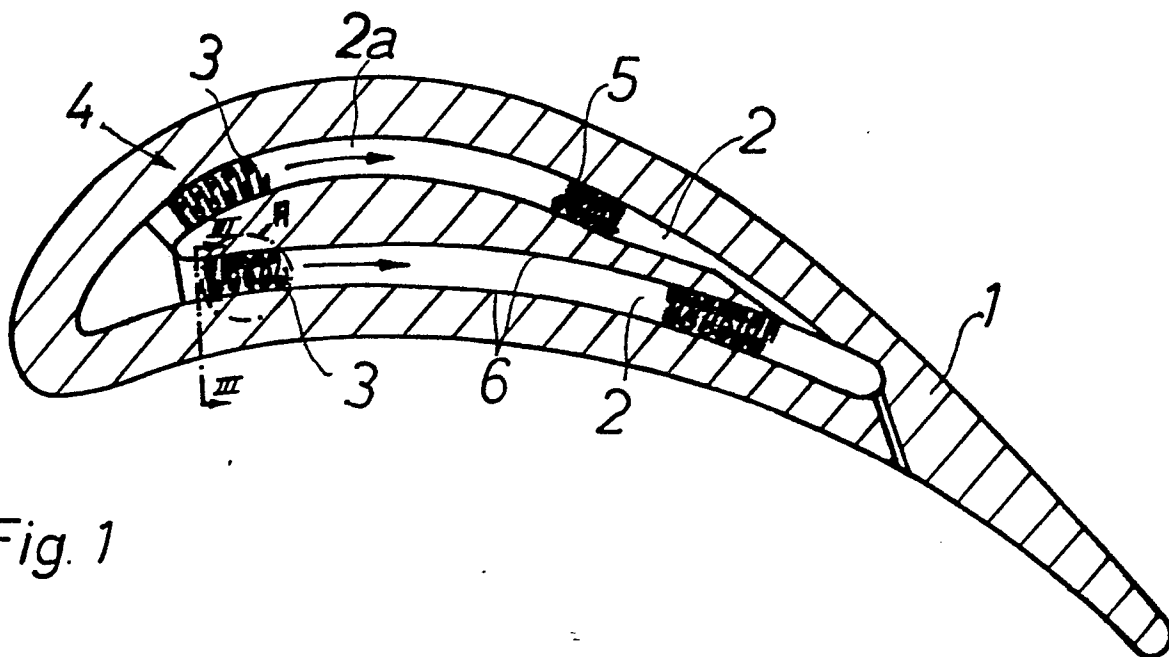


Fig. 1

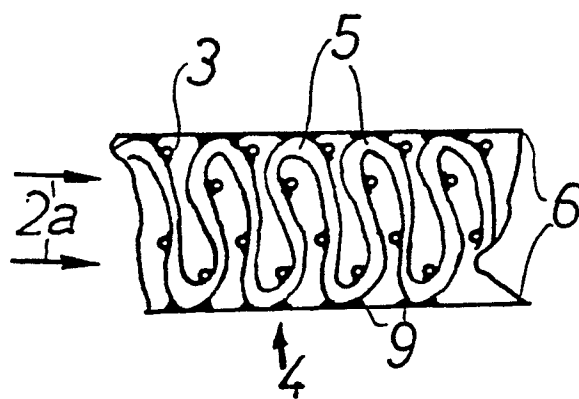


Fig. 2

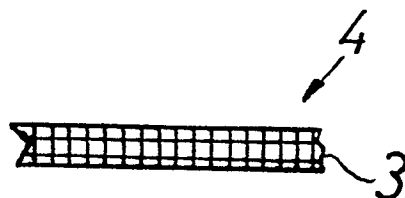
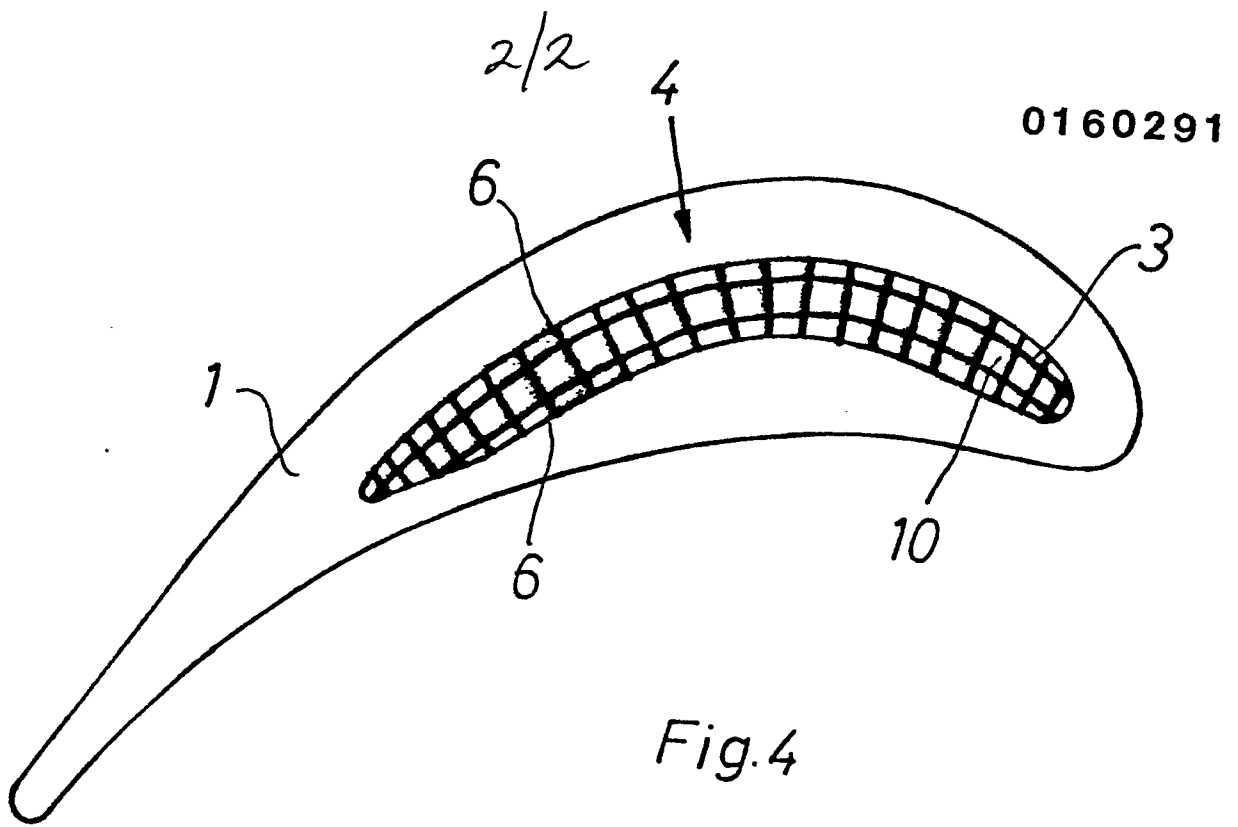


Fig. 3





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0160291
Nummer der Anmeldung

EP 85 10 5185

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
X	US-A-2 921 769 (FLADER) * Spalte 3, Zeilen 32-63; Figuren 5-9 *	1,2,4, 5,8	F 01 D 5/18
X	GB-A- 774 499 (POWER JETS) * Seite 1, Zeilen 43-55 *	1,2,4	
A		7	
A	US-A-2 888 241 (STALKER) * Spalte 1, Zeilen 53-70; Figur 5 *	4,7	
A	US-A-2 873 944 (WIESE u.a.) * Spalte 2, Zeilen 22-34; Figuren 3,4 *	4,7	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4)
			F 01 D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 27-06-1985	Prüfer ATTASIO R.M.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN 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 Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			