

(19)



(11)

EP 2 418 354 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
15.02.2012 Patentblatt 2012/07

(51) Int Cl.:
F01D 5/18 (2006.01) **F02C 7/18** (2006.01)
F01D 5/14 (2006.01) **B22F 3/00** (2006.01)
F04D 29/38 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10172358.3**

(22) Anmeldetag: **10.08.2010**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL 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 SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME RS

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

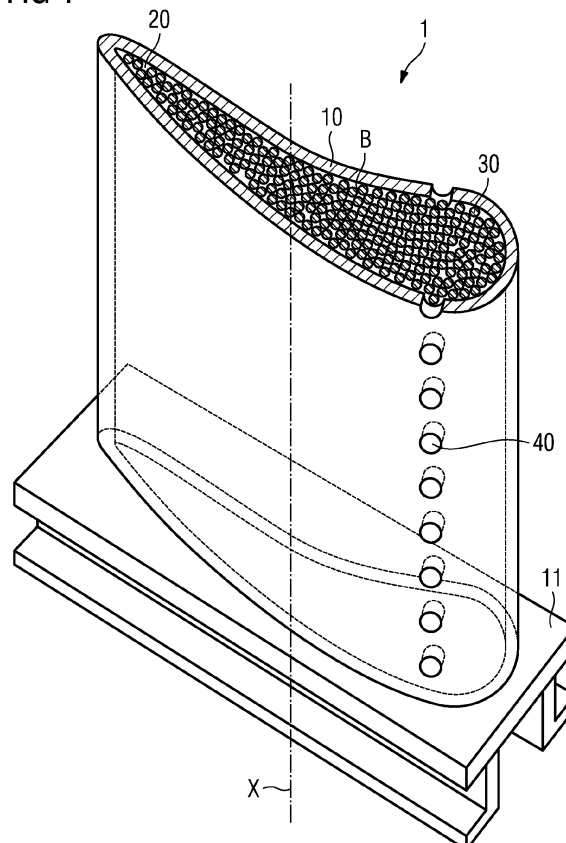
(72) Erfinder:
• **Beck, Thomas**
16341, Panketal (DE)
• **Klopf, Jerry**
13467, Berlin (DE)

(54) **Verfahren zur Herstellung einer innengekühlten Turbinenschaufel und Gasturbine mit einer so hergestellten Turbinenschaufel**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer innengekühlten Turbinenschaufel (1) mit einem, durch eine Au-ßenwandkontur (10) der Turbinenschaufel (1) ausgebildeten Hohlraum (20), bei dem in

einem ersten Schritt der Hohlraum (20) mit Metallkugeln (30) so befüllt wird, dass die Metallkugeln (30) sich gegenseitig berühren und in einem zweiten Schritt die Metallkugeln (30) mittels eines Sinterprozesses an ihren Berührungspunkten (B) unlösbar verbunden werden.

FIG 1



EP 2 418 354 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer innengekühlten Turbinenschaufel gemäß Anspruch 1, sowie eine entsprechende Gasturbine gemäß Anspruch 4.

[0002] Innengekühlte Turbinenschaufeln finden unter anderem im Heißgasstrom von Gasturbinen Anwendung. Solche heißgasbeaufschlagte Vorrichtungen müssen zur Erhaltung ihrer Funktionsfähigkeit und zur Erhöhung des Wirkungsgrads der Gasturbine möglichst effektiv gekühlt werden. Daher weist die Turbinenschaufel im Inneren einen Hohlraum auf, in den während des Betriebs der Gasturbine Kühlluft eingeleitet wird. Die Kühlluft strömt dabei an der, den Hohlraum bildenden, Außenwand der Turbinenschaufel entlang. Durch diese Konvektionsströmung entlang der inneren Oberfläche der Außenwand kommt es somit zu einer Oberflächenkühlung dieser Wandung. Zudem sind in der Außenwand eine Vielzahl von Kühllöchern vorgesehen, durch die die Kühlluft vom Hohlraum an die äußere Oberfläche der Außenwandung der Turbinenschaufel gelangen kann. Die so durch die Kühllöcher strömende und an der äußeren Oberfläche ausströmende Kühlluft erzeugt eine Filmkühlung zwischen der heißgasumströmten Turbinenschaufel und dem Heißgas selbst. Durch diese Maßnahmen kann so die Werkstofftemperatur der Turbinenschaufel niedriger gehalten werden als die Temperatur im Heißgasstrom, was insgesamt zu einem höheren Wirkungsgrad führt.

[0003] Aus der EP 1 155 760 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines thermisch belasteten Gussteils, insbesondere einer Turbinenschaufel, bekannt, bei der ein in der Außenwand der Turbinenschaufel integriertes Kühlsystem vorgesehen ist, das ganz oder teilweise mit einem offenporigen Metallschaum gefüllt ist. Durch diese offenporige Struktur kann nun auch Kühlluft aus dem Hohlraum heraus an die äußere Oberfläche der Wandung der Turbinenschaufel gelangen, um so die Filmkühlung zu verbessern und damit den Wirkungsgrad der Gasturbine zu erhöhen.

[0004] Aus der EP 1 127 635 A1 ist ein Verfahren zum Gießen eines Werkstücks, insbesondere einer Außenwand einer innengekühlten Turbinenschaufel bekannt, bei dem Gießkerne und Gießmaterial in eine Gussform eingebracht und danach das flüssige Gießmaterial chemisch wieder entfernt wird. So bilden sich nach dem Gießen auch hier in der Außenwand zwischen den Gießkernen geeignete Kanäle aus, durch die Kühlluft vom Hohlraum aus an die äußere Oberfläche der Außenwand strömen kann. Schlecht gekühlte Bereiche mit Filmkühlung an der Oberfläche sollen so vermieden werden.

[0005] Soll der Wirkungsgrad noch weiter erhöht werden, müssen zudem geeignete Maßnahmen zur Vergrößerung der für die Konvektionskühlung im Inneren der Turbinenschaufel notwendigen Oberflächen vorgesehen werden.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur

Herstellung einer innengekühlten Turbinenschaufel bereitzustellen, das einen höheren Wirkungsgrad einer Gasturbine ermöglicht.

[0007] Diese Aufgabe wird mit dem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1, sowie durch die damit hergestellte Gasturbine nach Anspruch 4 gelöst.

[0008] Dadurch, dass der Hohlraum der Turbinenschaufel mit Metallkugeln gefüllt und diese Metallkugeln an ihren Berührungspunkten mittels eines Sinterverfahrens unlösbar miteinander verbunden werden, ergibt sich für die Konvektionskühlung eine deutlich größere zusammenhängende Oberfläche im Inneren der Turbinenschaufel. Durch diese punktuelle Verbindung an den Stoßpunkten der Kugeln bilden sich je nach Größe der Metallkugeln Zwischenräume, durch die die Kühlluft weiterhin durch den Hohlraum geleitet werden und zudem auch über die Kühllöcher in der Außenwand ausströmen kann. Die hohe Wärmeleitung und Wärmekapazität der miteinander verbundenen Metallkugeln bilden somit, zusammen mit der durch die Kugeloberflächen bewirkten Vergrößerung der gesamten für die Konvektionskühlung im Inneren bereitstehenden Oberfläche, eine effiziente Kühlung der Turbinenschaufel. Dies erlaubt eine Reduzierung des Kühlluftverbrauchs bei gleicher Heißgastemperatur der Gasturbine oder aber eine höhere Heißgastemperatur bei gleicher Kühlleistung. Das erfindungsgemäße Verfahren führt somit insgesamt zu einer Verbesserung des Wirkungsgrads einer Gasturbine mit einer im Heißgasstrom angeordneten Turbinenschaufel.

[0009] Die Verteilung der Kühlluft im Hohlraum kann dabei vorteilhafterweise über die Größe der Metallkugeln gesteuert werden. So kann der Hohlraum in Teilbereiche untergliedert werden, die jeweils Kugeln mit gleichem oder zumindest weitgehend identischem Durchmesser aufweisen, sich aber von denen aus anderen Teilbereichen unterscheiden. Dadurch bilden sich Teilbereiche mit unterschiedlich befüllten Metallkugeln und damit unterschiedlichen Hohlräumen aus. Damit kommt es zu unterschiedlichen Bereichen, zum einen mit großem Kühlluftdurchsatz und zum anderen mit größeren Oberflächen. Der Kühlluftstrom und Kühlluftdurchsatz im Hohlraum lässt sich somit räumlich gezielt steuern.

[0010] Die einzelnen Metallkugeln können aus verschiedenen Werkstoffen bestehen, die aber eine annähernd gleiche Schmelztemperatur aufweisen. Die Schmelztemperatur muss dabei oberhalb der Betriebstemperatur der Gasturbine liegen. Somit ergibt sich die erfindungsgemäße Gasturbine mit einer im Heißgasstrom angeordneten und nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Turbinenschaufel. Dadurch dass die Werkstoffe der Kugeln einen annähernd gleichen Schmelzpunkt aufweisen, lässt sich der erfindungsgemäße Sinterschritt so steuern, dass dieser abgebrochen wird sobald die Kugeln an ihren Berührungspunkten verschmelzen. So bilden sich maximale Hohlräume zwischen den miteinander an den Berührungspunkten unlösbar verbundenen Metallkugeln aus, wodurch ein maximaler Kühleffekt erreicht wird. Typischerweise weisen

die Metallkugeln für eine räumlich gute Befüllung des gesamten Hohlraums einen Durchmesser von 1 bis 5 mm auf.

[0011] Die Erfindung soll nun anhand der nachfolgenden Figuren beispielhaft erläutert werden. Es zeigen:

FIG 1 schematisch ein Schnitt durch eine Turbinenschaufel mit einem Hohlraum.

FIG 2 schematisch ein Schnitt durch eine Turbinenschaufel mit einem in mehrere Teilbereiche aufgeteilten Hohlraum.

[0012] In FIG 1 perspektivisch dargestellt ist eine typische Gasturbinenschaufel 1 für eine Gasturbine. Die Gasturbinenschaufel 1 weist dabei entlang einer Schaufellängsachse X einen Schaufelfuß 11 und ein im Querschnitt tragflügelartiges Schaufelprofil mit einer Außenwand 10 auf. Die Turbinenschaufel ist dabei in ihrem Inneren zur Führung von Kühlluft hohl ausgebildet. Der so ausgebildete Hohlraum 20 wird dabei durch die Außenwandkontur, das heißt durch die Wandform und Wanddicke, vorgegeben. In den Hohlraum 20 kann über - nicht dargestellte - Zuführungen im Schaufelfuß 11 Kühlluft einströmen und sich entlang der Schaufellängsachse X im Hohlraum 20 ausbreiten. Durch die dadurch erzeugte Konvektionsströmung an der inneren Oberfläche der Außenwand wird diese, zum Hohlraum 20 hin gerichtete Oberfläche der Außenwand 10 und damit die gesamte Außenwand 10 gekühlt. Zusätzliche Kühlöffnungen 40 in der Außenwand 10 bewirken, dass zudem auch Kühlluft aus dem Hohlraum 20 an die äußere Oberfläche der Außenwand 10 strömen kann. Somit wird zusätzlich eine Filmkühlung zwischen dieser äußeren Oberfläche, der Außenwand 10 und der die Turbinenschaufel 1 umgebenden Heißgasströmung erreicht. Erfindungsgemäß ist nun - wie im Schnitt durch das Schaufelprofil schematisch angedeutet - der Hohlraum 20 mit Metallkugeln 30 gefüllt. Dazu ist vorgesehen, dass in einem ersten Schritt der Hohlraum 20 mit den Metallkugeln 30 so befüllt wird, dass die Metallkugeln 30 sich gegenseitig berühren und in einem zweiten Schritt die Metallkugeln 30 dann mittels eines Sinterprozesses an ihren Berührungspunkten B unlösbar verbunden werden. Bei der hier in FIG 1 schematisch dargestellten Ausführungsform ergibt sich somit eine zusammenhängende kugelartige dreidimensionale Oberflächenstruktur, die in Verbindung mit der inneren Oberfläche der Außenwand 10 zu einer erheblichen Vergrößerung der für die Konvektionskühlung zur Verfügung stehenden Oberfläche führt. Kühlluft kann weiterhin in Richtung der Schaufellängsachse X durch die Zwischenräume zwischen den miteinander verbundenen Metallkugeln 30 hindurchströmen und an den Kugeloberflächen und der inneren Oberfläche der Außenwand 10 eine Konvektionskühlung bewirken.

[0013] FIG 2 zeigt einen fast identischen Aufbau einer Gasturbinenschaufel 1. Aus Festigkeitsgründen ist hier aber zwischen der Druckseitenwand und der Saugsei-

tenwand der Außenwand 100 eine Stützrippe 110 vorgesehen, welche die beiden Wände miteinander verbindet. Diese Stützrippe 110 bietet sich dabei besonders an, wenn es darum geht den Hohlraum mit einfachsten Mitteln in zumindest zwei Teilbereiche 201 und 202 mit unterschiedlichen Metallkugeln 310 und 302 zu unterteilen. Neben dieser Unterteilung ist in FIG 3 ein dritter Teilbereich 203 ausgebildet, der sich aber alleine aus der Tatsache ergibt, dass Metallkugeln 302 und 303 mit unterschiedlichem Durchmesser bereits so im Hohlraum angeordnet werden, dass sich dadurch die Teilbereiche 202 und 203 ausbilden. Insgesamt können so in der Turbinenschaufel unterschiedliche Teilbereiche mit unterschiedlichen Wirkungen der Kühlluft ausgebildet werden. So kann es beispielsweise von Vorteil sein, den Teilbereich 203 mit kleinen Kugeln auszubilden, um hier besonders große Oberflächen und eine weniger starke Kühlluftströmung zu erzeugen, während es im Teilbereich 201 eher auf große Zwischenräume zwischen Metallkugeln mit großem Durchmesser ankommt.

[0014] Die vorliegende Erfindung ist nicht beschränkt auf die zuvor beschriebenen Ausführungen. Vielmehr sind auch Kombinationen, Abwandlungen bzw. Ergänzungen einzelner Merkmale denkbar, die zu weiteren möglichen Ausführungsformen der erfindatorischen Idee führen können. So kann weiterhin der Hohlraum nicht nur, wie dargestellt, in parallel zur Schaufellängsachse angeordnete Teilbereiche, sondern auch in Richtung der Schaufellängsachse unterschiedliche Teilbereiche aufgeteilt werden. Teilbereiche können, wie in FIG 2 angedeutet durch zusätzliche Wandungen im Inneren des Hohlraums ausgebildet werden, oder sich aber auch alleine durch eine entsprechende Befüllung mit Kugeln mit unterschiedlichen Durchmessern oder Materialeigenschaften ergeben. Somit können je nach Kugelgröße und Befüllung zwei- oder auch dreidimensional Kühlluftkanalstrukturen unterschiedlichen Durchsatzes oder Konvektionsoberflächen im Inneren der Turbinenschaufel gebildet werden. Die beabsichtigte räumliche Wirkung der Kühlluft lässt sich so allein anhand der entsprechenden Platzierung unterschiedlicher Metallkugeln im Hohlraum beeinflussen. Vorteilhafterweise lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren mit den aus dem Stand der Technik bekannten Maßnahmen kombinieren, um so einen möglichst hohen Gesamtwirkungsgrad zu erzielen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer innengekühlten Turbinenschaufel (1) mit einem, durch eine Außenwandkontur (10, 101, 102, 103) der Turbinenschaufel (1) ausgebildeten Hohlraum (20, 201, 202, 203), bei dem in einem ersten Schritt der Hohlraum (20, 201, 202, 203) mit Metallkugeln (30, 301, 302, 303) so befüllt wird, dass die Metallkugeln (30, 301, 302, 303) sich gegenseitig berühren und in einem zweiten Schritt die Metallkugeln

(30,301,302,303) mittels eines Sinterprozesses an ihren Berührungspunkten (B) unlösbar verbunden werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlraum in mehrere Teilbereiche (201,202,203) unterteilt ist, und diese Teilbereiche (201,202,203) mit Metallkugeln (301,302,303) mit unterschiedlichem Durchmesser befüllt werden. 5
10
3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der im zweiten Schritt durchgeführte Sinterprozess abgebrochen wird, sobald die Metallkugeln an ihren Berührungspunkten verschmelzen. 15
4. Gasturbine mit einer im Heißgastrom angeordneten und nach einem der Verfahren nach Anspruch 1 bis 3 hergestellten Turbinenschaufel. 20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

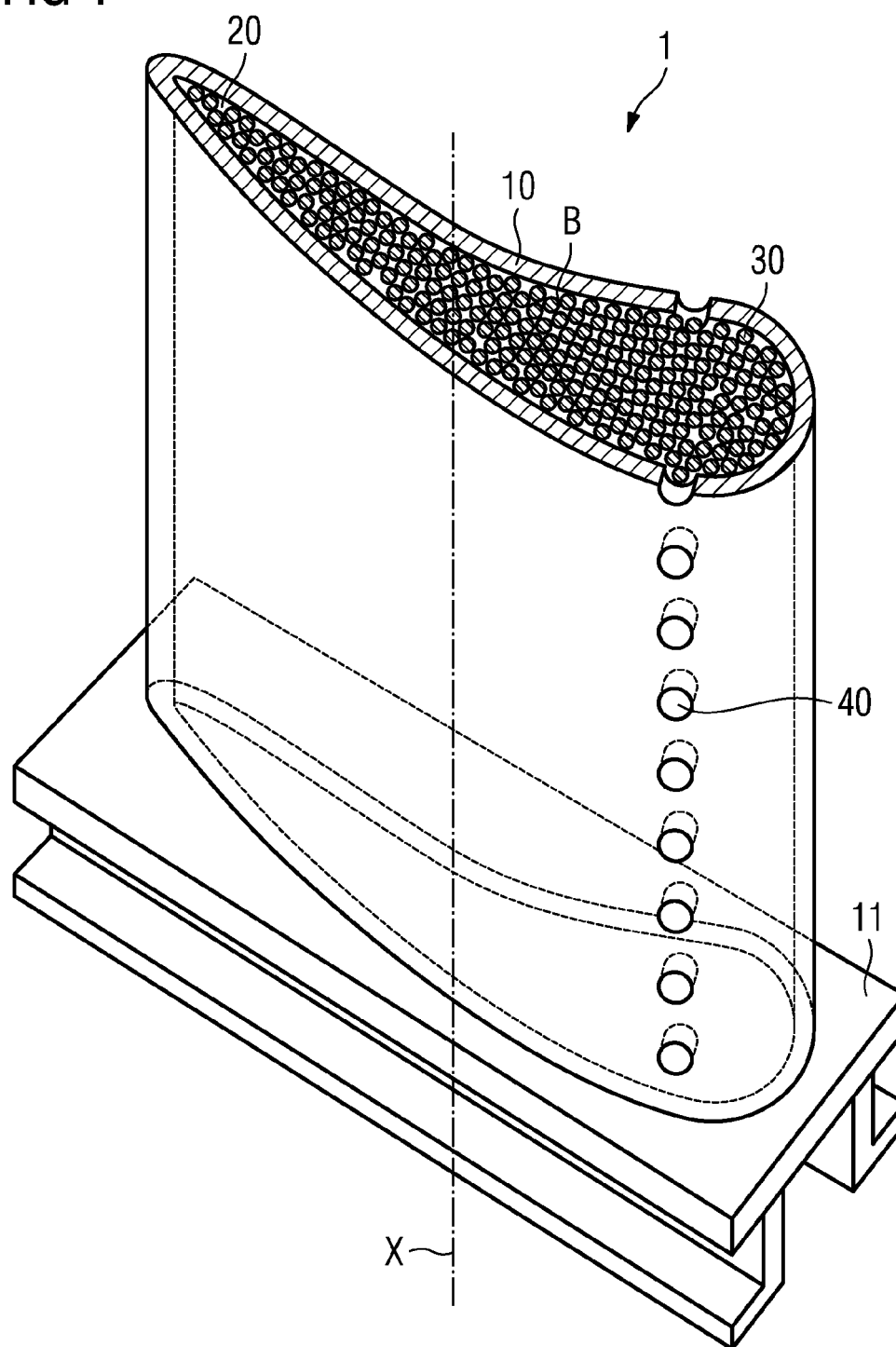
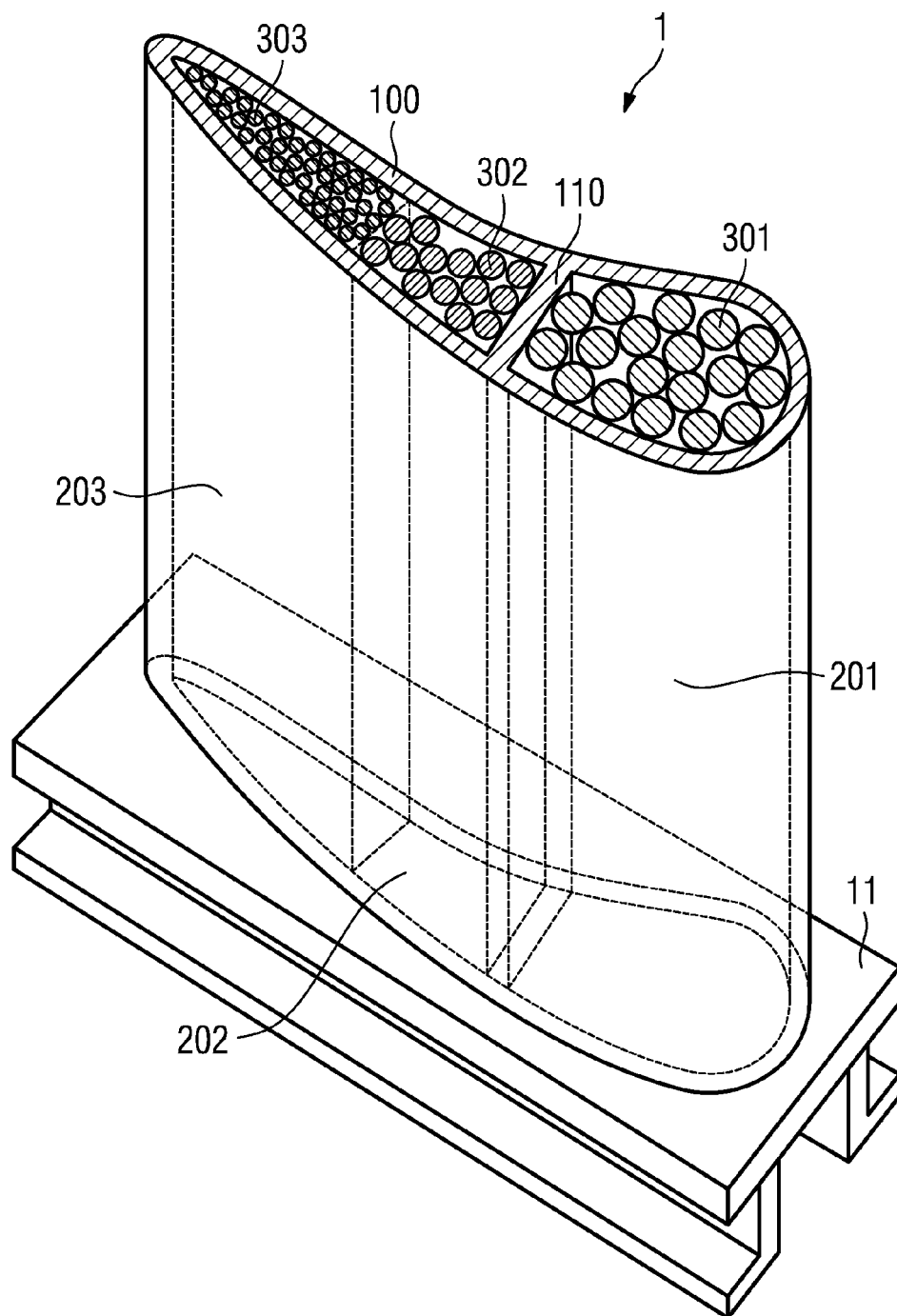


FIG 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 10 17 2358

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 39 02 032 A1 (MTU MUENCHEN GMBH [DE]) 26. Juli 1990 (1990-07-26)	1	INV. F01D5/18 F02C7/18 F01D5/14 B22F3/00 F04D29/38
Y	* Spalte 1, Zeile 65 - Spalte 2, Zeile 60 * * Spalte 4, Zeile 8 - Zeile 42; Abbildung 6 *	2-4	
Y	----- US 2007/243069 A1 (READ SIMON [GB]) 18. Oktober 2007 (2007-10-18) * Absatz [0006] - Absatz [0017] * * Absatz [0036] - Absatz [0057] * * Abbildung 3 *	3,4	
Y	----- DE 43 38 457 A1 (MTU MUENCHEN GMBH [DE]) 18. Mai 1995 (1995-05-18) * Spalte 5, Zeile 60 - Spalte 6, Zeile 14; Abbildungen 1-2 *	2	
A	----- DE 30 26 227 A1 (ROLLS ROYCE) 15. Januar 1981 (1981-01-15) * Seite 6 - Seite 7 * -----	1-4	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D F02C B22F F04D
1	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 3. Februar 2011	Prüfer Huber, Gerrit
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 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 10 17 2358

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.

03-02-2011

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3902032 A1	26-07-1990	FR 2641995 A1	27-07-1990
		GB 2229193 A	19-09-1990
		US 5073459 A	17-12-1991
US 2007243069 A1	18-10-2007	GB 2418459 A	29-03-2006
		GB 2451779 A	11-02-2009
DE 4338457 A1	18-05-1995	FR 2712218 A1	19-05-1995
		GB 2284825 A	21-06-1995
		US 5634189 A	27-05-1997
DE 3026227 A1	15-01-1981	FR 2461103 A1	30-01-1981
		GB 2053367 A	04-02-1981
		JP 1379412 C	28-05-1987
		JP 56018032 A	20-02-1981
		JP 61047291 B	18-10-1986
		US 4318666 A	09-03-1982

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 1155760 A1 [0003]
- EP 1127635 A1 [0004]