

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel mit einem Schaufelfuß und einem Schaufelblatt, bei der sich ausgehend von einem Eintrittspunkt wenigstens ein radialer Kühlmittelkanal bis hin zu einem Endpunkt des Kühlkanals erstreckt.

[0002] Die Leistungserwartungen an Gasturbinen sind in den letzten Jahren immer weiter angestiegen. Die Erwartungen werden bedient, indem man die entscheidenden Faktoren beim Betrieb von Gasturbinen, nämlich die Anströmtemperatur und den Anströmdruck des Arbeitsfluids immer weiter steigert. Dies ist nur mit Hilfe immer weiter optimierter Technologien zur Kühlung der einzelnen Turbinenschaufeln einer Gasturbine möglich.

[0003] Ein häufig in Gasturbinen eingesetztes Kühlmedium ist Luft. Ein Teil der verdichteten Luft wird im Verdichter entnommen und unter Umgehung der Brennkammer den Gasturbinenschaufeln zugeführt.

[0004] Bei bekannten Turbinenschaufeln wird die Kühlluft der Turbinenschaufel in einem oder mehreren Kühlkanälen zugeführt, die vom Schaufelfuß weg im Schaufelkörper bis zu einem Endpunkt des Kühlkanals verlaufen, an welchem eine Öffnung in einer Oberfläche des Schaufelblattes angeordnet ist, durch die die gesamte im Kühlmittelkanal geführte Kühlluft an dieser Stelle zur Kühlung der Turbinenschaufel ausgelassen wird.

[0005] Eine gleichmäßige Kühlung der Turbinenschaufel ist mit einer derartigen Gestaltung nur dann möglich, wenn sehr viele Kühlkanäle durch den Schaufelkörper getrieben werden, die dann in der großen Anzahl gegebenenfalls die Festigkeit der Turbinenschaufel beeinträchtigen könnten.

[0006] Eine Aufgabe der Erfindung ist es, eine Turbinenschaufel bereitzustellen, die mit einer verhältnismäßig geringen Anzahl an Kühlmittelkanälen eine gleichmäßigere Kühlung der Turbinenschaufel ermöglicht.

[0007] Eine erfindungsgemäße Turbinenschaufel mit einem Schaufelfuß und einem Schaufelblatt weist wenigstens einen radialen Kühlmittelkanal in einem Schaufelkörper der Turbinenschaufel auf, der sich ausgehend von einem Eintrittspunkt, insbesondere an dem Schaufelfuß, bis hin zu einem Endpunkt des Kühlkanals erstreckt. Der Endpunkt des Kühlkanals ist vorzugsweise im Schaufelkörper angeordnet. An dem Schaufelblatt sind wenigstens zwei Auslasskanäle angeordnet, die den Kühlmittelkanal zur Leitung von Kühlmittel jeweils mit einer Auslassöffnung an einer Außenwand des Schaufelblattes verbinden.

[0008] Dadurch wird es möglich, mit einem zentralen Kühlmittelkanal der Turbinenschaufel an mehreren Stellen des Schaufelblattes Kühlluft auszulassen und damit das Schaufelblatt gleichmäßiger zu kühlen.

[0009] Vorzugsweise ist sowohl an einer Vorderseite als auch an einer Rückseite des Schaufelblattes jeweils wenigstens eine Auslassöffnung angeordnet, die mittels eines Auslasskanals mit dem Kühlmittelkanal verbunden ist. Dies ermöglicht eine beidseitige Kühlung des Schau-

felblattes, ausgehend aus einem einzigen Kühlmittelkanal.

[0010] Um eine noch gleichmäßigere Kühlung der Turbinenschaufel zu ermöglichen, ist gemäß einer bevorzugten Weiterbildung an dem Schaufelblatt eine Mehrzahl von Auslassöffnungen angeordnet, die jeweils mittels eines Auslasskanals mit dem Kühlmittelkanal verbunden sind.

[0011] Vorzugsweise sind die Auslasskanäle mit einem deutlich kleineren Querschnittsdurchmesser ausgebildet als der Kühlmittelkanal, insbesondere mit einem Durchmesser Verhältnis von 1:5, 1:10 oder höher.

[0012] Gemäß einer bevorzugten Ausführung ist der Kühlmittelkanal als gebohrtes Sackloch ausgebildet und/oder der Auslasskanal/die Auslasskanäle sind als Durchgangsbohrungen ausgebildet. Eine gebohrte Ausführung des Kühlmittelkanals und/oder der Auslasskanäle ermöglicht eine einfache und günstige Fertigung der Turbinenschaufel und insbesondere ihres Kühlsystems.

[0013] Insbesondere der Kühlmittelkanal kann jedoch auch mittels electrical discharge machining (EDM, zu Deutsch: funkenerosives Bearbeiten) gefertigt werden. Dies kann beispielsweise bei größeren Turbinenschaufeln eine größere Tiefe des Kühlmittelkanals ermöglichen.

[0014] Um eine höhere Kühlleistung realisieren zu können, ist in einer bevorzugten Ausführung in dem Schaufelkörper eine Mehrzahl von Kühlmittelkanälen angeordnet, insbesondere zwei, drei, fünf, zehn oder eine größere Vielzahl.

[0015] Vorzugsweise weist dabei jeder dieser Kühlmittelkanäle wenigstens einen Auslasskanal, insbesondere bevorzugt wenigstens zwei oder mehrere Auslasskanäle, auf. Um eine bessere Verteilung der Kühlleistung entlang der Turbinenschaufel zu gewährleisten, sind gemäß einer bevorzugten Ausführung die Endpunkte von wenigstens zweien dieser Kühlmittelkanäle an unterschiedlichen Radialpositionen der Turbinenschaufel, insbesondere bezüglich einer Radialachse der Turbinenschaufel, angeordnet.

[0016] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung weisen die Kühlmittelkanäle jeweils einen Auslassbereich auf, in welchem eine Mehrzahl von Auslasskanälen, insbesondere alle Auslasskanäle, von dem Kühlmittelkanal ausgehen. Der Auslassbereich ist vorzugsweise auf einen bestimmten Radialabschnitt der Turbinenschaufel begrenzt. Diese Ausführung ermöglicht eine Zuordnung von bestimmten Radialabschnitten der Turbinenschaufel zu bestimmten Kühlmittelkanälen. Darüber kann wiederum ein Kühlluftanteil für einen bestimmten Radialabschnitt der Turbinenschaufel gesteuert werden.

[0017] Vorzugsweise sind die Auslassbereiche von wenigstens zweien dieser Kühlmittelkanäle an unterschiedlichen Radialpositionen der Turbinenschaufel angeordnet, um eine möglichst gleichmäßige Kühlung (bezogen auf die Einsatzbedingungen) zu ermöglichen.

[0018] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Wei-

se, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden, wobei zeigt:

Figur 1: in einer teilweise geschnittenen Schrägsicht eine Turbinenschaufel nach einer Ausführung der Erfindung; und

Figur 2: in einer teilweise geschnittenen Schrägsicht einen Ausschnitt einer Turbinenschaufel nach einer weiteren Ausführung der Erfindung.

[0019] In Figur 1 ist eine Turbinenschaufel 1 mit einem Schaufelfuß 2 und einem Schaufelblatt 4 dargestellt. In einem Schaufelkörper 6 der Turbinenschaufel 1 erstrecken sich ausgehend von jeweils einem Eintrittspunkt 8.1, 8.2 und 8.3 drei Kühlmittelkanäle 10.

[0020] Die Kühlmittelkanäle 10.1, 10.2 und 10.3 verlaufen dabei in einer zumindest im Wesentlichen radialen Richtung hin bis zu einem Endpunkt 12 des jeweiligen Kühlmittelkanals 10.

[0021] Die Kühlmittelkanäle 10.1 und 10.2 verlaufen von einem - bezüglich einer Querrichtung des Schaufelfußes 2 zentralen Eintrittspunkt - weg bis zu ihren Endpunkten 12. Der Kühlmittelkanal 10.3 ist seitlich von der Mitte des Schaufelfußes 2 weg angeordnet, und folgt damit der Form des Schaufelblatts 4 im radial inneren Bereich des Schaufelblatts 4 an dieser Axialposition.

[0022] In einem Auslassbereich 14 jedes der Kühlmittelkanäle 10 ist eine Mehrzahl von Auslasskanälen 16 und 18 angeordnet, wobei die Auslasskanäle 16 jeweils an einer Auslassöffnung 20 in der Außenwand 22 der Turbinenschaufel münden, und damit den Kühlmittelkanal 10 mit diesen Auslassöffnungen 20 verbinden. Die Auslasskanäle 16 münden derart auf eine Vorderseite 24 des Schaufelblattes 4, die Auslasskanäle 18 münden in nicht dargestellte Auslassöffnungen auf der Rückseite der Turbinenschaufel 1.

[0023] Im dargestellten Ausführungsbeispiel weisen die Kühlmittelkanäle 8 unterschiedliche Querschnittsdurchmesser x_1 , x_2 und x_3 auf, die die Bereitstellung unterschiedlicher Kühlluftströme ermöglichen.

[0024] Zur Kühlung der Turbinenschaufel 1, die im Betrieb an ihrem Schaufelfuß im Turbinenrotor befestigt ist und (in der Darstellung) im Wesentlichen von links nach rechts durch ein heißes und druckbeaufschlagtes Arbeitsmedium angeströmt wird, wird Kühlluft in die Kühlmittelkanäle 10 eingeleitet, das dann in den Auslassbereichen 14 in die einzelnen Auslasskanäle 16 und 18 verteilt und an den Auslassöffnungen 20 austritt. Hier kann die Kühlluft punktuell die Umgebung der Auslassöffnungen kühlen, indem die verhältnismäßig kalte Kühlluft die verhältnismäßig heiße Außenwand 24 der Turbinenschaufel kühlt.

[0025] Bei einer geeigneten Anordnung einer ausrei-

chenden Menge von Auslassöffnungen 20 auf der Außenwand des Schaufelblatts 4 kann auch eine Filmkühlung realisiert werden, bei welcher die aus den Auslassöffnungen 20 ausströmende Luft einen "Film" auf der Vorderseite 22 und/oder der Rückseite des Schaufelblatts 4 ausbildet und damit einen direkten Kontakt zwischen der Außenwand 24 und dem vorbeiströmenden, heißen Arbeitsfluid verhindert oder zumindest minimiert.

[0026] In Fig. 2 ist eine Turbinenschaufel 1 dargestellt, bei welcher mittels zwei exemplarisch eingezeichneten Kühlmittelkanälen 10.1 und 10.2 dargestellt wird, wie unterschiedliche Bereiche bezüglich der Radialachse R der Turbinenschaufel 1 durch unterschiedliche Kühlmittelkanäle mit Kühlluft versorgt werden können.

[0027] Der Kühlmittelkanal 10.1 erstreckt sich von seinem Eintrittspunkt 8.1 hin bis zu seinem Endpunkt 12.1 (an der Radialposition des Endpunkts 12.1 ist die Darstellung des Schaufelblatts 4 geschnitten). Der Kühlmittelkanal 10.2 ist in Strömungsrichtung des Arbeitsfluids S leicht versetzt zu dem Kühlmittelkanal 10.1 angeordnet.

[0028] Der Kühlmittelkanal 10.2 ist kürzer ausgebildet, so dass der Abstand zwischen dem Endpunkt 12.2 und dem Eintrittspunkt 8.2 kleiner ist als der Abstand zwischen dem Endpunkt 12.1 und dem Eintrittspunkt 8.1. Beide Kühlmittelkanäle weisen einen Auslassbereich 14 auf, wobei der Auslassbereich 14.1 des ersten Kühlmittelkanals 10.1 an einer Radialposition angeordnet ist, die weiter außen ist als die Radialposition des Auslassbereichs 14.2 des zweiten Kühlmittelkanals 10.2.

[0029] Damit sind die Auslassöffnungen 20.1, an denen durch die Verbindung mit dem Kühlmittelkanal 10.1 mittels der Auslasskanäle 16.1 Kühlluft in Pfeilrichtung ausströmen kann, radial weiter außen angeordnet als die Auslassöffnungen 20.2 des zweiten Kühlmittelkanals 10.2.

[0030] Wenn man davon ausgeht, dass der Abstand in S-Richtung zwischen den Kühlmittelkanälen 10.1 und 10.2 nur aufgrund der besseren Darstellung überzeichnet ist, wird ersichtlich, dass mit einer derartigen Anordnung ein verhältnismäßig großer Anteil der Vorderseite des Schaufelblatts 4 mit einer Filmkühlung überzogen werden kann, wenn der Abstand zwischen den einzelnen Auslassöffnungen 20 klein genug gewählt ist.

[0031] Der Kühlmechanismus gemäß dieser Ausführung ist aufgrund der Möglichkeit, sowohl die Kühlmittelkanäle 10 als auch die Auslasskanäle 16 und 18 gerade auszubilden - und damit als Bohrungen zu fertigen - fertigungstechnisch verhältnismäßig einfach und damit günstig herzustellen.

Patentansprüche

1. Turbinenschaufel (1) mit einem Schaufelfuß (2) und einem Schaufelblatt (4), wobei sich - ausgehend von einem Eintrittspunkt (8), insbesondere an dem Schaufelfuß - wenigstens ein radialer Kühlmittelkanal (6) in einem Schaufelkörper der Turbinenschaufel bis hin zu einem Endpunkt (12) des Kühlmittelka-

nals erstreckt,

dadurch gekennzeichnet, dass

an dem Schaufelblatt wenigstens zwei Auslasskanäle (16, 18) angeordnet sind, die den Kühlmittelkanal zur Leitung von Kühlmittel mit einer Auslassöffnung (20) an einer Außenwand (22) des Schaufelblatts verbinden.

5

2. Turbinenschaufel gemäß Anspruch 1,
wobei an einer Vorderseite (24) und an einer Rückseite (25) des Schaufelblattes jeweils wenigstens eine mittels eines Auslasskanals mit dem Kühlmittelkanal verbundene Auslassöffnung angeordnet ist. 10
3. Turbinenschaufel gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei an dem Schaufelblatt eine Mehrzahl von mittels eines Auslasskanals mit dem Kühlmittelkanal verbundenen Auslassöffnungen angeordnet ist. 15
4. Turbinenschaufel gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Kühlmittelkanal als gebohrtes Sackloch ausgebildet ist und/oder der/die Auslasskanal/-kanäle als Durchgangsbohrungen ausgebildet sind. 20 25
5. Turbinenschaufel gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei in dem Schaufelkörper eine Mehrzahl von Kühlmittelkanälen angeordnet ist. 30
6. Turbinenschaufel gemäß Anspruch 5,
wobei jeder der Kühlmittelkanäle wenigstens zwei Auslasskanäle aufweist.
7. Turbinenschaufel gemäß einem der vorherigen Ansprüche 5 oder 6,
wobei die Endpunkte von wenigstens zweien dieser Kühlmittelkanäle an unterschiedlichen Radialpositionen (R) der Turbinenschaufel angeordnet sind. 35 40
8. Turbinenschaufel gemäß einem der vorherigen Ansprüche 5 bis 7,
wobei die Kühlmittelkanäle jeweils einen Auslassbereich (14) aufweisen, in welchem eine Mehrzahl von Auslasskanälen von dem Kühlmittelkanal ausgehen. 45
9. Turbinenschaufel gemäß einem der vorherigen Ansprüche 5 bis 8,
wobei die Auslassbereiche von wenigstens zweien dieser Kühlmittelkanäle an unterschiedlichen Radialpositionen der Turbinenschaufel angeordnet sind. 50

55

FIG 1

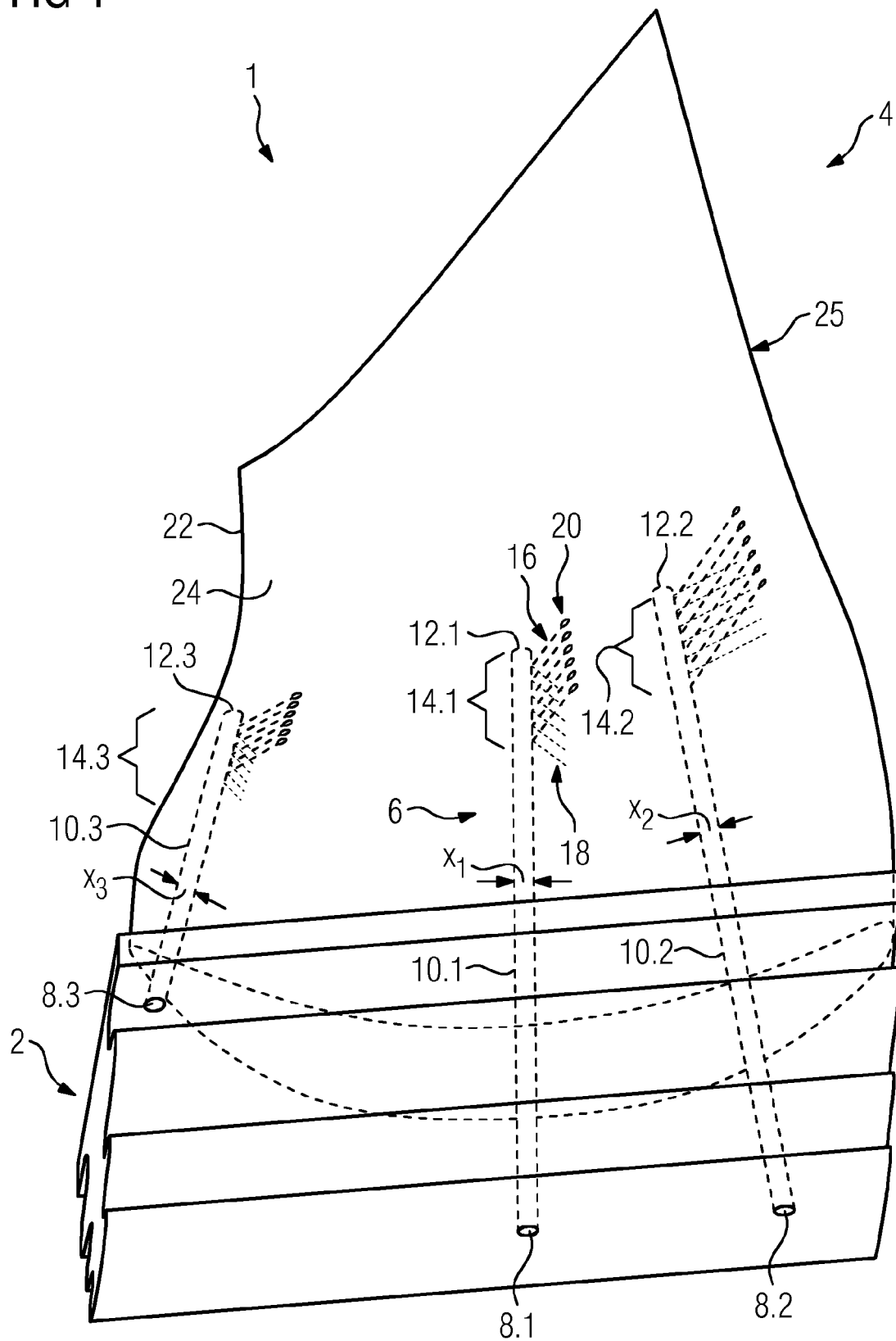
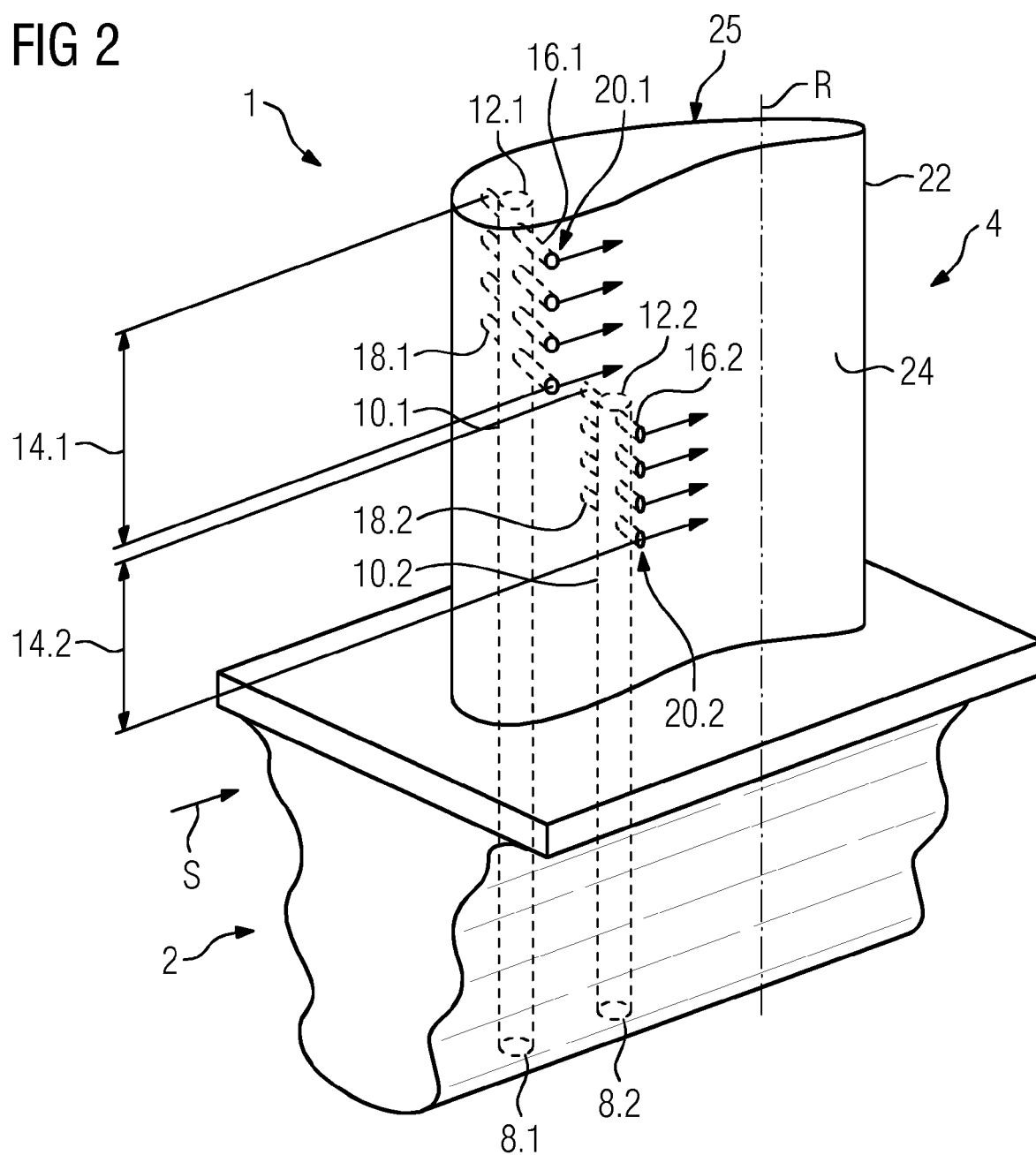


FIG 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 16 17 8150

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2005 044182 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 16. März 2006 (2006-03-16) * Absätze [0012], [0015] - [0017]; Abbildungen 2,3 *	1,3-5,7,9	INV. F01D5/18
X	EP 1 598 522 A1 (SIEMENS AG [DE]) 23. November 2005 (2005-11-23) * Absatz [0061]; Abbildung 4 *	1-4	
X	EP 2 284 364 A2 (SIEMENS AG [DE]) 16. Februar 2011 (2011-02-16) * Absätze [0028] - [0030]; Abbildungen 1,2 *	1,3,4	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 9. Januar 2017	Prüfer Pileri, Pierluigi
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 : 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 anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 16 17 8150

5 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.

09-01-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	DE 102005044182 A1	16-03-2006	CN 1749534 A	22-03-2006
			DE 102005044182 A1	16-03-2006
			JP 4778754 B2	21-09-2011
			JP 2006083851 A	30-03-2006
			US 2006056969 A1	16-03-2006
	EP 1598522 A1	23-11-2005	KEINE	
20	EP 2284364 A2	16-02-2011	DE 102009037411 A1	26-05-2011
			EP 2284364 A2	16-02-2011
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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