



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
18.10.2017 Patentblatt 2017/42

(51) Int Cl.:
F01D 5/18 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16165558.4**

(22) Anmeldetag: **15.04.2016**

(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 RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

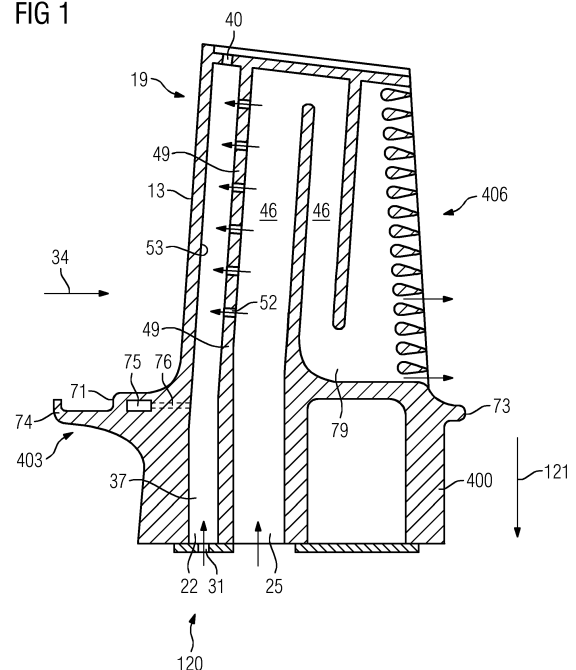
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Zhou, Kunyuan**
10707 Berlin (DE)
• **Dreher, Horst-Michael**
10715 Berlin (DE)
• **Hüls, Matthias**
49479 Ibbenbüren (DE)

(54) **LAUSCHAUFEL FÜR EINE TURBINE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Lauschaufel (120) für eine Turbine, umfassend einen Schaufelfuß (183), der mittels sich eines daran anschließenden Schaufelhalses in eine im Wesentlichen rhomboid- oder rechteckförmige Plattform (403) übergeht, welche an ihrer dem Schaufelhals abgewandten Seite ein aerodynamisch gekrümmtes Schaufelblatt (406) mit einer von einem Heißgas anströmbaren Vorderkante (13) aufweist, wobei die Plattform (403) in Bezug auf das Heißgas eine anströmseitige Querkante (71) und eine abströmseitige Querkante (73) aufweist und das Schaufelblatt (406) zur Kühlung ihrer vom Heißgas überströmbaren Flächen im Inneren ein Kühlsystem mit zumindest einem sich radial durch den Schaufelhals und die Plattform (403) bis in das Schaufelblatt (406) hinein erstreckenden Kühlkanal (37) aufweist, dem durch eine schaufelfußseitige oder schaufelhalsseitige Einspeiseöffnung ein Kühlmedium zuführbar ist. Um eine besonders langlebige Lauschaufel bereitzustellen, wird vorgeschlagen, dass der Kühlkanal im Bereich der Plattform Mittel zur zumindest teilweisen Prallkühlung der anströmseitigen Querkante (71) aufweist.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Laufschaufel gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Eine dem Oberbegriff des Anspruchs 1 entsprechende Laufschaufel ist beispielsweise aus der EP 1 207 268 A1 bekannt. Nachteilig bei der bekannten Laufschaufel ist, dass die anströmseitige Querkante der Plattform seitlich der Vorderkante des Schaufelblattes prallgekühlt wird. Dies führt zu einer ungleichmäßigen Temperaturbelastung entlang der Querkante, wobei insbesondere der der Vorderkante des Schaufelblatts stromauf liegende Bereich der Querkanten weniger prallgekühlt ist. Weiter wird es als nachteilig empfunden, dass die zur Oberflächenkühlung der Plattform eingesetzte Kühlluft schlitzartig ausgeblasen wird. Dies verhindert einen gleichmäßigen Kühlluftaustritt.

[0003] Aufgabe der Erfindung ist daher die Bereitstellung einer Laufschaufel der eingangs genannten Art, bei der die im Stand der Technik bekannten Nachteile ausgeräumt worden sind.

[0004] Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird mit einer Laufschaufel gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben, deren Merkmale in beliebiger Weise auch nur teilweise miteinander kombiniert werden können.

[0005] Erfindungsgemäß ist bei einer Laufschaufel, umfassend einen tannenbaumförmigen Schaufelfuß, der mittels eines sich daran anschließenden Schaufelhalses in eine im Wesentlichen rhomboid- oder rechteckförmige Plattform übergeht, welche an ihrer dem Schaufelhals abgewandten Seite ein aerodynamisch gekrümmtes Schaufelblatt mit einer von einem Heißgas anströmbaren Vorderkante aufweist, wobei die Plattform in Bezug auf das Heißgas eine anströmseitige Querkante und eine abströmseitige Querkante aufweist und das Schaufelblatt zur Kühlung ihrer vom Heißgas überströmbaren Flächen im Inneren ein Kühlsystem mit zumindest einem sich radial durch den Schaufelhals und die Plattform bis in das Schaufelblatt hinein erstreckenden Kühlkanal aufweist, dem durch eine schaufelfußseitige oder schaufelhalsseitige Einspeiseöffnung ein Kühlmedium zuführbar ist, vorgesehen, dass die Laufschaufel im Bereich der Plattform Mittel zur zumindest teilweisen Prallkühlung der anströmseitigen Querkante umfasst, welche Mittel mit dem ersten Kühlkanal strömungstechnisch verbunden sind.

[0006] Mit der erfindungsgemäßen Lösung wird erstmalig vorgeschlagen, dass die zur Prallkühlung der Querkante der Plattform verwendete Kühlluft dem Schaufelinneren entnommen wird, wodurch eine vergleichsweise verlustarme Bereitstellung von Kühlmittel mit vergleichsweise hohem Druck erreicht werden kann. Es wurde nämlich festgestellt, dass bei einer Verwendung von Kühlluft, welche unterhalb der Plattform, jedoch außerhalb der Laufschaufel zur Verfügung steht, diese bisher einen vergleichsweise geringen Versorgungs-

druck aufwies und damit bisher eine verhältnismäßig ineffiziente Prallkühlung erreicht wurde.

[0007] Gemäß einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung umfasst das Mittel zur Prallkühlung der anströmseitigen Querkante der Plattform einen im Inneren der Plattform sich im Wesentlichen parallel zur Querkante erstreckenden Prallkühlraum, welcher über zumindest eine Prallkühlöffnung mit dem Kühlkanal in Strömungsverbindung ist.

[0008] Die Verwendung eines Prallkühlraums, welcher im Wesentlichen parallel zur Querkante sich erstreckt, ermöglicht eine großflächige Kühlung der anströmseitigen Querkante.

[0009] Dabei ist der Begriff "Kante", verwendet sowohl für die "Querkante" als auch für die "Vorderkante", nicht im Sinne einer "Ecke" zu verstehen, sondern im Sinne einer schmalen, jedoch länglichen "Fläche".

[0010] Gemäß einer alternativen Ausgestaltung umfasst das Mittel zur Prallkühlung der anströmseitigen Querkante einen im Inneren der Plattform sich im Wesentlichen parallel zur Querkante erstreckenden Prallkühlraum, welcher über zumindest eine Prallkühlöffnung mit einem von dem Kühlkanal mit Kühlmittel versorgbaren Zwischenraum verbunden ist.

[0011] Durch die Verwendung eines Zwischenraums zwischen dem Kühlkanal und dem Prallkühlraum kann eine vereinfachte Innenstruktur der Laufschaufel bereitgestellt werden, welche sich vergleichsweise einfach herstellen lässt, für den Fall, dass die Laufschaufel in einem Gießverfahren hergestellt ist. Außerdem lässt sich dadurch ein vergleichsweise langer Abschnitt der Querkante mit einem einen höheren Druck aufweisenden Kühlmittel prallkühlen.

[0012] Weiter bevorzugt schließt sich an den Prallkühlraum ein weiterer Kühlkanal an, welcher zur konvektiven Kühlung der von Heißgas überströmbaren saugseitigen Plattformoberfläche vorgesehen ist. Mit Hilfe einer derartigen Anordnung kann das dem Prallkühlraum zugeführte Kühlmittel einfach und effizient zur weiteren Kühlung der Plattform dadurch abgeleitet werden, wobei sich hierdurch gleichzeitig ein ausreichendes Druckgefälle zur Erzielung der gewünschten Durchströmung der Kanäle einstellt.

[0013] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist der Prallkühlraum in Bezug auf die Hauptströmungsrichtung des Heißgases zumindest stromauf der Vorderkante des Vorderprofils angeordnet. Insbesondere an dieser Position besteht die Gefahr einer lokalen Überhitzung der anströmseitigen Querkante der Plattform, weswegen die hier vorgeschlagene lokale Kühlung von besonderem Vorteil ist, so dass die Lebensdauer einer demensprechend ausgestalteten Laufschaufel verglichen mit der bekannten Laufschaufel verbessert ist.

[0014] Weiter bevorzugt steht vor der anströmsseitigen Querkante der Plattform ein Dichtarm ab. Je nach Ausgestaltung des Prallkühlraums kann die Kühlwirkung somit auch auf den Wurzelbereich des Dichtarms erweitert werden, wodurch dieser höheren thermischen Be-

lastungen standhalten kann.

[0015] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile der Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 einen Längsschnitt durch eine Turbinenlaufschaukel gemäß eines ersten Ausführungsbeispiels,
- Figur 2 die in radialer Richtung erfolgende Draufsicht auf die Laufschaukel gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel und
- Figur 3 eine Seitenansicht auf die Laufschaukel gemäß des zweiten Ausführungsbeispiels.

[0016] Figur 1 zeigt in perspektivischer Ansicht eine Laufschaukel 120 für eine Turbine, die sich entlang einer Längsachse 121 (radiale Richtung) erstreckt. Die Laufschaukel 120 weist entlang der Längsachse 121 aufeinander folgend einen Befestigungsbereich 400, eine daran angrenzende Schaukelplattform 403, ein Schaukelblatt 406 sowie eine Schaukelspitze 19 auf. Im Befestigungsbereich 400 ist ein Schaukelfuß 183 gebildet, der zur Befestigung der Laufschaukel 120 an einer nicht gezeigten Welle dient. Der Schaukelfuß 183 ist als Tannenbaum ausgestaltet. Andere Ausgestaltungen, beispielsweise als Schwalbenschwanzfuß, sind möglich.

[0017] Die Laufschaukel 120 ist zumindest teilweise hohl ausgeführt und wird im Inneren gekühlt.

[0018] Die Laufschaukel 120 weist im Schaukelfußbereich 400 beispielhafterweise einen ersten Kühlmiteingangsbereich 22 und einen zweiten Kühlmiteingangsbereich 25 auf.

[0019] Die Laufschaukel 120 wird in axialer Richtung 34 von einem heißen Medium umströmt. Das heiße Medium trifft in axialer Richtung 34 zuerst auf eine Vorderkante 13 und strömt dann an dem Schaukelblatt 406 vorbei bis zu einer Abströmkante 10.

[0020] Das Kühlmittel, das durch den ersten Kühlmiteingangsbereich 22 in einen ersten Kühlkanal 37, der in axialer Richtung 34 direkt hinter der Vorderkante 13 folgt, eindringt, strömt in Längsrichtung 121 bis zur Schaukelspitze 19. Im Bereich der Schaukelspitze 19 und der Vorderkante 13 ist zumindest eine erste Austrittsöffnung 40 für das Kühlmittel vorhanden. Im Bereich der Abströmkante 10 verlässt dieser Teil des Kühlmittels die Laufschaukel 120.

[0021] Durch den zweiten Kühlmiteingangsbereich 25 strömt ebenfalls Kühlmittel in einen inneren Hohlraum 46, der sich in axialer Richtung 34 an den ersten Kühlkanal 37 anschließt.

[0022] Der innere Hohlraum 46 ist beispielsweise mäanderförmig ausgebildet, so dass ein Teil des Kühlmittels mäanderförmig im Inneren der Laufschaukel 120 hin zum

Bereich der Abströmkante 10 strömt und dort längs der Abströmkante 10 verteilt aus der Laufschaufel 120 austritt.

[0023] In einer den ersten Kühlkanal von dem mäanderförmigen Bereich trennenden Wand 49 sind mehrere Prallkühlöffnungen 52 vorhanden. Durch die Prallkühlöffnungen 52 strömt das Kühlmittel aus dem inneren Hohlraum 46 in den ersten Kühlkanal 37, trifft dort auf die innere Wandfläche 53 der Vorderkante 13 auf und kühlt diese mittels Prallkühlung.

[0024] Das Kühlmittel (Luft und/oder Dampf), das durch die Prallkühlöffnungen 52 in den ersten Kühlkanal 37 strömt, strömt ggf. zusammen mit dem Kühlmittel, das durch den ersten Kühlmiteingangsbereich 22 eingeströmt ist, durch die erste Austrittsöffnung 40 nach außen. Der erste Kühlmiteingangsbereich 22 kann auch vollständig verschlossen sein, so dass Kühlmittel nur aus dem inneren Hohlraum 46 in den ersten Kühlkanal 37 eindringt.

[0025] Des Weiteren umfasst die Schaukelplattform 403 eine anströmseitige Querkante 71 und eine abströmseitige Querkante 73. Im die anströmseitige Querkante 71 der Schaukelplattform 403 bildenden Material ist ein Prallkühlraum 75 vorgesehen. Der Prallkühlraum 75 steht über eine Reihe von weiteren Prallkühlöffnungen 76 mit dem ersten Kühlkanal 37 in Strömungsverbindung. Somit kann ein Teil des im ersten Kühlkanal 37 strömenden Kühlmittels zur Prallkühlung der anströmseitigen Querkante 71 genutzt werden, wobei der Prallkühlraum 75 sich vorzugsweise annähernd über die gesamte Länge der anströmseitigen Querkante 71 erstreckt. Das in den Prallkühlraum 75 einströmende Kühlmittel kann über nicht weiter dargestellte Öffnungen aus diesem abgeleitet werden.

[0026] Die Figur 2 zeigt die in Längsrichtung 121 erfolgende Draufsicht auf eine Laufschaukel. Gemäß diesem, dem zweiten Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Laufschaukel, ist zwischen dem ersten Kühlkanal 37 und dem Prallkühlraum 75 ein Zwischenraum 77 angeordnet, der als Verteilerraum dient. Dabei ist dem Zwischenraum 77 lediglich über eine vergleichsweise kurze Kühlluftpassage 79 aus dem ersten Kühlkanal 37 Kühlmittel zuführbar. Dieses wird dann über eine Vielzahl von Prallkühlöffnungen 76 im Prallkühlraum 75 zugeführt. Der Prallkühlraum 75 erstreckt sich auch hier insbesondere über die gesamte Längserstreckung der Querkante 71 der Schaukelplattform 403. An dem der Saugseite des Schaukelblatts zugewandten Ende des Prallkühlraums 75 schließt sich ein zur konvektiven Kühlung der Plattform 403 dienender Kühlkanalabschnitt 80 an, dessen Mündung 81 in der Mitte der abströmseitigen Querkante 73 der Plattform 403 angeordnet ist. Die Seitenansicht auf diese Laufschaukel 120 ist in Figur 3 schematisch dargestellt, wobei für die Erfindung unwesentliche Merkmale ausgeblendet sind.

[0027] An der anströmseitigen Querkante 71 der Plattform ist zudem ein Dichtarm 74 vorgesehen, an dessen nach außen weisender Fläche in bekannter Manier Dicht-

zähne einer Labyrinthdichtung angeordnet sein können.
[0028] Insgesamt betrifft die Erfindung damit eine Laufschaufel 120 für eine Turbine, umfassend einen Schaufelfuß 183, der mittels sich eines daran anschließenden Schaufelhalses in eine im Wesentlichen rhomboid- oder rechteckförmige Plattform 403 übergeht, welche an ihrer dem Schaufelhals abgewandten Seite ein aerodynamisch gekrümmtes Schaufelblatt 406 mit einer von einem Heißgas anströmbaren Vorderkante 13 aufweist, wobei die Plattform 403 in Bezug auf das Heißgas eine anströmseitige Querkante 71 und eine abströmseitige Querkante 73 aufweist und das Schaufelblatt 406 zur Kühlung ihrer vom Heißgas überströmbaren Flächen im Inneren ein Kühlsystem mit zumindest einem sich radial durch den Schaufelhals und die Plattform 403 bis in das Schaufelblatt 406 hinein erstreckenden Kühlkanal 37 aufweist, dem durch eine schaufelfußseitige oder schaufelhalsseitige Einspeiseöffnung ein Kühlmedium zuführbar ist. Um eine besonders langlebige Laufschaufel bereitzustellen, wird vorgeschlagen, dass der Kühlkanal im Bereich der Plattform Mittel zur zumindest teilweisen Prallkühlung der anströmseitigen Querkante 71 aufweist.

Patentansprüche

1. Laufschaufel (120) für eine Turbine, umfassend einen Schaufelfuß (183), der mittels eines sich daran anschließenden Schaufelhalses in eine Plattform (403) übergeht, welche an ihrer dem Schaufelhals abgewandten Seite ein aerodynamisch gekrümmtes Schaufelblatt (406) mit einer von einem Heißgas anströmbaren Vorderkante (13) aufweist, wobei die Plattform in Bezug auf das Heißgas eine anströmseitige Querkante (71) und eine abströmseitige Querkante (73) aufweist und das Schaufelblatt (406) zur Kühlung ihrer vom Heißgas überströmbaren Oberflächen im Inneren ein Kühlsystem mit zumindest einem sich radial durch den Schaufelhals und die Plattform (403) bis in das Schaufelblatt (406) hinein erstreckenden ersten Kühlkanal (37) aufweist, dem durch eine Einspeiseöffnung ein Kühlmedium zuführbar ist, wobei die anströmseitige Querkante (71) der Plattform prallgekühlt ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Laufschaufel (120) im Bereich der Plattform (403) Mittel zur Prallkühlung der anströmseitigen Querkante (71) umfasst, die mit dem ersten Kühlkanal (37) strömungstechnisch verbunden sind.
2. Laufschaufel (120) nach Anspruch 1, bei der das Mittel zur Prallkühlung der anströmseitigen Querkante einen im Inneren der Plattform (403) sich im Wesentlichen parallel zur Querkante (71) erstreckenden Prallkühlraum (75) umfasst, welcher

über zumindest eine Prallkühlöffnung (76) mit dem Kühlkanal (37) in Strömungsverbindung ist.

3. Laufschaufel (120) nach Anspruch 1, bei der das Mittel zur Prallkühlung der anströmseitigen Querkante (71) einen im Inneren der Plattform (403) sich im Wesentlichen parallel zur Querkante (71) erstreckenden Prallkühlraum (75) umfasst, welcher über zumindest eine Prallkühlöffnung (76) mit einem von dem Kühlkanal mit Kühlmittel versorgbaren Zwischenraum (77) verbunden ist.
4. Laufschaufel (120) nach Anspruch 1, 2 oder 3, bei der sich an den Prallkühlraum (75) ein Kühlkanalabschnitt (80) anschließt, welcher zur Kühlung der von Heißgas überströmbaren saugseitigen Plattformoberfläche vorgesehen ist.
5. Laufschaufel (120) nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der der Prallkühlraum (75) in Bezug auf die Hauptströmungsrichtung des Heißgases zumindest stromauf der Vorderkante des Schaufelprofils angeordnet ist.
6. Laufschaufel (120) nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der von der anströmseitigen Querkante (71) ein Dichtarm (74) absteht.

FIG 1

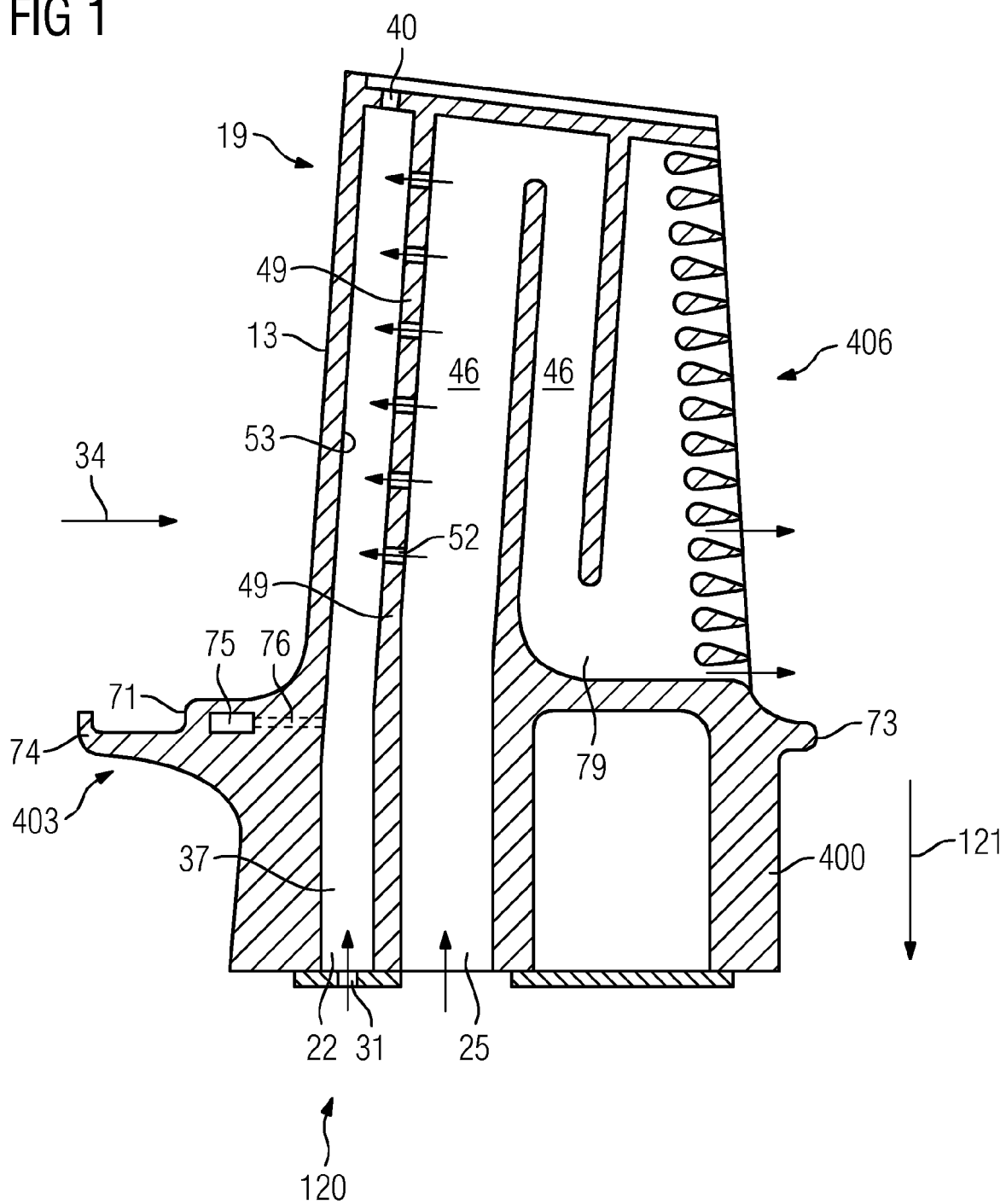


FIG 2

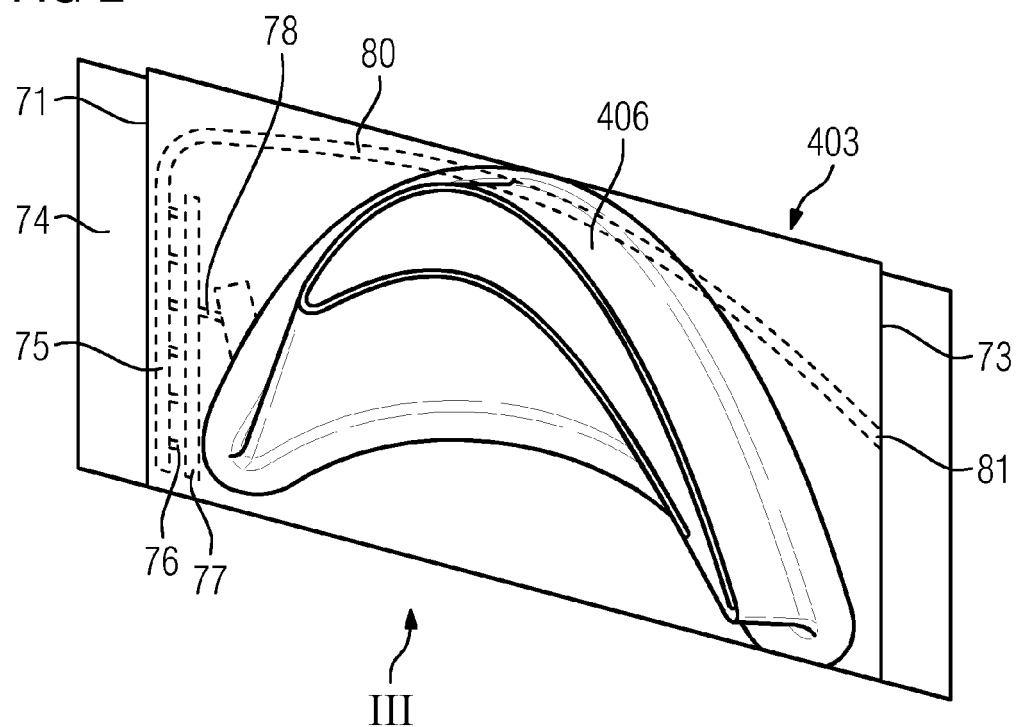
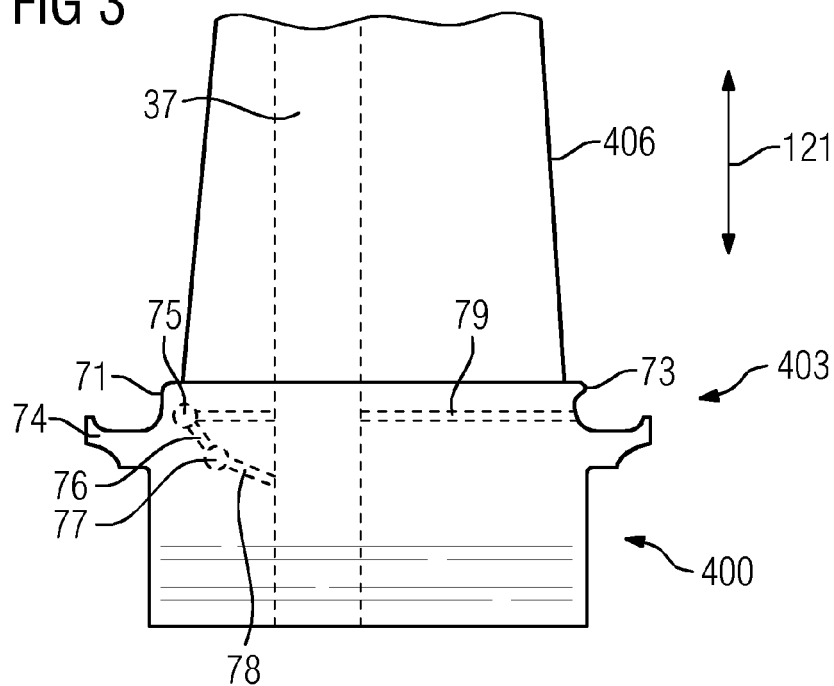


FIG 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 16 16 5558

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2007/116574 A1 (ITZEL GARY M [US] ET AL) 24. Mai 2007 (2007-05-24)	1-3,5,6	INV. F01D5/18
Y	* Abbildungen 1-4 * * Seite 1, Absatz [0009] - Seite 2, Absatz [0013] *	4	
Y	----- US 3 446 480 A (EMMERSON CALVIN W ET AL) 27. Mai 1969 (1969-05-27) * Abbildung 1 * * Spalte 1, Zeile 54 - Spalte 3, Zeile 40 *	4	
A	----- US 8 118 554 B1 (LIANG GEORGE [US]) 21. Februar 2012 (2012-02-21) * das ganze Dokument *	1-6	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 28. September 2016	Prüfer Lutoschkin, Eugen
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	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 16 16 5558

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.

28-09-2016

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
15	US 2007116574	A1	24-05-2007	CN	101008323 A	01-08-2007
				EP	1788192 A2	23-05-2007
				JP	5329033 B2	30-10-2013
				JP	2007138942 A	07-06-2007
				US	2007116574 A1	24-05-2007

20	US 3446480	A	27-05-1969	DE	1601568 A1	27-08-1970
				GB	1161297 A	13-08-1969
				GB	1161298 A	13-08-1969
				US	3446480 A	27-05-1969

25	US 8118554	B1	21-02-2012	KEINE		

30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

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 1207268 A1 [0002]