

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
5. Oktober 2017 (05.10.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/167615 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F01D 5/14 (2006.01) *F01D 11/20* (2006.01)
F01D 5/18 (2006.01) *F01D 5/20* (2006.01)
F01D 11/12 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/056790

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. März 2017 (22.03.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 205 320.5 31. März 2016 (31.03.2016) DE

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München
(DE).

(72) Erfinder: ANTON, Reiner; Niersteiner Str. 5, 14193
Berlin (DE). BOSTANJOGLO, Georg;
Hartmannsweilerweg 1, 14163 Berlin (DE). FLORES
RENTERIA, Arturo; Dickhardtstraße 27, 12161 Berlin
(DE). GRODZKI, Jacek; Ferdinand-Magellan-Str. 16,
14089 Berlin (DE). HERFURTH, Robert; Buschallee 51,
13088 Berlin (DE). SCHUMANN, Eckart; Jägerweg 22a,
13503 Berlin (DE). SETTEGAST, Silke; Paul-Robeson-

Str. 35, 10439 Berlin (DE). SÖL, Rüstü; Hettnerweg 17c,
13581 Berlin (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO,
RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.

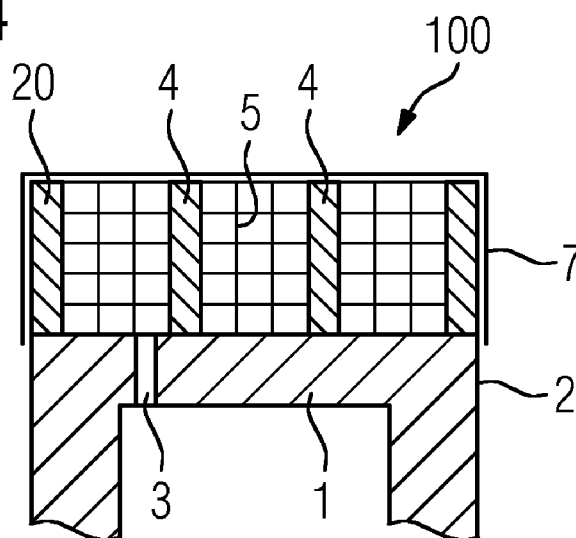
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: TURBINE BLADE COMPRISING A COOLING STRUCTURE AND ASSOCIATED PRODUCTION METHOD

(54) Bezeichnung : TURBINENSCHAUFEL MIT KÜHLSTRUKTUR UND ZUGEHÖRIGES HERSTELLUNGSVERFAHREN

FIG 4



(57) Abstract: The invention relates to a turbine blade (100) comprising: a blade tip, a cooling structure (10) comprising cooling channels (5) which are designed to have cooling fluid passed through them in order to cool the turbine blade (100) during operation, an end section (1) at a lower level than that of the blade tip (20), and an outer wall section (2) extending up to the blade tip (20), the cooling structure (10) being formed between the end section (1) and the blade tip (20). A method for producing a cooling structure of this type is also disclosed.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel (100) umfassend: eine Schaufelspitze, eine Kühlstruktur (10), umfassend Kühlkanäle (5), welche ausgebildet sind, zur Kühlung der Turbinenschaufel (100) im Betrieb von einem Kühlfluid durchströmt zu werden, einen gegenüber der Schaufelspitze (20) abgesenkten Endabschnitt (1) und einen äußeren Wandabschnitt (2), welcher sich bis zur Schaufelspitze (20) erstreckt, wobei die Kühlstruktur (10) zwischen dem Endabschnitt (1) und der Schaufelspitze (20) ausgebildet ist. Ein Verfahren zur Herstellung einer solchen

Kühlstruktur wird ebenfalls präsentiert.



Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Beschreibung

TURBINENSCHAUFEL MIT KÜHLSTRUKTUR UND ZUGEHÖRIGES HERSTELLUNGSVERFAHREN

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel, vorzugsweise eine Laufschaufel einer Gasturbine oder einer Dampfturbine. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung die Ausgestaltung einer mittels additiver Fertigungstechnologie gefertigter Schaufelspitze einer Turbinenschaufel.
- 10 Turbinenschaufeln, insbesondere Laufschaufeln, weisen einen an der Schaufelspitze in der Regel einen sogenannten Endabschnitt auf, an welchem zumeist eine umlaufende, oder äußere freistehende Wand der Turbinenschaufel vorhanden ist.
- 15 Turbinenschaufeln sind beispielsweise bekannt aus EP 2 863 012 A1.
- 20 Bekannte additive bzw. generative Herstellungsverfahren sind, das selektive Laserschmelzen (SLM: englisch für „selective laser melting“), selektive Lasersintern (SLS: englisch für „selective laser sintering“) und das Elektronenstrahlschmelzen (EBM: englisch für „electron beam melting“). Dabei wird das entsprechende Bauteil durch iteratives Auf- oder Aneinanderfügen von Lagen, Schichten- oder Volumenelementen eines Ausgangsmaterials, hergestellt. Typische Schichtdicken liegen
- 25 zwischen 20 µm und 60 µm.
- 30 Ein Verfahren zum selektiven Laserschmelzen ist beispielsweise bekannt aus EP 1 355 760 B1.
- 35 Es ist bekannt, dass Turbinenschaufeln der ersten Turbinenstufen besonders hohen thermischen Belastungen ausgesetzt sind. Die thermischen Belastungen sowie mechanische Belastungen, welche durch sogenannte Anstreifvorgänge, d.h. mechanische Kontakte der Schaufelspitze mit einem umliegenden Stator- oder Gehäuseteil, verursacht werden, führen regelmäßig zu einem Verschleiß der Schaufelspitze der Schaufel, ins-

besondere durch eine erhöhte Gefahr der Oxidation und Korrosion.

Aufgrund des Temperaturunterschiedes zwischen der Spitze
5 einer Turbinenschaufel und dem Boden, der bis zu 150K betragen kann, kann es im Betrieb weiterhin zu thermomechanischen Spannungen kommen und somit zur möglichen Rissbildung in der Anstreifkante.

- 10 Die genannten Verschleißerscheinungen führen weiterhin oft zu einer Ausbildung oder Vergrößerung des sogenannten „Radialspalts“ in der Turbine. Dies führt unmittelbar zu einem Verlust von Heißgasstrom und somit zu einem Leistungs- oder Effizienzverlust der gesamten Anlage. Häufig wird die
15 Anstreifkante der Schaufeln von Gasturbinen beispielsweise nach einer Beschichtung der gesamten Schaufel auf eine bestimmte Höhe geschliffen und damit angepasst, sodass eine schützende Beschichtung, beispielsweise eine Wärmedämm- und/oder Oxidationsschutzschicht, nicht mehr vorhanden ist.
20 In diesem Sinne ist die aufgezeigte Verschleißproblematik direkt mit der Fertigung der Turbinenschaufeln verbunden.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Mittel
anzugeben, die den Verschleiß der Schaufelspitze von Turbi-
25 nenschaufeln verhindern oder wesentlich einschränken.

Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

- 30 Ein Aspekt der vorliegenden Anmeldung betrifft eine Turbinenschaufel, umfassend eine Schaufelspitze und eine Kühlstruktur, welche vorzugsweise eine Mehrzahl von Kühlkanälen umfasst, die weiterhin ausgebildet sind, zur Kühlung der Turbinenschaufel im Betrieb, insbesondere eines spitzenseitigen
35 Abschnitts der Turbinenschaufel (Schaufelspitze), von einem Kühlfluid durchströmt zu werden. Bei dem Kühlfluid handelt es

sich bekannterweise um ein von einer Kompressoreinheit komprimiertes Prozessgas.

In einer Ausgestaltung sind die Schaufelspitze und/oder die
5 Kühlstruktur ausgebildet, im Betrieb der Turbinenschaufel eine Anstreifkante zu bilden. Vorzugsweise wird eine Anstreifkante der Turbinenschaufel zumindest teilweise durch die Schaufelspitze gebildet.

10 Die Turbinenschaufel umfasst weiterhin einen gegenüber der Schaufelspitze abgesenkten Endabschnitt. Mit anderen Worten kann der Endabschnitt in radialer Richtung der Turbinenschaufel gegenüber der Schaufelspitze weiter innen angeordnet sein oder von der Schaufelspitze beabstandet sein.

15 Die Turbinenschaufel umfasst weiterhin einen äußeren Wandabschnitt, welcher sich bis zur Schaufelspitze erstreckt, wobei die Kühlstruktur zwischen dem Endabschnitt und der Schaufelspitze ausgebildet ist.

20 Bei konventionellen Turbinen-Laufschaukeln bildet der äußere Wandabschnitt vorzugsweise die Schaufelspitze und damit die Anstreifkante.

25 Die Turbinenschaufel ist vorzugsweise derart ausgebildet, dass das Kühlfluid die Turbinenschaufel im Betrieb vorzugsweise entlang einer Längsachse, d.h. radial, durchströmt.

Durch die Ausgestaltung der Kühlstruktur und/oder der Kühlkanäle kann die Schaufelspitze besonders effektiv gekühlt und damit ein Verschleiß der Schaufelspitze während des Betriebs der Turbinenschaufel - im Vergleich zu konventionellen Turbinenschaufeln - zumindest entscheidend eingeschränkt werden. Insbesondere kann die Turbinenschaufel erfindungsgemäß vorzugsweise derart gekühlt werden, dass eine Oxidation und/oder
35 Korrosion der Schaufelspitze während des Betriebs verhindert wird. Dadurch kann die Schaufel weiterhin mit Vorteil über einen längeren Zeitraum wartungs- oder instandsetzungsarm be-

trieben werden, was die Verfügbarkeit, Einsetzbarkeit oder Effizienz der entsprechenden Turbine erhöht.

5 In einer Ausgestaltung umfasst die Kühlstruktur eine Gitterstruktur, welche eine Vielzahl von Kühlkanälen bildet. Bei den genannten Kühlkanälen handelt sich vorzugsweise um offene Kühlkanäle, welche - durch die Ausgestaltung der Gitterstruktur - untereinander fluidisch verbunden sind. Die Gitterstruktur bildet insbesondere eine besonders große Oberfläche
10 für die Kühlstruktur, wodurch eine besonders effiziente Kühlung der Turbinenschaufel oder ihrer Schaufelspitze ermöglicht wird.

15 In einer Ausgestaltung liegen Abmessungen und/oder Durchmesser der durch die Gitterstruktur gebildeten einzelnen Kühlkanäle jeweils zwischen 0,1 mm und 1 mm.

Aufgrund der genannten Abmessungen ist die Kühlstruktur vorzugsweise weder mit konventionellen, beispielsweise spanenden, Bearbeitungsverfahren noch - aufgrund seiner strukturellen Komplexität - gießtechnisch herstellbar.
20

In einer Ausgestaltung sind die Turbinenschaufel, die Kühlstruktur und/oder der äußere Wandabschnitt durch ein additives (schichtweises) Herstellungsverfahren, vorzugsweise durch selektives Laserschmelzen, hergestellt oder herstellbar. Der Vorteil eines additiven oder generativen Herstellungsverfahrens liegt in der Möglichkeit, Bauteile mit besonders komplizierten Geometrien zu fertigen.
25

30 In einer Ausgestaltung umfasst die Kühlstruktur eine Mehrzahl von voneinander fluidisch getrennten Kühlkanälen. Diese Ausgestaltung ermöglicht mit Vorteil eine maßgeschneiderte und/oder durch die Geometrie der Kühlkanäle speziell abgestimmte Kühlung der Schaufelspitze im Betrieb der Turbinenschaufel.
35

In einer Ausgestaltung weist der Endabschnitt eine oder mehrere Kühlluftbohrungen auf, welche im Betrieb der Turbinenschaufel vorzugsweise eine sogenannte Prallkühlung ermöglichen, insbesondere wenn ein Kühlmedium radial von innen durch die Turbinenschaufel nach außen geleitet wird oder strömt und auf den Endabschnitt trifft. Gemäß dieser Ausgestaltung kann die Kühlstruktur besonders zweckmäßig von Kühlfluid durchströmt werden, welches ohnehin zumindest teilweise für die Prallkühlung vorgesehen ist.

10

In einer Ausgestaltung ist die Turbinenschaufel derart ausgebildet, dass sich die Kühlstruktur, vorzugsweise über die gesamte Länge, von dem Endabschnitt bis zur Schaufelspitze erstreckt. Durch diese Ausgestaltung können mit Vorteil die jeweils betroffenen Turbinenstufen für das Kühlfluid „dicht“ gehalten werden und die Ausbildung oder Vergrößerung von Radialspalten - wie beschrieben - unterbunden werden.

15

In einer Ausgestaltung ist die Turbinenschaufel derart ausgebildet, dass sich die Kühlstruktur längs eines Querschnitts der Turbinenschaufel, beispielsweise von der Druck- zu der Saugseite sowie von einer Anström- zu einer Abströmfläche, über die gesamte Schaufelspitze oder deren Querschnitt erstreckt. Durch diese Ausgestaltung wird insbesondere der gesamte Querschnitt der Turbinenschaufel gekühlt, sodass auch ein Verschleiß der Turbinenschaufel über den gesamten Querschnitt hinweg vorteilhaft unterbunden werden kann (siehe oben).

20

25

In einer Ausgestaltung ist die Kühlstruktur zumindest teilweise in dem äußeren Wandabschnitt ausgebildet. Durch diese Ausgestaltung kann die Kühlung der Turbinenschaufel mit Vorteil über einen weiten Bereich zwischen Druck- und Saugseite der Turbinenschaufel erfolgen.

30

35

In einer Ausgestaltung mündet ein Auslass der Kühlkanäle in die Schaufelspitze. Diese Ausgestaltung ermöglicht besonders zweckmäßig die Kühlung der Turbinenschaufel und/oder der

Schaufelspitze über den gesamten radialen Bereich. Insbesondere ist diese Ausgestaltung zweckmäßig um gerade die Anstreifkante der Turbinenschaufel vor Verschleiß zu schützen. Überdies bildet sich im Betrieb der Turbinenschaufel direkt an der Anstreifkante vorzugsweise ein „Sperrluftpolster“ oder ein Strom von Sperrluft, welche den Radialspalte der Turbine besonders zweckmäßig abdichten kann.

In einer Ausgestaltung ist der äußere Wandabschnitt ein geschlossener, beispielsweise umfänglicher, Wandabschnitt der Turbinenschaufel. Mit anderen Worten kann sich der äußere Wandabschnitt im Wesentlichen (beispielsweise bis auf einen Auslassbereich in der Nähe der Abströmkante der Turbinenschaufel) um den gesamten Umfang, d.h. sowohl druck- als auch saugseitig erstrecken. Der äußere Wandabschnitt kann insbesondere eine Verlängerung der Druck- als auch der Saugseite der Turbinenschaufel darstellen.

In einer Ausgestaltung ist die Kühlstruktur von dem äußeren Wandabschnitt zumindest teilweise umschlossen.

In einer Ausgestaltung umfasst die Turbinenschaufel zwischen der Schaufelspitze und dem Endabschnitt eine Mehrzahl von, vorzugsweise geschlossenen, inneren oder innerhalb des Querschnitts angeordneten Wänden. Durch die Vorsehung der inneren Wände kann vorteilhafterweise eine Vielfach-Anströmkante für die Turbinenschaufel gebildet werden. Dadurch wird ein Anstreifbereich der Turbinenschaufel vorteilhafterweise besonders robust ausgeführt und ein thermischer und/oder mechanischer Verschleiß der Schaufelspitze besonders wirksam unterbunden, da insbesondere die Wahrscheinlichkeit erhöht wird, dass über den Querschnitt der Turbinenschaufel nicht jede der vorgesehenen inneren Wände durch mechanischen Verschleiß degradiert, oxidiert oder korrodiert.

In einer Ausgestaltung erstrecken sich die inneren Wände durch die Kühlstruktur, vorzugsweise vom Endabschnitt über die gesamte Länge der Schaufelspitze.

In einer Ausgestaltung weist die Kühlstruktur eine bionische oder biomimetisch gestaltete und/oder optimierte Struktur

auf. Durch diese Ausgestaltung kann die Schaufelspitze der

5 Turbine vorzugsweise bezüglich mechanisch oder thermisch erwarteter Betriebsbelastung, beispielsweise durch ein entsprechendes Simulationsverfahren, optimiert werden. Die genannten

Strukturen sind durch herkömmliche Fertigungsverfahren von heißgasbeaufschlagten Teilen von Turbinen nicht herstellbar.

10 Durch den Einsatz der oben beschriebenen additiven Fertigungstechnologie können synergisch die Vorteile der Fertigungsverfahren als auch die Vorteile der speziell gestalteten

bionischen Strukturen für die Turbinentechnologie ausgenutzt werden.

15 In einer Ausgestaltung weist die Schaufelspitze eine Wärmedämm- und/oder Oxidationsschutzschicht auf.

Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein

20 Verfahren zur Herstellung der Kühlstruktur für eine Turbinenschaufel, beispielsweise eine Turbinenschaufel der beschriebenen Art, umfassend das additive Aufbauen der Kühlstruktur an dem Endabschnitt der Turbinenschaufel, beispielsweise um

eine verschlissene Schaufelspitze in einem Service- oder

25 Instandsetzungsschritt der Turbinenschaufel wieder in Stand zu setzen. Die Kühlstruktur wird auf dem Endabschnitt vorzugsweise derart additiv aufgebaut, dass die Kühlkanäle gebildet werden, welche ausgebildet sind, zur Kühlung der Turbinenschaufel im Betrieb von einem Kühlfluid durchströmt zu

30 werden. Als besonderer Vorteil des beschriebenen Verfahrens können insbesondere auch Turbinenschaufel des Standes der Technik nicht nur wieder funktionsfähig gemacht werden, sondern es können dabei auch die besonderen erfinderischen Vorteile für die in Stand gesetzte Turbinenschaufel genutzt werden,

35 wie insbesondere eine verbesserte Kühlung der Schaufelspitze und/oder eine verbesserte Effizienz der gesamten Turbine durch verringerte Radialspalte.

Ausgestaltungen, Merkmale und/oder Vorteile, die sich vorliegend auf die Turbinenschaufel oder die Schaufelspitze beziehen, können ferner auf das Verfahren zur additiven Herstellung betreffen, und umgekehrt.

5

Weitere Einzelheiten der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung beschrieben. Gleiche oder sich entsprechende Zeichnungselemente sind in den einzelnen Figuren jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

10

Figur 1 zeigt schematisch einen Querschnitt durch einen Teil einer Turbinenschaufel des Standes der Technik.

15

Figur 2 zeigt schematisch einen Querschnitt durch einen Teil einer Turbinenschaufel (Schaufelspitze) der vorliegenden Erfindung.

20

Figur 3 zeigt schematisch eine Aufsicht auf eine Anstreifkante einer Turbinenschaufel der vorliegenden Erfindung.

25

Figur 4 zeigt schematisch einen Querschnitt durch einen Teil einer Turbinenschaufel der vorliegenden Erfindung in einer weiteren Ausgestaltung.

30

Figur 5 zeigt schematisch eine Aufsicht auf eine Anstreifkante einer Turbinenschaufel der vorliegenden Erfindung gemäß der Ausgestaltung aus Figur 4.

Figur 6 zeigt schematisch ein Querschnitt durch einen Teil einer Turbinenschaufel der vorliegenden Erfindung in einer weiteren Ausgestaltung.

35

Figur 7 zeigt schematisch eine Aufsicht auf eine Anstreifkante einer Turbinenschaufel der vorliegenden Erfindung gemäß der Ausgestaltung aus Figur 6.

Figur 8 zeigt schematisch einen Querschnitt eines Teils einer Turbinenschaufel der vorliegenden Erfindung in einer weiteren Ausgestaltung.

5 Figur 9 zeigt schematisch einen Querschnitt eines Teils einer Turbinenschaufel aus einer zur Figur 8 alternativen Perspektive.

Figur 1 zeigt eine perspektivische Ansicht eines Abschnitts einer Turbinenschaufel des Standes der Technik. Im Speziellen ist ein H-förmiges Profil eines spitzenseitigen Abschnitts der Turbinenschaufel gekennzeichnet, welcher im Folgenden mit dem Bezugszeichen 100 synonym mit der Turbinenschaufel bezeichnet ist.

15

Weiterhin weist die Turbinenschaufel eine mit dem Bezugszeichen 20 gekennzeichnete Schaufelspitze auf. Synonym mit der Schaufelspitze 20 kann eine Anstreifkante oder eine entsprechende Anstreiffläche bezeichnet sein. Der untere Teil der Turbinenschaufel 100 ist in den vorliegenden Figuren, insbesondere in den Querschnittabbildungen, nicht gezeigt.

Die Turbinenschaufel 100 weist einen Endabschnitt 1 auf. Der Endabschnitt 1 ist vorzugsweise gegenüber der Schaufelspitze 20 abgesenkt. Der Endabschnitt 1 bezeichnet einen vertikalen Abschnitt des in Figur 1 gezeigten Profils. Weiterhin weist die Turbinenschaufel einen äußeren Wandabschnitt 2 auf, welcher den Endabschnitt 1 umschließt. Der äußere Wandabschnitt 2 kann auch in mehrere äußere Wandabschnitte 2 unterteilt sein. Durch die Querschnittsdarstellung sind zwei Teile /Bereiche des äußeren Wandabschnitts dargestellt. Der äußere Wandabschnitt erstreckt sich zweckmäßigerweise zwischen dem Endabschnitt 1 und der Schaufelspitze 20.

35 Weiterhin weist der Endabschnitt 1 eine oder mehrere Kühlluftbohrungen 3 auf. Durch die Kühlluftbohrungen 3 kann vorzugsweise ein Kühlfluid strömen, um die im Betrieb der Turbinenschaufel durch die Betriebstemperaturen hochbelasteten

spitzenseitigen Abschnitt der Schaufel zu kühlen. Vorzugsweise stellt der äußere Wandabschnitt 2 eine Verlängerung von Seitenwänden der Turbinenschaufel, insbesondere eine Verlängerung der Druckseite und der Saugseite der Turbinenschaufel dar.

Figur 2 zeigt eine schematische Schnittansicht eines spitzen-
seitigen Abschnitts oder Endabschnitts einer Turbinenschaufel
100 gemäß der vorliegenden Erfindung. Der spitzenseitige Ab-
schnitt kann vorzugsweise zumindest einen Abschnitt der Tur-
binenschaufel 100 zwischen dem Endabschnitt 1 und der Schau-
felspitze 20 bezeichnen. Die Turbinenschaufel 100 bzw. der
genannte Abschnitt umfasst zusätzlich zu den in Figur 1 ge-
zeigten Merkmalen eine Kühlstruktur 10. Die Kühlstruktur 10
ist insbesondere zwischen dem Endabschnitt 1 und der Schau-
felspitze 20 ausgebildet. Vorzugsweise erstreckt sich die
Kühlstruktur 10 über die gesamte Länge zwischen dem Endab-
schnitt 1 und der Schaufelspitze 20. In Figur 2 erstreckt
sich die eigentliche Schaufelspitze 20 bzw. die Anstreifkante
oder der Anstreifbereich durch die Ausgestaltung der Kühl-
struktur 10 über den gesamten Querschnitt (horizontale Rich-
tung) der Turbinenschaufel 100.

Die Kühlstruktur 10 füllt in Figur 1 den gesamten Bereich
zwischen dem Endabschnitt 1 und dem äußeren Wandabschnitt 2
aus. In diesem Sinne erstreckt sich die Kühlstruktur 10 mit
Vorteil ebenfalls im Wesentlichen über die gesamte Breite der
Querschnittsdarstellung aus Figur 1, das heißt über die ge-
samte Breite der Turbinenschaufel zwischen den gezeigten äu-
ßeren Wandabschnitten 2.

Die Kühlstruktur 10 umfasst eine Mehrzahl von Kühlkanälen 5,
welche ausgebildet sind, im Betrieb der Turbinenschaufel zur
Kühlung der Turbinenschaufel 100 und/oder des gesamten be-
zeichneten Abschnitts von einem Kühlfluid (nicht explizit ge-
kennzeichnet) durchströmt zu werden. Bei dem Kühlfluid han-
delt es sich zweckmäßigerweise um ein Prozessgas mit einer

Temperatur unterhalb einer Heißgas- oder Betriebstemperatur der entsprechenden Turbine.

In Figur 2 in die Kühlkanäle durch eine Gitterstruktur gebildet, das heißt es handelt sich um offene oder untereinander
5 zumindest teilweise fluidisch verbundene Kanäle. Das genannte Gitter kann ebenfalls lediglich aus Streben oder einem entsprechenden Raster bestehen, sodass ein großes Kanalvolumen zur Kühlung der Turbinenschaufel 100 dienen kann.

10

Die einzelnen Kühlkanäle können, beispielsweise durch die Rastergrößen des Gitters, einen Durchmesser oder eine Abmes-
sung zwischen 0,1 mm und 1 mm haben.

15 Die äußeren Wandabschnitte 2 sind erfindungsgemäß vorzugsweise geschlossene Wandabschnitte. Jedoch kann innerhalb der äußeren Wandabschnitte 2 im Rahmen der vorliegenden Erfindung die Kühlstruktur 10 zumindest teilweise ausgebildet sein
(vergleiche Figuren 8 bis 10 weiter unten). In Figur 2 sind
20 die äußeren Wandabschnitte vorzugsweise durchgehende, nicht von der Kühlstruktur 10 durchsetzte, Wandabschnitte.

Erfindungsgemäß können - abweichend von der Darstellung der Figur 1 - eine Mehrzahl von Kühlluftbohrungen 3 im Endab-
25 schnitt 1 der Turbinenschaufel 100 vorgesehen und ausgebildet sein, um, im Betrieb der Turbinenschaufel 100 von einem Kühlfluid von (radial) innen nach (radial) außen durchströmt zu werden (das heißt von unten nach oben in Figur 2). Dadurch wird insbesondere eine Prallkühlung für die Kühlung des End-
30 abschnitts 1 realisiert.

Im Betrieb der Turbinenschaufel 100 wird nun vorzugsweise das Kühlfluid von innen durch die Kühlluftbohrungen 3 geführt, wobei es anschließend die Kühlstruktur 10 durchströmt und den
35 Bereich der Turbinenschaufel zwischen Endabschnitt 1 und Schaufelspitze 20 effektiv kühlt und die Schaufel so vor mechanischem, oxidativem und/oder korrosivem Verschleiß, schützt. Diese Kühlung ist insbesondere deshalb so effektiv,

da die Kühlstruktur eine große Kühloberfläche bildet und gleichzeitig das Kühlfluid durch vorteilhaft große Durchmesser der Kühlkanäle wenig Widerstand erfährt.

5 Die Kühlstruktur 10 wird vorzugsweise durch ein additives oder generatives Herstellungsverfahren vorzugsweise anschließend an einen Aufbau der restlichen oder Basisstruktur für die Turbinenschaufel, hergestellt. Besonders bevorzugt ist die Kühlstruktur 10 durch selektives Laserschmelzen herstell-
10 bar und/oder hergestellt.

Besonders bevorzugt wird die Kühlstruktur 10 auf oder an dem Endabschnitt von konventionellen Turbinenschaufeln in einem Wartung- oder Instandsetzungsschritt aufgebaut
15 („refurbishment“). Die Kühlstruktur wird auf dem Endabschnitt vorzugsweise derart additiv aufgebaut, dass die Kühlkanäle gebildet werden. Gemäß dem beschriebenen Verfahren wird die Kühlstruktur vorzugsweise in radialer Richtung mit einem Übermaß aufgebaut, sodass sich die zweckmäßige Länge der ge-
20 samten Turbinenschaufel durch Abrasion (automatisch) einstellen kann. Eine abrasive Abdichtung der Radialspalte von Turbinenschaufeln im Allgemeinen ist im Stand der Technik bereits bekannt.

25 Dieses Verfahren ermöglicht weiterhin vorteilhafterweise die Verarbeitung der für Turbinenschaufeln benötigten Materialien, wie beispielsweise nickel- oder kobaltbasierte Superlegierungen.

30 Figur 3 zeigt eine schematische Aufsicht auf die Schaufelspitze 20 der in Figur 2 dargestellten Turbinenschaufel 100. In Figur 3 ist insbesondere ein Querschnitt (entlang einer Längsachse der Turbinenschaufel 100) oder eine Aufsicht auf die Turbinenschaufel 100 dargestellt, wobei das Profil der
35 Turbinenschaufel erkennbar ist. Der äußere Wandabschnitt 2 bzw. eine Außenwand der Turbinenschaufel ist annähernd umfänglich dargestellt, wobei diese lediglich an einer Abström-

kante (nicht explizit dargestellt) der Turbinenschaufel 100 unterbrochen sein kann.

Figur 4 zeigt eine schematische Schnittansicht eines spitzen-
5 seitigen Abschnitts einer Turbinenschaufel 100 gemäß einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung. Zusätzlich zur Darstellung aus Figur 2 sind beispielhaft zwei innere Wände 4 dargestellt, welche als zusätzliche Anstreifkante an der Schaufelspitze 20 fungieren können. Im Querschnitt der
10 Turbinenschaufel 100 betrachtet sind die inneren Wände zweckmäßigerweise innerhalb des äußeren Wandabschnitts 2 angeordnet.

Durch diese Ausgestaltung kann die Anstreifkante der Turbinenschaufel insgesamt besonders zweckmäßig vor mechanischen
15 Einflüssen und folglich vor einem Verschleiß bewahrt werden. Obwohl dies nicht explizit dargestellt ist, können weitere innere Wände vorgesehen sein, um zusätzliche erfinderische Vorteile zu bieten. Zweckmäßigerweise sind die inneren Wände
20 4 derart auf dem Endabschnitt 1 angeordnet, dass die Kühlbohrungen nicht überdeckt werden. Die innere Wand 4 erstreckt sich - wie dargestellt - von dem Endabschnitt in radialer Richtung zweckmäßigerweise bis zur Schaufelspitze 20.

Weiterhin ist in Figur 4 gezeigt, dass die Turbinenschaufel, insbesondere mindestens der äußere Wandabschnitt 2, die Schaufelspitze 20, und die Kühlstruktur 10 mit einer Beschichtung 7 versehen sind. Bei der Beschichtung 7 handelt es sich vorzugsweise um eine Wärmedämm- und/oder Oxidations-
30 schutzbeschichtung. Es kann sich weiterhin um eine Vielfachbeschichtung handeln, beispielsweise mit einer ersten, inneren Schicht als Oxidationsschutz, insbesondere mit Materialien umfassend MAX-Phasen und/oder MCrAlY-Legierungen, und einer zweiten, äußeren Schicht zur Wärmedämmung.

35

Figur 5 zeigt eine schematische Aufsicht auf die Schaufelspitze 20 der in Figur 4 dargestellten Turbinenschaufel 100. Entsprechend der Darstellung aus Figur 4 sind zwei, zwischen

Druck- und Saugseite der Turbinenschaufel (unten und oben) angeordnete, innere Wände 4, gekennzeichnet.

Figur 6 zeigt eine schematische Schnittansicht eines schau-
felseitigen Abschnitts einer Turbinenschaufel 100 gemäß einer
weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung. Gemäß die-
ser Darstellung ist die Kühlstruktur 10 durch eine unregelmä-
ßig geformte, insbesondere bionische oder biomimetisch opti-
mierte oder gestaltete Geometrie geformt. Diese kann bei-
spielsweise ein Ergebnis eines Simulationsverfahrens oder ei-
nes Optimierungsverfahrens, beispielsweise umfassend geneti-
sche Algorithmen und/oder vergleichbare „Trial-and-Error“ Op-
timierungsschritte, sein. Insbesondere können Parameter, wie
der Fluidwiderstand, die mechanische Stabilität der Kühl-
struktur und/oder der Anstreifkante, oder die thermische, me-
chanische, thermomechanische, oxidative oder korrosiv Belas-
tung während des Betriebs der Turbinenschaufel 100, für das
Design der Geometrie optimiert sein. Weiterhin ist in Figur 6
zu erkennen, dass die äußeren Wandabschnitte 2 weiterhin
durchgängig geschlossen dargestellt sind, sodass kein Kühlka-
nal der Kühlstruktur 10 in den äußeren Wandabschnitten 2 en-
det oder mündet. Alternativ zu dieser Ausgestaltung können
die Kühlkanäle 5 jedoch auch in den äußeren Wandabschnitten 2
münden oder enden.

Figur 7 zeigt eine schematische Aufsicht auf die Schaufel-
spitze 20 der in Figur 6 dargestellten Turbinenschaufel 100.
In Figur 7 ist insbesondere zu erkennen, dass die unregelmä-
ßige, bionische Geometrie der Kühlstruktur 10 gemäß dieser
Ausgestaltung ebenfalls über den gesamten Querschnitt der
Turbinenschaufel 100 verteilt ist oder sich darüber er-
streckt.

Figur 8 zeigt eine schematische Schnittansicht eines spitzen-
seitigen Abschnitts einer Turbinenschaufel 100 gemäß einer
weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung. Alternativ
zu den oben beschriebenen Figuren ist die Kühlstruktur 10 ge-
mäß dieser Ausgestaltung beispielsweise zumindest teilweise

in den äußeren Wandabschnitten ausgebildet. Als weiterer Unterschied ist die Kühlstruktur lediglich im Bereich der Wandabschnitte 2 und in Form von geschlossenen oder fluidisch zumindest teilweise voneinander getrennten Kühlkanälen 5 ausgebildet. Die Kühlstruktur 10 bzw. die Kühlkanäle 5 sind jedoch derart ausgebildet, dass Auslässe oder Austrittsöffnungen 6 der Kühlkanäle 5 - ebenso wie in den oben beschriebenen Beispielen - in der Anstreifkante und/oder der Schaufelspitze 20 münden oder enden.

10

Es ist weiterhin zu erkennen, dass die Kühlluftbohrungen 3 an jeder Seite des gezeigten Querschnitts jeweils in einer Kanalstruktur (nicht explizit gekennzeichnet), das heißt in einem oder mehreren, jeweils zumindest teilweise voneinander fluidisch getrennten, Kühlkanälen mündet. Durch diese Ausgestaltung kann die „Kühlgeometrie“ spezifisch auf bestimmte während des Betriebs der Turbinenschaufel 100 auftretende „Hot-spots“ abgestimmt werden.

15

20 Die einzelnen Kühlkanäle können, gemäß dieser Ausgestaltung beispielsweise jeweils Durchmesser oder Abmessungen zwischen 0,1 mm und 1 mm haben.

Figur 9 zeigt schematisch einen Querschnitt eines Teils einer Turbinenschaufel aus einer im Vergleich zur Figur 8 alternativen Perspektive, beispielsweise entlang einer anderen Achse geschnitten. Die Darstellung aus Figur 9 ist insbesondere derart zu verstehen, dass sich jeweils ein Kühlkanal 5 (wie oben beschrieben) an jeweils eine Kühlluftbohrung 3 (vergleiche Figur 8) anschließt und dieser Kühlkanal 5 sich dann innerhalb einer des äußeren Wandabschnitts 2 erstreckt, wobei lediglich der Auslass 6 an der Oberfläche der Schaufelspitze 20 bzw. der Anstreifkante angeordnet ist, sodass das Kühlfluid jeweils auch lediglich durch den Auslass 6 aus der Kühlstruktur 10 austreten kann. Weiterhin ist zu erkennen, dass sich die Kühlkanäle 5 vorzugsweise im Wesentlichen über den gesamten Querschnitt und/oder die gesamte bereitgestellte

25

30

35

Fläche der Schaufelspitze 20 bzw. eines Anstreifbereichs erstrecken.

5 Merkmale oder Ausgestaltungen der unterschiedlichen Ausführungsbeispiele können vorliegend zur Lösung der erfinderschen Aufgabe miteinander kombiniert werden. So kann beispielsweise eine Turbinenschaufel vorgesehen sein, bei der zusätzlich zu der in den Figuren 8 und 9 dargestellten "Kanal-Kühlstruktur" eine „Gitter-Kühlstruktur“, wie in den Fi-
10 guren 2 bis 7 beschrieben, vorhanden ist, ohne von dem Erfindungsgedanken abzuweichen.

Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele auf diese beschränkt, sondern umfasst
15 jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen. Dies beinhaltet insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

20

Patentansprüche

1. Turbinenschaufel (100) umfassend:

- eine Schaufelspitze,
- 5 - eine Kühlstruktur (10) umfassend Kühlkanäle (5), welche ausgebildet sind, zur Kühlung der Turbinenschaufel (100) im Betrieb von einem Kühlfluid durchströmt zu werden,
- einen gegenüber der Schaufelspitze (100) abgesenkten Endabschnitt (1) und
- 10 - einen äußeren Wandabschnitt (20), welcher sich bis zur Schaufelspitze (20) erstreckt, wobei die Kühlstruktur (10) zwischen dem Endabschnitt (1) und der Schaufelspitze (20) ausgebildet ist.

15 2. Turbinenschaufel (100) gemäß Anspruch 1, wobei die Kühlstruktur (10) eine Gitterstruktur umfasst, welche eine Vielzahl von Kühlkanälen (5) bildet.

20 3. Turbinenschaufel (100) gemäß Anspruch 2, wobei Durchmesser der Kühlkanäle (5) zwischen 0,1 mm und 1 mm liegen.

4. Turbinenschaufel (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kühlstruktur eine Mehrzahl von voneinander fluidisch getrennten Kühlkanälen (5) umfasst.

25 5. Turbinenschaufel (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Endabschnitt (1) Kühlluftbohrungen (3) aufweist.

30 6. Turbinenschaufel (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Turbinenschaufel (100) derart ausgebildet ist, dass sich die Kühlstruktur (10) von dem Endabschnitt (1) bis zur Schaufelspitze (20) erstreckt.

35 7. Turbinenschaufel (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kühlstruktur (10) zumindest teilweise in dem äußeren Wandabschnitt (2) ausgebildet ist und wobei ein Auslass (6) der Kühlkanäle in die Schaufelspitze (20) mündet.

8. Turbinenschaufel (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der äußere Wandabschnitt (2) ein geschlossener Wandabschnitt ist und wobei die Kühlstruktur (10) von dem äußeren Wandabschnitt (2) zumindest teilweise umschlossen ist.

9. Turbinenschaufel (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Turbinenschaufel (100) zwischen der Schaufelspitze (20) und dem Endabschnitt (1) eine Mehrzahl von inneren Wänden (4) umfasst, die sich durch die Kühlstruktur (10) erstrecken.

10. Turbinenschaufel (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kühlstruktur (10) eine bionisch bzw. biomimetisch gestaltete Struktur aufweist.

11. Turbinenschaufel (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schaufelspitze (20) eine Wärmedämm- und/oder Oxidationsschutzschicht (7) aufweist.

12. Turbinenschaufel (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schaufelspitze (20) und/oder die Kühlstruktur (10) ausgebildet sind, im Betrieb der Turbinenschaufel (100) eine Anstreifkante (2) zu bilden.

13. Turbinenschaufel (100), gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kühlstruktur (10) und/oder der äußere Wandabschnitt (2) durch ein additives Herstellungsverfahren, beispielsweise durch selektives Laserschmelzen, hergestellt oder herstellbar sind.

14. Verfahren zur Herstellung einer Kühlstruktur (10) für eine Turbinenschaufel (100) umfassend das additive Aufbauen der Kühlstruktur (10) an einem Endabschnitt (1) der Turbinenschaufel (100), wobei die Kühlstruktur (10) auf dem Endabschnitt (1) derart additiv aufgebaut wird, dass Kühlkanäle (5) gebildet werden, welche ausgebildet sind, zur Kühlung der

Turbinenschaufel (100) im Betrieb von einem Kühlfluid durchströmt zu werden.

FIG 1

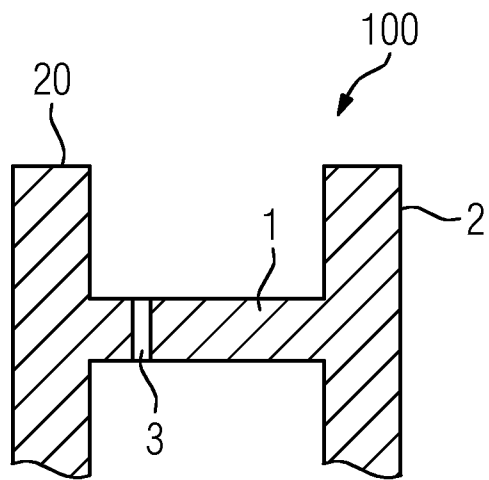


FIG 2

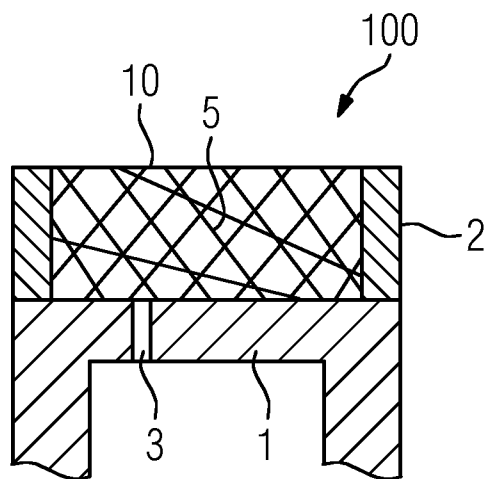


FIG 3

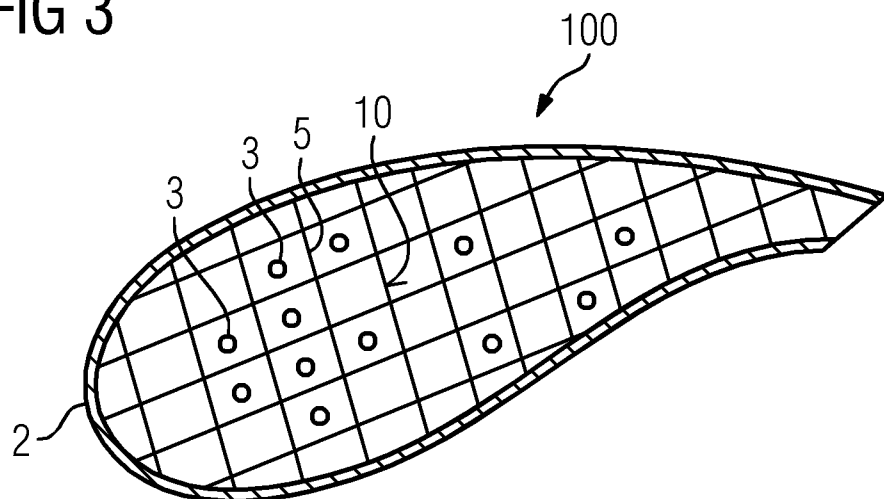


FIG 4

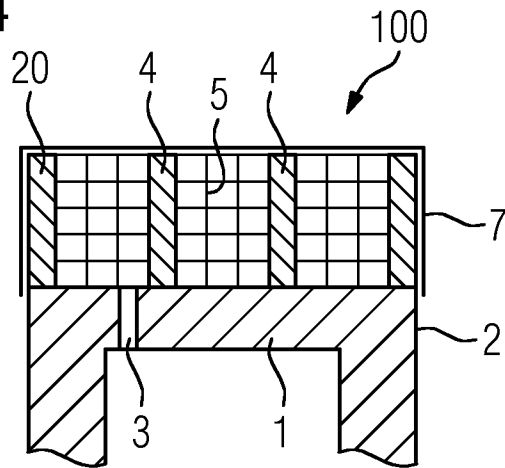


FIG 5

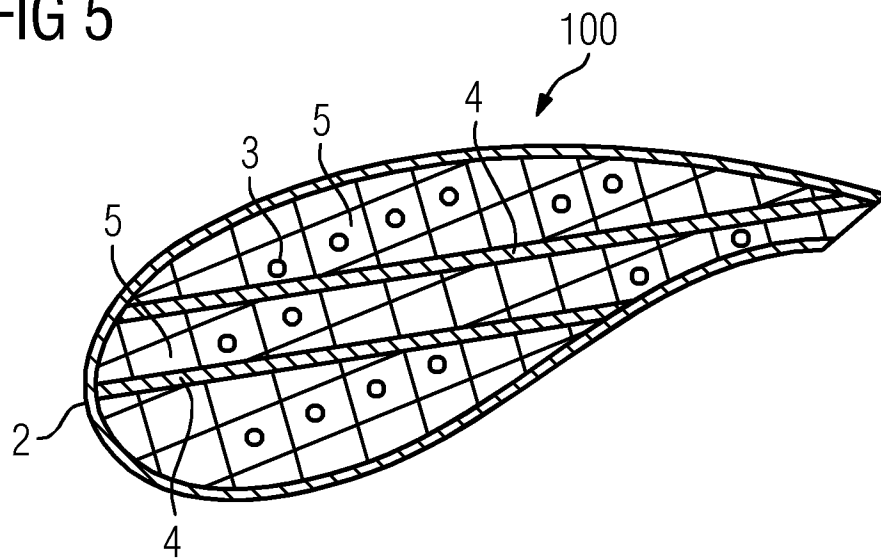


FIG 6

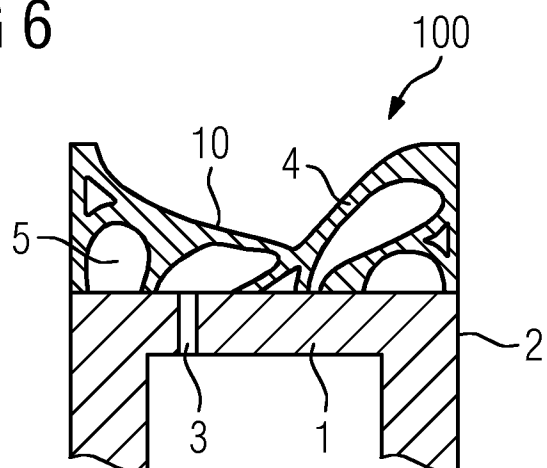


FIG 7

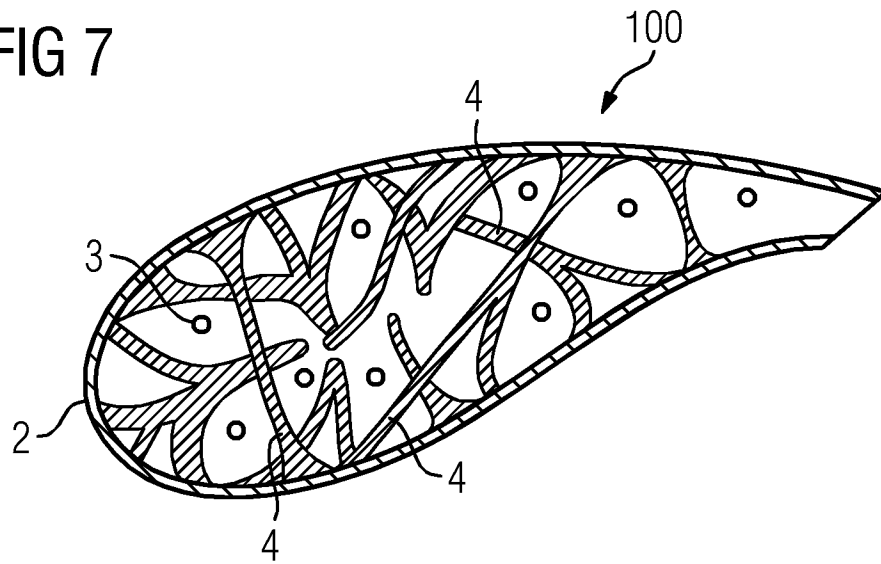


FIG 8

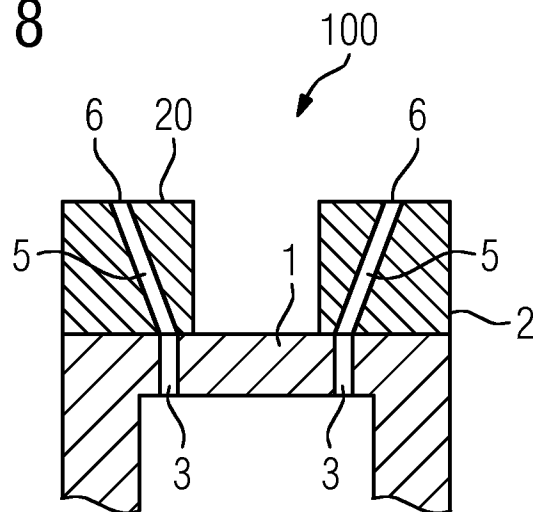
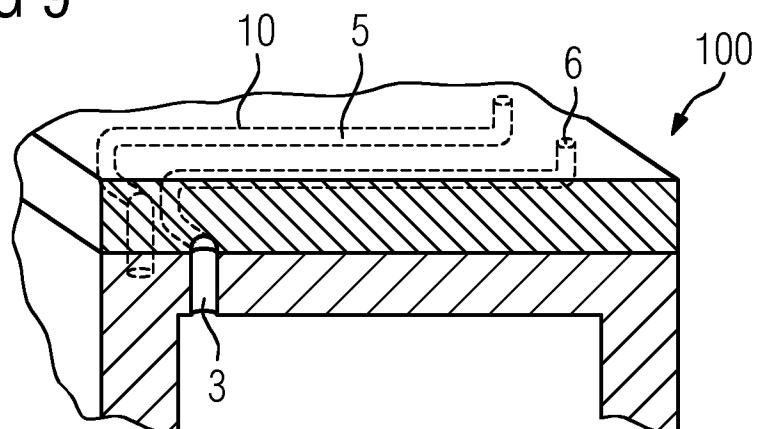


FIG 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/056790

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. F01D5/14 F01D5/18 F01D11/12 F01D11/20 F01D5/20 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F01D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US 2015/104326 A1 (WALDMAN DAVID [US] ET AL) 16 April 2015 (2015-04-16) figures 1-9 page 2, paragraph [0021] - page 3, paragraph [0037] page 5, paragraph [0049] - paragraph [0052] -----	1,4-8, 12-14 2,3
X	US 6 135 715 A (CORREIA VICTOR H S [US]) 24 October 2000 (2000-10-24) figures 1-3 column 2, line 38 - column 5, line 28 -----	1,4,5,8, 10-13
X	US 2002/141868 A1 (LEE CHING-PANG [US] ET AL) 3 October 2002 (2002-10-03) figure 2 page 3, paragraph [0032] - page 5, paragraph [0041] ----- -/-	1,5,6,8, 11-13
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 2 June 2017		Date of mailing of the international search report 14/06/2017
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Lutoschkin, Eugen

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/056790

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2014/072448 A1 (PRUE CHRISTOPHER MICHAEL [US] ET AL) 13 March 2014 (2014-03-13) figures 1-6 page 2, paragraph [0022] - page 3, paragraph [0030] -----	1,6-8, 12,13
X	US 4 411 597 A (KOFFEL WILLIAM K [US] ET AL) 25 October 1983 (1983-10-25) figures 1-4 column 2, line 40 - column 5, line 26 -----	1,4-6,8, 9,12,13
X	US 3 854 842 A (CAUDILL C) 17 December 1974 (1974-12-17) figures 1-3 column 2, line 50 - column 5, line 25 -----	1,5,6,8, 9,12,13
Y	US 2006/222492 A1 (GROSS HEINZ-JURGEN [DE]) 5 October 2006 (2006-10-05) figure 4 page 2, paragraph [0040] - paragraph [0046] -----	2,3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/056790

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2015104326 A1	16-04-2015	EP 2863015 A1	22-04-2015
		US 2015104326 A1	16-04-2015
US 6135715 A	24-10-2000	DE 60027967 T2	04-01-2007
		EP 1072759 A1	31-01-2001
		JP 4527848 B2	18-08-2010
		JP 2001050004 A	23-02-2001
		US 6135715 A	24-10-2000
US 2002141868 A1	03-10-2002	NONE	
US 2014072448 A1	13-03-2014	CH 706777 A2	14-03-2014
		DE 102013109270 A1	13-03-2014
		JP 2014055589 A	27-03-2014
		US 2014072448 A1	13-03-2014
US 4411597 A	25-10-1983	DE 3209824 A1	30-09-1982
		FR 2502242 A1	24-09-1982
		GB 2115882 A	14-09-1983
		IL 65240 A	31-10-1984
		IT 1150701 B	17-12-1986
		JP H0366481 B2	17-10-1991
		JP S57173506 A	25-10-1982
		US 4411597 A	25-10-1983
US 3854842 A	17-12-1974	BE 814436 A1	30-10-1974
		DE 2420575 A1	21-11-1974
		FR 2227427 A1	22-11-1974
		GB 1457914 A	08-12-1976
		IT 1010073 B	10-01-1977
		JP S5031408 A	27-03-1975
		US 3854842 A	17-12-1974
US 2006222492 A1	05-10-2006	EP 1462613 A1	29-09-2004
		EP 1606494 A1	21-12-2005
		ES 2285440 T3	16-11-2007
		US 2006222492 A1	05-10-2006
		WO 2004085799 A1	07-10-2004

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	F01D5/14	F01D5/18
	F01D11/12	F01D11/20
ADD.	F01D5/20	
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
F01D		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2015/104326 A1 (WALDMAN DAVID [US] ET AL) 16. April 2015 (2015-04-16)	1,4-8, 12-14
Y	Abbildungen 1-9 Seite 2, Absatz [0021] - Seite 3, Absatz [0037] Seite 5, Absatz [0049] - Absatz [0052]	2,3
X	US 6 135 715 A (CORREIA VICTOR H S [US]) 24. Oktober 2000 (2000-10-24)	1,4,5,8, 10-13
	Abbildungen 1-3 Spalte 2, Zeile 38 - Spalte 5, Zeile 28	
X	US 2002/141868 A1 (LEE CHING-PANG [US] ET AL) 3. Oktober 2002 (2002-10-03)	1,5,6,8, 11-13
	Abbildung 2 Seite 3, Absatz [0032] - Seite 5, Absatz [0041]	
	----- -/-	
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
2. Juni 2017		14/06/2017
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Lutoschkin, Eugen

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2014/072448 A1 (PRUE CHRISTOPHER MICHAEL [US] ET AL) 13. März 2014 (2014-03-13) Abbildungen 1-6 Seite 2, Absatz [0022] - Seite 3, Absatz [0030] -----	1,6-8, 12,13
X	US 4 411 597 A (KOFFEL WILLIAM K [US] ET AL) 25. Oktober 1983 (1983-10-25) Abbildungen 1-4 Spalte 2, Zeile 40 - Spalte 5, Zeile 26 -----	1,4-6,8, 9,12,13
X	US 3 854 842 A (CAUDILL C) 17. Dezember 1974 (1974-12-17) Abbildungen 1-3 Spalte 2, Zeile 50 - Spalte 5, Zeile 25 -----	1,5,6,8, 9,12,13
Y	US 2006/222492 A1 (GROSS HEINZ-JURGEN [DE]) 5. Oktober 2006 (2006-10-05) Abbildung 4 Seite 2, Absatz [0040] - Absatz [0046] -----	2,3

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/056790

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2015104326	A1	16-04-2015	EP	2863015 A1		22-04-2015
			US	2015104326 A1		16-04-2015

US 6135715	A	24-10-2000	DE	60027967 T2		04-01-2007
			EP	1072759 A1		31-01-2001
			JP	4527848 B2		18-08-2010
			JP	2001050004 A		23-02-2001
			US	6135715 A		24-10-2000

US 2002141868	A1	03-10-2002	KEINE			

US 2014072448	A1	13-03-2014	CH	706777 A2		14-03-2014
			DE	102013109270 A1		13-03-2014
			JP	2014055589 A		27-03-2014
			US	2014072448 A1		13-03-2014

US 4411597	A	25-10-1983	DE	3209824 A1		30-09-1982
			FR	2502242 A1		24-09-1982
			GB	2115882 A		14-09-1983
			IL	65240 A		31-10-1984
			IT	1150701 B		17-12-1986
			JP	H0366481 B2		17-10-1991
			JP	S57173506 A		25-10-1982
			US	4411597 A		25-10-1983

US 3854842	A	17-12-1974	BE	814436 A1		30-10-1974
			DE	2420575 A1		21-11-1974
			FR	2227427 A1		22-11-1974
			GB	1457914 A		08-12-1976
			IT	1010073 B		10-01-1977
			JP	S5031408 A		27-03-1975
			US	3854842 A		17-12-1974

US 2006222492	A1	05-10-2006	EP	1462613 A1		29-09-2004
			EP	1606494 A1		21-12-2005
			ES	2285440 T3		16-11-2007
			US	2006222492 A1		05-10-2006
			WO	2004085799 A1		07-10-2004
