

(19)



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 3 147 456 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
29.03.2017 Patentblatt 2017/13

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

(21) Anmeldenummer: **15187014.4**

(22) Anmeldetag: **28.09.2015**

(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

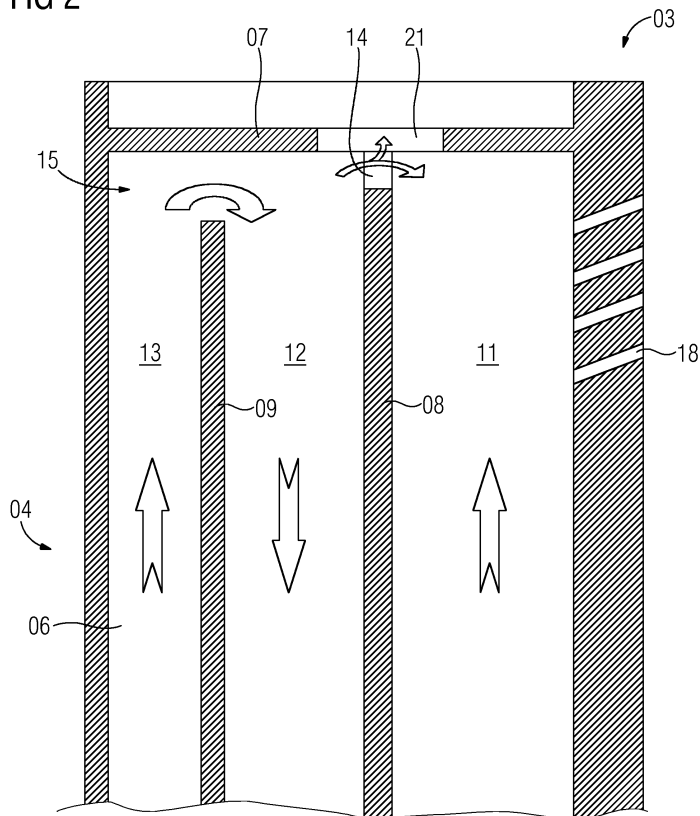
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Ahmad, Fathi
41564 Kaarst (DE)**
• **Heselhaus, Andreas
40235 Düsseldorf (DE)**

(54) TURBINENSCHAUFEL MIT NUT IM KRONENBODEN

(57) Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel (01) für eine Gasturbine mit einem Schaufelblatt (03), welches (03) eine Schaufelwand (04) und einen am freien Ende des Schaufelblattes (03) angeordneten Kronenboden (07) umfasst. Die Schaufelwand (04) umschließt hierbei zumindest eine erste und eine zweite Strömungskammer (11, 12), zwischen denen (11, 12) erste Trennwand (08) angeordnet ist, wobei zwischen der ersten Trennwand

(08) und dem Kronenboden (07) ein freier Durchbruch (14) zur Verbindung der ersten mit der zweiten Strömungskammer (11, 12) vorhanden ist. Weiterhin ist im Kronenboden (07) zumindest eine Kühlluftöffnung vorhanden. Wesentlich für die vorliegende Erfindung ist es, dass die Kühlluftöffnung als Entlastungsnut (21, 22a, 22b, 22c, 23) ausgeführt ist, welche sich zumindest abschnittsweise bis über den Durchbruch (14) erstreckt.

FIG 2**EP 3 147 456 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel zur Verwendung bei einer Gasturbine mit einem Schaufelfuß und einem Schaufelblatt, wobei im Kronenboden des Schaufelblattes eine Kühlluftöffnung vorhanden ist.

[0002] Turbinenschaufeln zur Verwendung bei einer Gasturbine sind in verschiedenen Ausführungsformen bekannt, wobei diese in aller Regel zumindest ein Schaufelfuß zur Befestigung in der jeweiligen Turbinenstufe sowie ein sich am Schaufelfuß anschließendes Schaufelblatt aufweisen. Das Schaufelblatt ist hierbei aerodynamisch geformt, wobei die konkrete Formgebung für die erfindungsgemäße Ausführungsform zunächst unerheblich ist. Hierbei wird das Schaufelblatt zunächst einmal von einer Schaufelwand gebildet, welche sich vom Schaufelfuß bis zu einem freien Ende erstreckt. Dort ist in aller Regel das freie Ende des Schaufelblattes mittels eines Kronenbodens verschlossen.

[0003] Aufgrund der hohen, bei einer Gasturbine auftretenden Temperaturen wird weiterhin das Turbinenblatt in bekannter Weise mittels Kühlluft gekühlt. Hierbei durchziehen Kühlluftkanäle das Innere des Turbinenblattes. Hierbei sind sowohl Ausführungsformen bekannt, bei denen die Kühlluft zum Schaufelfuß zurückgeführt wird, als auch ebenso Kühlluftöffnungen in der Schaufelwand sowie im Kronenboden angeordnet werden, über die die Kühlluft entweichen kann. Bekannte Ausführungsformen für eine Turbinenschaufel mit Kühlkanälen offenbaren die Druckschriften EP 1 557 553 A1 sowie die EP 2 863 013 A1. Zur gezielten Festlegung des Kühlluftstroms durch die in aller Regel in Mehrzahl vorhandenen Kühlluftöffnungen am Schaufelblatt werden diese Kühlluftöffnung in entsprechender geeigneter Weise verteilt und üblicherweise als runde Bohrung ausgeführt. Darüber hinaus sind weiterhin Ausführungen bekannt, bei denen sich die Kühlluftöffnungen trichterförmig öffnen. Wenngleich mit den bekannten Ausführungsformen bereits eine vorteilhafte Kühlung des Schaufelblattes bewirkt werden kann, so zeigt sich jedoch das Problem, dass durch die Schaufelblattkühlung Zonen unterschiedlicher Temperaturen entstehen und es somit zu lokalen Wärmespannungen kommt. Diese zeigen sich in besonderer Weise im Kronenboden, aufgrund der hohem Außentemperaturen und der durch die Kühlluft geringeren Innentemperaturen im Schaufelblatt.

[0004] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, thermische Spannungen aufgrund differierender Temperaturverteilungen im Schaufelblatt zu reduzieren.

[0005] Die gestellte Aufgabe wird durch eine erfindungsgemäße Ausführungsform nach der Lehre des Anspruchs 1 gelöst.

[0006] Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0007] Eine gattungsgemäße Turbinenschaufel dient zunächst einmal zur Verwendung bei einer Turbine einer Gasturbine. Hierbei weist die Turbinenschaufel einen Schaufelfuß sowie ein sich am Schaufelfuß anschließen-

des Schaufelblatt auf. Dabei ist das Schaufelblatt aerodynamisch gekrümmt, so dass mittels der Turbinenschaufel eine effektive Erzeugung einer Rotation im Rotor der Gasturbine bewirkt werden kann. Das Schaufelblatt wird zunächst einmal von einer Schaufelwand gebildet, welche sich vom Schaufelfuß in Richtung eines freien Endes erstreckt. Die Schaufelwand umfasst einen druckseitigen Wandabschnitt sowie einen saugseitigen Wandabschnitt, wobei sich beide von einer Vorderkante (in aller Regel abgerundet) des Schaufelblattes zu einer Hinterkante (in aller Regel spitz zulaufend) des Schaufelblattes erstrecken. Am freien Ende des Schaufelblattes ist ein Kronenboden angeordnet, welcher das Schaufelblatt am freien Ende im Wesentlichen verschließt. Hinsichtlich der konkreten Anordnung des Kronenbodens am freien Ende des Schaufelblattes ist es zunächst unerheblich, ob der Kronenboden unmittelbar am Ende der Schaufelwand angeordnet ist und zugleich das freie Ende des Schaufelblattes bildet oder ob der Kronenboden gegenüber dem äußeren freien Ende des Schaufelblattes zurückgesetzt positioniert ist.

[0008] Durch die Schaufelwand mit den beiden Wandabschnitten, dem Kronenboden und dem Schaufelfuß wird ein Hohlraum gebildet, welcher zumindest eine erste und eine zweite Strömungskammer umschließt. Diesbezüglich ist es unerheblich, ob weitere Strömungskammern im Inneren des Schaufelblattes gebildet werden. Zumindest wird die erste Strömungskammer von der zweiten Strömungskammer durch eine erste Trennwand abgetrennt. Hierbei erstrecken sich sowohl die erste und zweite Strömungskammer, sowie die erste Trennwand gleichfalls vom Schaufelfuß in Richtung des freien Endes des Schaufelblattes. Am zum Kronenboden weisenden Ende der ersten Trennwand ist ein freier Durchbruch vorhanden, welcher eine Verbindung zwischen der ersten und zweiten Strömungskammer bildet, so dass die Kühlluft von der zweiten Strömungskammer kommend durch den Durchbruch in die erste Strömungskammer strömen kann. Hierbei ist es zunächst unerheblich, ob sich der Durchbruch auf der ganzen Breite der Trennwand erstreckt und diese somit nach oben hin begrenzt oder eine gegenüber der Trennwand geringere Breite aufweist und somit auf der einen und/oder anderen Seite ein Stück der Trennwand stehen bleibt.

[0009] Weiterhin weist die gattungsgemäße Turbinenschaufel im Kronenboden zumindest eine Kühlluftöffnung auf, welche in die erste und/oder zweite Strömungskammer öffnet und durch die folglich Kühlluft aus dem Inneren des Turbinenblattes zum freien Ende hin entweichen kann.

[0010] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß nunmehr dadurch gelöst, dass anstelle einer weiteren Verteilung von Kühlluftöffnungen über die Fläche des Kronenbodens zumindest eine Kühlluftöffnung als Entlastungsnut ausgeführt wird. Hierbei weist die Entlastungsnut zumindest eine Mindestlänge auf, welcher der halben Breite der Trennwand entspricht. Weiterhin ist es zur wirksamen Reduktion der thermisch bedingten Spannungen er-

forderlich, dass sich die Entlastungsnut zumindest abschnittsweise bis über den Durchbruch erstreckt.

[0011] Durch die Einbringung einer Entlastungsnut mit einer Mindestlänge zumindest entsprechend der halben Breite der Trennwand wird eine thermisch bedingte Materialdehnung im oberen Bereich des Kronenbodens im Bereich der Entlastungsnut ermöglicht, ohne dass es unmittelbar zu den ansonsten auftretenden hohen thermischen Spannungen aufgrund der Temperaturdifferenzen kommt.

[0012] Die Breite der Trennwand wird in diesem Falle gemessen am Ende der Trennwand in Angrenzung zum Durchbruch als Abstand zwischen dem druckseitigen Wandabschnitt und dem saugseitigen Wandabschnitt. Die Länge der Entlastungsnut kann auf zweierlei Weise bestimmt werden. Einerseits betrifft die Mindestlänge die unmittelbare Länge zumindest einer Entlastungsnut unabhängig von deren Gestalt von einem Ende bis zum anderen Ende der Entlastungsnut. Zu berücksichtigen ist jedoch für die Wirksamkeit der Reduktion von thermisch bedingten Spannungen die Gestalt der Entlastungsnut im Verhältnis zur Lage der Trennwand eine Rolle. Daher wird andererseits die wirksame Länge der Entlastungsnut in einer Richtung quer zur Trennwand gemessen. Im Falle einer einzelnen Entlastungsnut ist somit zwangsläufig die unmittelbare Länge zumindest so groß wie die wirksame Länge.

[0013] Wesentlicher Faktor für die Entstehung der thermischen Spannungen ist das Vorhandensein der Trennwand, welche durch die Kühlluft eine geringere Temperatur und somit geringere Wärmedehnung aufweist, während hingegen die Außenseite des Kronenbodens aufgrund der hohen in der Gasturbine vorherrschenden Temperaturen einer stärkeren Materialdehnung unterworfen ist. Ein Ausgleich dieser aufgrund der Temperaturunterschiede bedingten Materialdehnungen ist besonders vorteilhaft möglich, indem sich die zumindest eine Entlastungsnut beidseitig über den Durchbruch und somit über die darunter befindliche Trennwand erstreckt.

[0014] In sowohl einfacher als auch vorteilhafter Weise wird eine einzelne Entlastungsnut eingesetzt, welche sich oberhalb des Durchbruchs beidseitig zur Trennwand im Kronenboden erstreckt.

[0015] Alternativ ist es ebenso vorteilhaft möglich, zumindest zwei Entlastungsnuten einzusetzen, welche hierbei versetzt nebeneinander oberhalb des Durchbruchs anzuordnen sind. Dabei müssen sich diese derart überlappen, dass auf der Materialstärke der Trennwand eine Unterbrechung im Kronenboden in der Verbindung vom druckseitigen Wandabschnitt zum saugseitigen Wandabschnitt vorhanden ist. Dabei sind die zwei oder mehr Entlastungsnuten gleichfalls wie bei dem Einsatz einer einzelnen Entlastungsnut derart anzuordnen, dass sich diese bei gemeinsamer Betrachtung beidseitig über dem Durchbruch hinaus erstrecken.

[0016] Zum Ausgleich thermischer Verformungen zur Vermeidung unzulässig hoher thermischer Spannungen

ist es weiterhin vorteilhaft, wenn sich die einzelne Entlastungsnut oder die zwei oder mehr Entlastungsnuten im Wesentlichen mittig im Kronenboden befinden. Die genaue Position ist hingegen unerheblich, sofern beidseitig eine thermisch bedingte Dehnung der Oberseite des Kronenbodens aufgrund der Entlastungsnut bzw. Entlastungsnuten möglich ist.

[0017] Gleichfalls ist es vorteilhaft, wenn sich die einzelne Entlastungsnut oder in alternativer Ausführung die zwei oder mehr Entlastungsnuten im Wesentlichen mittig zur Trennwand befinden. Da insbesondere die erste Trennwand mit ursächlich für die thermischen Spannungen im Kronenboden ist, ist es entsprechend vorteilhaft, die Entlastungsnut bzw. die Entlastungsnuten mittig zu dieser ersten Trennwand anzuordnen. Sofern die Länge der Entlastungsnut über die Mindestlänge hinaus verlängert wird, so ist demgegenüber von untergeordneter Bedeutung, ob die Verlängerung nur einseitig von der Trennwand aus erfolgt.

[0018] Die konkrete Ausrichtung der Entlastungsnut bzw. der mehreren Entlastungsnuten ist zunächst unerheblich, sofern eine entsprechende thermische Dehnung des Kronenbodens an der nach außen weisenden Seite aufgrund des Vorhandenseins der Entlastungsnut möglich wird. Dabei ist es jedoch bei Einsatz einer einzelnen Entlastungsnut besonders vorteilhaft, wenn sich die Entlastungsnut im Wesentlichen quer zur ersten Trennwand erstreckt. Nicht erforderlich ist hierbei eine geradlinig rechteckige Ausrichtung, sondern ist es hinreichend, wenn die Entlastungsnut entsprechend dem Verlauf des druckseitigen Wandabschnitts sowie des saugseitigen Wandabschnitts verläuft. Insofern sind beispielsweise Winkelabweichungen von $\pm 15^\circ$ von einer Ausrichtung quer zur Trennwand unerheblich. Sofern zwei oder mehr Entlastungsnuten eingesetzt werden, erfordert die überlappende Anordnung der Entlastungsnuten bereits eine geringfügige Winkelabweichung aus einer quer zur Trennwand möglichen Ausrichtung. Dennoch sollte die Winkelabweichung zur einer Ausrichtung quer zur Trennwand nach Möglichkeit nicht mehr als 45° , besonders vorteilhaft nicht mehr als 30° , betragen.

[0019] Die Wirksamkeit der Entlastungsnut wird in besonders vorteilhafter Weise verbessert, wenn die zumindest eine Entlastungsnut eine wirksame Mindestlänge entsprechend der Breite der Trennwand aufweist. Bei Vorhandensein von zwei oder mehr Entlastungsnuten gilt diese Betrachtung hinsichtlich der wirksamen Mindestlänge bei einer gemeinsamen Betrachtung der zwei oder mehr Entlastungsnuten gemessen in einer Richtung quer zur ersten Trennwand.

[0020] Der Verlauf der Entlastungsnut bzw. der Entlastungsnuten ist zunächst unerheblich, wobei in einfachster Weise ein geradliniger Verlauf gewählt wird. Alternativ ist es ebenso möglich, dass die dem druckseitigen Wandabschnitt zugewandte Seitenfläche der Entlastungsnut bzw. der Entlastungsnuten einen bogenförmigen Verlauf entsprechend der Wölbung des druckseitigen Wandabschnitts aufweist bzw. aufweisen. Analog

ist es möglich, dass die dem saugseitigen Wandabschnitt zugewandte Seitenfläche der Entlastungsnut bzw. der Entlastungsnuten einen bogenförmigen Verlauf entsprechend der Wölbung des saugseitigen Wandabschnitts aufweist bzw. aufweisen. Insofern folgt die Entlastungsnut dem Verlauf des druckseitigen bzw. saugseitigen Wandabschnitts.

[0021] Hinsichtlich der Verwendung der aus der Entlastungsnut austretenden Kühlluft sowie unter Berücksichtigung der im Schaufelblatt vorherrschenden Kühlluftströmung von der zweiten Strömungskammer zur ersten Strömungskammer ist es weiterhin vorteilhaft, wenn die Entlastungsnut geneigt ausgeführt wird. Hierzu ist es vorteilhaft, wenn das vom Schaufelfuß wegweisende Ende der Entlastungsnut, d. h. das zur Außenseite weisende Ende der Entlastungsnut, näher am druckseitigen Wandabschnitt als das zum Schaufelfuß weisende Ende der Entlastungsnut, d. h. das am Durchbruch angrenzende Ende der Entlastungsnut, gelegen ist.

[0022] Weiterhin ist es zur Begrenzung der Strömung in der Entlastungsnut sowie unter Berücksichtigung der Fertigungsmöglichkeiten vorteilhaft, wenn sich die eine Entlastungsnut bzw. zumindest eine der zwei oder mehreren Entlastungsnuten ausgehend von einem kleinsten freien Querschnitt zu einem Ende hin oder zu beiden Enden der jeweiligen Entlastungsnut hin aufweitet. Insofern wird durch den kleinsten freien Querschnitt die Strömung aus der ersten Strömungskammer begrenzt, wobei durch die Aufweitung der Entlastungsnut dessen Herstellung vereinfacht wird.

[0023] Hinsichtlich der Anordnung des Kronenbodens an der Schaufelwand stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. In einer ersten und einfachen Ausführungsform befindet sich der Kronenboden genau am Ende der Schaufelwand und bildet somit das Ende des Schaufelblattes. Demgegenüber ist es jedoch vorteilhaft, wenn der Kronenboden gegenüber dem Ende der Schaufelwand zurückgesetzt ist, und insofern zumindest abschnittsweise der druckseitige Wandabschnitt und/oder der saugseitige Wandabschnitt den Kronenboden überragt. In weiterer Alternative ist es ebenso möglich, den Kronenboden am Ende der Schaufelwand anzuordnen, dabei jedoch oberhalb des Kronenbodens weitere Rippen oder Stege oder dergleichen vorzusehen.

[0024] Die erfindungsgemäße Entlastungsnut wird in besonders vorteilhafter Weise bei einer Trennwand eingesetzt, welche sich an einer vor der Hinterkante angeordneten ersten Strömungskammer befindet. Die an der ersten Strömungskammer angrenzende Hinterkante verbindet den druckseitigen Wandabschnitt mit dem saugseitigen Wandabschnitt.

[0025] Weiterhin ist es die Verwendung einer Entlastungsnut vorteilhaft, wenn zumindest eine zweite Trennwand und eine dritte Strömungskammer vorhanden sind. Hierbei grenzt die zweite Trennwand ebenso an die zweite Strömungskammer an und befindet sich gegenüberliegend der ersten Trennwand in Verbindung des druck-

seitigen Wandabschnitts mit dem saugseitigen Wandabschnitt. Oberhalb der Trennwand befindet sich gleichfalls ein zweiter freier Durchbruch. Angrenzend an die zweite Trennwand gegenüberliegend der zweiten Strömungskammer befindet sich eine dritte Strömungskammer, wobei durch den zweiten Durchbruch Kühlluft von der dritten Strömungskammer zur zweiten Strömungskammer fließen kann.

[0026] Hierbei grenzt in vorteilhafter Weise die dritte Strömungskammer an die Vorderkante an, welche gegenüberliegend zur Hinterkante den druckseitigen Wandabschnitt mit dem saugseitigen Wandabschnitt verbindet.

[0027] Die Größe des zweiten Durchbruchs ist zunächst unerheblich, wobei in vorteilhafter Weise dieser die Größe des ersten Durchbruchs aufweist. Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn der zweite freie Durchbruch zumindest die doppelte Größe des ersten freien Durchbruchs aufweist. Dabei kann sowohl der zweite freie Durchbruch eine gegenüber der Breite der zweiten Trennwand geringer Breite aufweisen als sich auch in vorteilhafter Weise der zweite Durchbruch auf die Breite der zweiten Trennwand erstreckt und diese insofern nach oben auf der zum Kronenboden weisenden Seite begrenzt.

[0028] Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn am zum Schaufelfuß weisenden Ende der ersten Trennwand ebenso ein freier dritter Durchbruch vorhanden ist, so dass die Kühlluft von der dritten Strömungskammer über den zweiten Durchbruch in die zweite Strömungskammer und anteilig über den ersten Durchbruch und mehrheitlich über den dritten Durchbruch in die erste Strömungskammer strömen kann.

[0029] Weiterhin wird in vorteilhafter Weise eine Beschichtung auf dem Kronenboden angebracht. Hierbei kann einerseits vorgesehen sein, dass eine Beschichtung vor der Erzeugung der Entlastungsnut aufgebracht wird. Andererseits ist es vorteilhaft, wenn eine Beschichtung auf dem mit der Entlastungsnut versehenen Kronenboden aufgebracht wird. Die zweite Variante bietet den besonderen Vorteil, dass die Beschichtung zumindest ansatzweise auf die außenseitigen Enden der Seitenflächen der Entlastungsnut aufgetragen werden kann, wodurch dessen Spaltbreite verringert wird. Somit kann die Kühlluftströmung durch die Entlastungsnut reduziert werden, wobei der gewünschte Dehnungsfreiraum in hinreichendem Maße erhalten bleibt.

[0030] In den nachfolgenden Figuren wird eine beispielhafte Turbinenschaufel mit exemplarisch skizzierten Entlastungsnuten gezeigt.

[0031] Es zeigen:

FIG 1 eine Turbinenschaufel für ein Beispiel der Erfindung;

FIG 2 einen Schnitt durch das Schaufelblatt mittig zwischen dem druckseitigen und dem saugseitigen Wandabschnitt;

- FIG 3 eine Draufsicht auf das Schaufelblatt mit einem ersten Ausführungsbeispiel einer Entlastungsnut;
- FIG 4 eine Draufsicht auf das Schaufelblatt mit einer alternativen Anordnung von Entlastungsnuten;
- FIG 5 einen Schnitt durch das Schaufelblatt parallel zur ersten Trennwand mit einer schräg gestellten Entlastungsnut;
- FIG 6 einen Schnitt analog FIG 5 mit einer sich aufweitenden Entlastungsnut.

[0032] Die FIG 1 zeigt exemplarisch eine Turbinenschaufel 01 mit einem Schaufelfuß 02 sowie einem sich am Schaufelfuß anschließenden Schaufelblatt 03. Die Ausführungsform des Schaufelfußes 02 ist für die vorliegende Erfindung unerheblich und insofern soll diesbezüglich nicht näher darauf eingegangen werden. Das Schaufelblatt 03 umfasst zunächst einmal die Schaufelwand 04, welche 04 in diesem Ausführungsbeispiel gebildet wird von einem druckseitigen Wandabschnitt 05 (in Zeichnungsebene vorne liegend) und einem saugseitigen Wandabschnitt 06 (in Zeichnungsebene hinten liegend), welche 05, 06 sich beide von einer Vorderkante bis zu einer Hinterkante erstrecken. Hierbei umschließt die Schaufelwand 04 einen Hohlraum, welcher wiederum von Strömungskammern 11, 12, 13 gebildet wird. Am freien Ende des Schaufelblattes 03 befindet sich der Kronenboden 07, welcher 07 in diesem Ausführungsbeispiel gegenüber dem Ende des Schaufelblattes 03 geringfügig zurückgesetzt ist. Innerhalb des Schaufelblattes 03 wird der Hohlraum durch ein erstes Trennelement 08 sowie ein zweites Trennelement 09 in eine erste Strömungskammer 11 zwischen der Hinterkante und der ersten Trennwand 08 sowie einer zweiten Strömungskammer 12 zwischen der ersten Trennwand 08 und der zweiten Trennwand 09 sowie in eine dritte Strömungskammer 13 zwischen der zweiten Trennwand 09 und der Vorderkante unterteilt. Oberseitig ist ansatzweise die Entlastungsnut 21 im Kronenboden 07 zu erkennen.

[0033] Die FIG 2 zeigt nunmehr schematisch einen Schnitt durch das Schaufelblatt 03 in einer Ansicht geschnitten mittig zwischen dem druckseitigen Wandabschnitt 05 und dem saugseitigen Wandabschnitt 06. Zu erkennen ist zunächst einmal die Schaufelwand 04 mit der Vorderkante sowie der Hinterkante. Oberseitig befindet sich der Kronenboden 07, welcher 07 gegenüber dem Ende der Schaufelwand 04 geringfügig zurückgesetzt ist. Innerhalb des Schaufelblattes 03 befinden sich die erste Trennwand 08 und die zweite Trennwand 09, welche 08, 09 den Hohlraum im Inneren des Schaufelblattes 04 in die erste Strömungskammer 11, die zweite Strömungskammer 12 sowie die dritte Strömungskammer 13 unterteilen. In diesem exemplarischen Beispiel ist vorgesehen, dass eine Kühlluftströmung von der dritten Strömungskammer 13 in die zweite Strömungskam-

mer 12 und nachfolgend in die erste Strömungskammer 11 strömt. Entweichen kann die Kühlluft über an der Hinterkante in der Schaufelwand 04 angeordnete Kühlluftbohrungen 18. Zur Realisierung des Übergangs der Kühlluft von der ersten Strömungskammer 11 zur zweiten Strömungskammer 12 befindet sich zwischen der zweiten Trennwand 09 und dem Kronenboden 07 ein zweiter freier Durchbruch 15.

[0034] Zur erfindungsgemäßen Reduktion der thermischen Spannungen im Kronenboden 07 ist zunächst einmal ebenso in der ersten Trennwand 15 ein erster freier Durchbruch 14 am zum Kronenboden 07 weisenden Ende angeordnet. Weiterhin befindet sich im Kronenboden 07 zumindest eine Entlastungsnut 21. Diese 21 erstreckt sich hierbei mittig über den Durchbruch 14 und ermöglicht somit eine thermische Ausdehnung der Oberseite des Kronenbodens 07 bei gleichzeitigem Halten des druckseitigen Wandabschnitts 05 mit dem saugseitigen Wandabschnitt 06 durch die erste Trennwand 08.

[0035] Die FIG 3 zeigt nunmehr eine Draufsicht auf das Schaufelblatt 03, wobei zunächst einmal wieder die Schaufelwand 04 mit dem druckseitigen Wandabschnitt 05 und dem saugseitigen Wandabschnitt 06 zu erkennen ist. Im Inneren des Schaufelblattes 03 unterhalb des Kronenbodens 07 befinden sich die erste Trennwand 08 und die zweite Trennwand 09. Oberhalb der ersten Trennwand 08 befindet sich die mittig im Kronenboden 07 angeordnete Entlastungsnut 21. Diese 21 weist in diesem Ausführungsbeispiel eine Länge L, gemessen quer zur Trennwand auf, welche L ungefähr der Breite B der Trennwand entspricht.

[0036] In der nachfolgenden FIG 4 wird in einem weiteren Ausführungsbeispiel analog der FIG 3 eine Draufsicht auf das Schaufelblatt 03 skizziert. Im Gegensatz zum vorherigen Ausführungsbeispiel werden im Kronenboden 07 anstelle einer einzelnen Entlastungsnut 21 nunmehr drei parallel und versetzt zueinander verlaufende Entlastungsnuten 22a, 22b und 22c eingesetzt. Diese 22, 22b2, 22c erstrecken sich hierbei ebenso über die erste Trennwand 08 hinweg und sind hierbei mittig zur ersten Trennwand 08 angeordnet. Die Länge L der zusammen betrachteten drei Entlastungsnuten 22a, 22b und 22c gemessen quer zur ersten Trennwand 08 ist hierbei geringfügig größer als die Breite B der ersten Trennwand 08.

[0037] In der nachfolgenden FIG 5 wird exemplarisch die Entlastungsnut 21 in einem Schnitt parallel zur Trennwand 08 skizziert. Im Gegensatz zu einer geradlinigen senkrecht zum Kronenboden 07 möglichen Ausführungsform der Entlastungsnut 21 wird in diesem Ausführungsbeispiel die Entlastungsnut 21 schräg gestellt. Dabei befindet sich das oberseitige, nach außen weisende Ende der Entlastungsnut 21 ungefähr mittig im Kronenboden 07 zwischen dem druckseitigen Wandabschnitt 05 und dem saugseitigen Wandabschnitt 06. Auf der Seite des Durchbruchs 14 oberhalb der ersten Trennwand 08 hingegen befindet sich die Entlastungsnut 21 näher am saugseitigen Wandabschnitt.

[0038] In FIG 6 wird ein weiteres Ausführungsbeispiel für eine Entlastungsnut 23 skizziert, wobei die Darstellung analog FIG 5 ausgeführt ist. In diesem Ausführungsbeispiel weist die Entlastungsnut 23 mittig zwischen den beiden Enden der Entlastungsnut einen kleinsten Querschnitt auf, von dem ausgehend sich die Entlastungsnut 23 in beide Richtungen, d.h. nach innen und außen aufweitet. Dieses ermöglicht einerseits eine Begrenzung der Kühlluft und andererseits vereinfacht dieses die Fertigung der Entlastungsnut 23.

Patentansprüche

1. Turbinenschaufel (01) für eine Gasturbine, mit einem Schaufelfuß (02) und mit einem aerodynamisch gekrümmten Schaufelblatt (03), welches (03) eine Schaufelwand (04) und einen am freien Ende des Schaufelblattes (03) angeordneten Kronenboden (07) aufweist, wobei die Schaufelwand (04) einen druckseitigen und einen saugseitigen Wandabschnitt (05, 06) umfasst und zumindest eine erste und eine zweite Strömungskammer (11, 12) umschließt, zwischen denen (11, 12) eine die Wandabschnitte (05, 06) verbindende erste Trennwand (08) angeordnet ist, wobei die erste Trennwand (08) am zum Kronenboden (07) weisenden Ende einen freien Durchbruch (14) zur Verbindung der ersten mit der zweiten Strömungskammer (11, 12) aufweist, und wobei im Kronenboden (07) zumindest eine Kühlluftöffnung vorhanden ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlluftöffnung als Entlastungsnut (21, 22a, 22b, 22c, 23) ausgeführt ist, welche (21, 22a, 22b, 22c, 23) zumindest eine Mindestlänge (L) entsprechend der halben Breite (B) der Trennwand (08) aufweist und sich zumindest abschnittsweise bis über den Durchbruch (14) erstreckt.
2. Turbinenschaufel (01) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine einzelne Entlastungsnut (21, 23) vorgesehen ist, welche (21, 23) sich beidseitig bis über den Durchbruch (14) hinaus erstreckt.
3. Turbinenschaufel (01) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest zwei Entlastungsnuten (22a, 22b, 22c) versetzt nebeneinander angeordnet sind, welche (22a, 22b, 22c) sich beidseitig über den Durchbruch (14) hinaus erstrecken.
4. Turbinenschaufel (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entlastungsnuten (22a, 22b, 22c) oder die einzelne Entlastungsnut (21, 23) mittig im Kronenboden (07) angeordnet sind/ist.
5. Turbinenschaufel (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entlastungsnuten (22a, 22b, 22c) oder die einzelne Entlastungsnut (21, 23) mittig zur Trennwand (08) angeordnet sind/ist.
6. Turbinenschaufel (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entlastungsnuten (22a, 22b, 22c) gemeinsam oder die einzelne Entlastungsnut (21, 23) zumindest eine Mindestlänge (L) gemessen quer zur Trennwand (08) entsprechend der Breite (B) der Trennwand (08) aufweisen/aufweist.
7. Turbinenschaufel (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die den Wandabschnitten (05, 06) zugewandten Seitenflächen der Entlastungsnuten (22a, 22b, 22c) oder der Entlastungsnut (21, 23) einen geradlinigen Verlauf oder einen bogenförmigen Verlauf entsprechend der Wölbung des jeweiligen Wandabschnitts (05, 06) aufweisen/aufweist.
8. Turbinenschaufel (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das vom Schaufelfuß (02) wegweisende Ende der Entlastungsnut (21, 22a, 22b, 22c, 23) näher am druckseitigen Wandabschnitt (05) als das zum Schaufelfuß (02) weisende Ende der Entlastungsnut (21, 22a, 22b, 22c, 23) gelegen ist.
9. Turbinenschaufel (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich zumindest eine Entlastungsnut (21, 22a, 22b, 22c, 23) ausgehend von einem kleinsten freien Querschnitt zu einem Ende oder beiden Enden der Entlastungsnut (21, 22a, 22b, 22c, 23) hin aufweitet.
10. Turbinenschaufel (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest abschnittsweise der druckseitige und/oder der saugseitige Wandabschnitt (05, 06), insbesondere die Schaufelwand (04), den Kronenboden (07) überragt.
11. Turbinenschaufel (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Strömungskammer (11) an einer den druckseitigen Wandabschnitt (05) mit dem saugseitigen Wandabschnitt (06) verbindenden Hinterkante angeordnet ist.

12. Turbinenschaufel (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass angrenzend an die zweite Strömungskammer (12) eine zweite Trennwand (09) und gegenüberliegend der ersten Strömungskammer (11) eine dritte Strömungskammer (13) angeordnet ist. 5
13. Turbinenschaufel (01) nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, 10
dass zwischen der zweiten Trennwand (12) und dem Kronenboden (07) ein zweiter freier Durchbruch (15) vorhanden ist, welcher zumindest die Größe, insbesondere zumindest die doppelte Größe, des ersten freien Durchbruchs (14) aufweist. 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

FIG 1

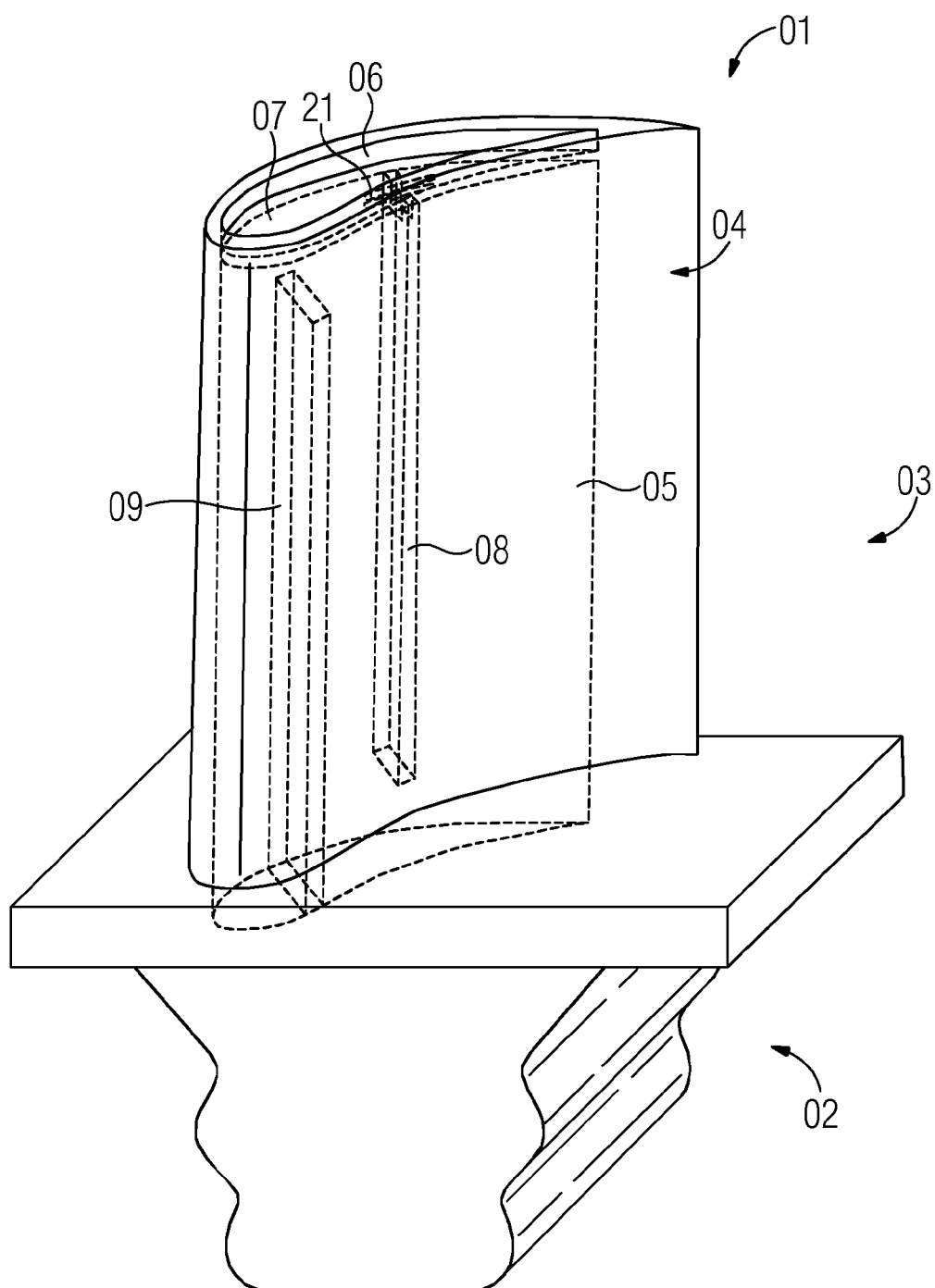


FIG 2

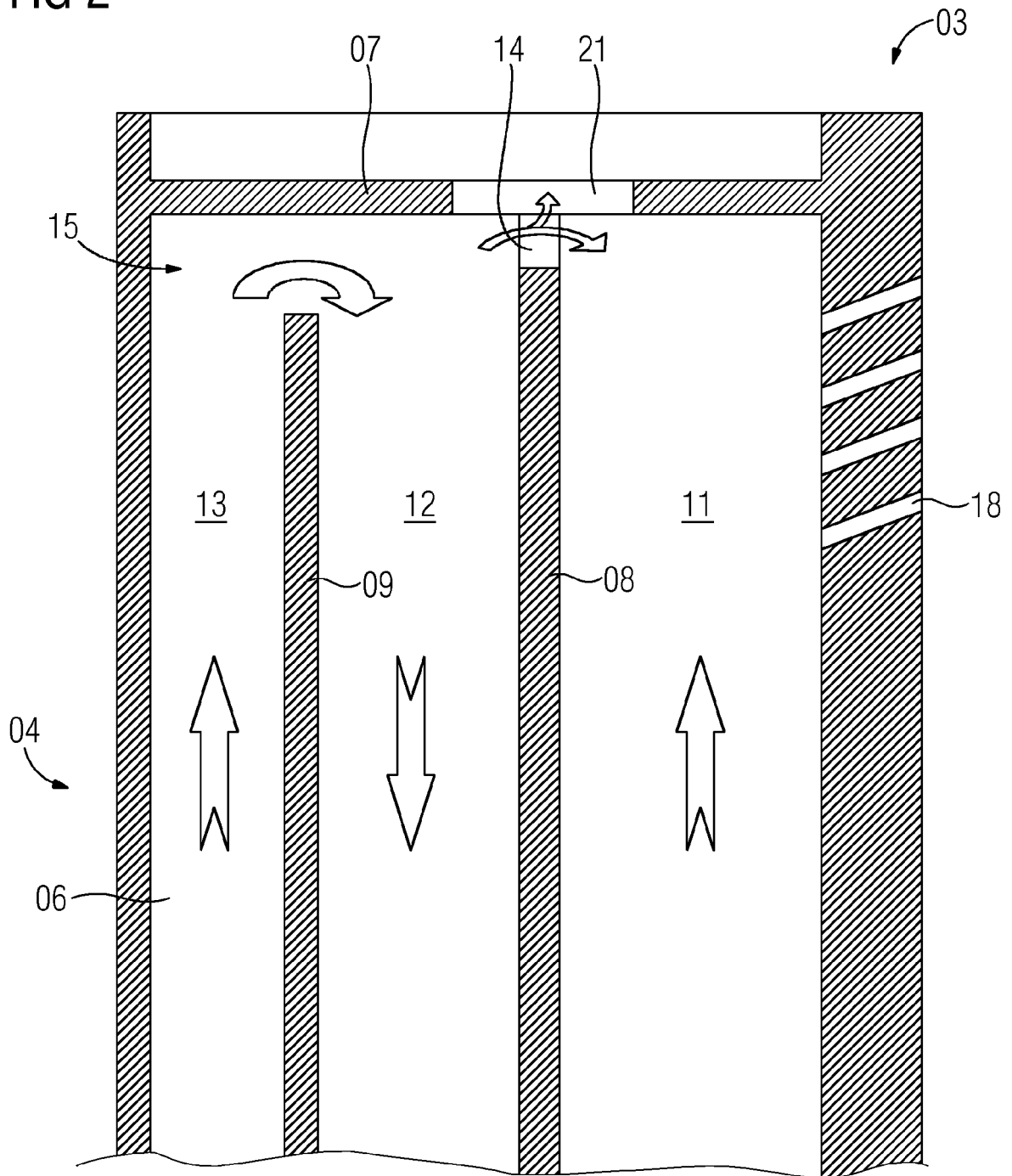


FIG 3

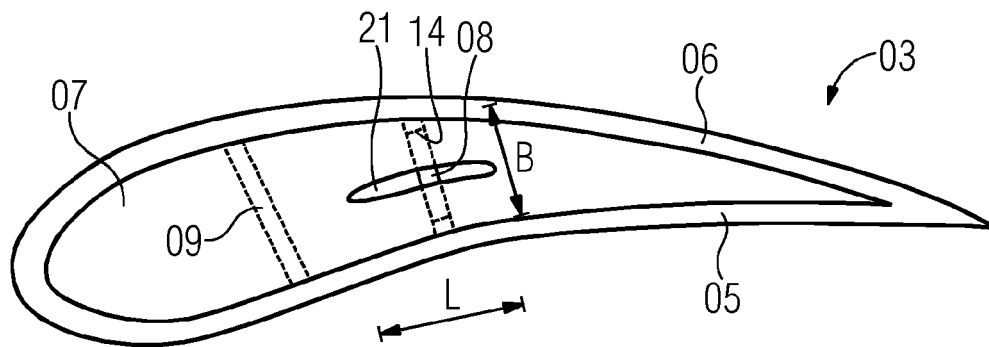


FIG 4

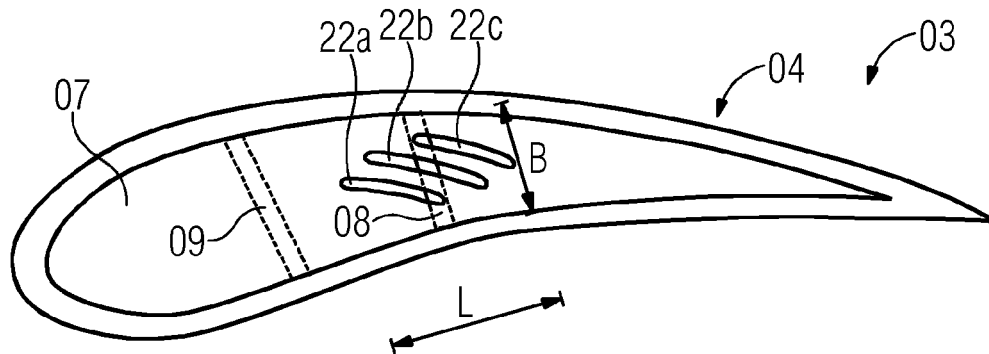


FIG 5

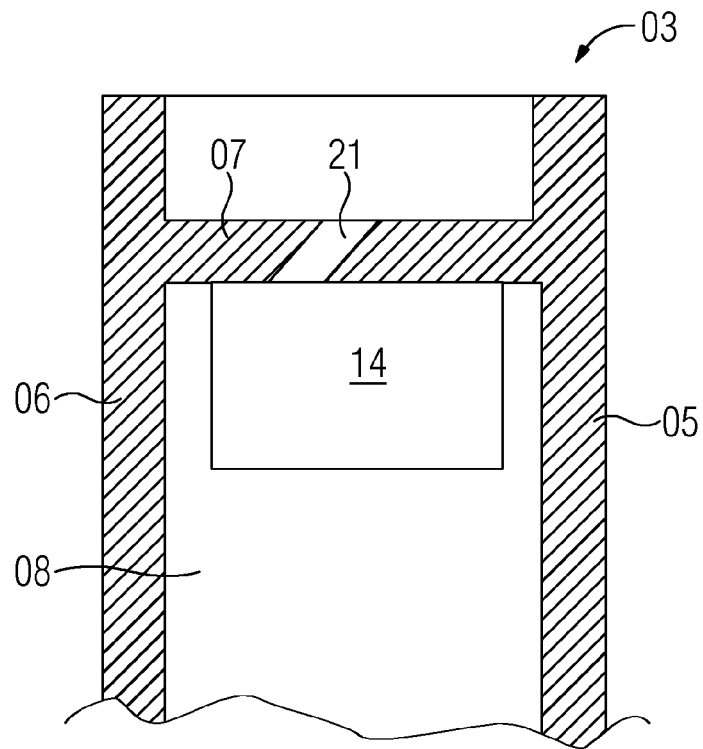
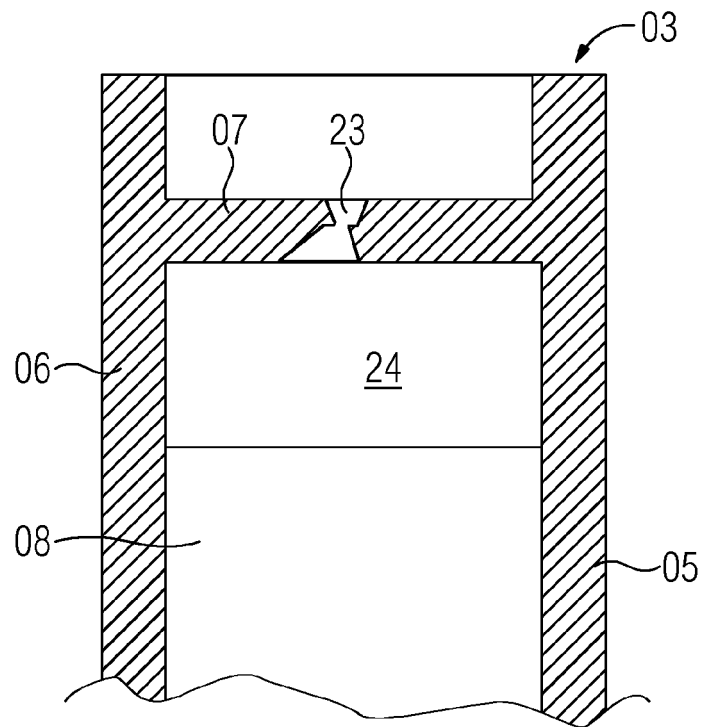


FIG 6





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 15 18 7014

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	EP 2 196 625 A1 (SIEMENS AG [DE]) 16. Juni 2010 (2010-06-16) * Abbildung 2 *	1-13	INV. F01D5/18
X	GB 2 061 400 A (SNECMA) 13. Mai 1981 (1981-05-13) * Abbildung 7 *	1-13	
X	US 2005/281671 A1 (LIANG GEORGE [US]) 22. Dezember 2005 (2005-12-22) * Abbildung 2B *	1-13	
X	US 2002/119045 A1 (STARKWEATHER JOHN HOWARD [US]) 29. August 2002 (2002-08-29) * Abbildung 3 *	1-13	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 8. März 2016	Prüfer Rapenne, Lionel
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 15 18 7014

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.

08-03-2016

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	EP 2196625	A1	16-06-2010	KEINE		

15	GB 2061400	A	13-05-1981	DE	3040192 A1	07-05-1981
				FR	2468727 A1	08-05-1981
				GB	2061400 A	13-05-1981
				US	4456428 A	26-06-1984

	US 2005281671	A1	22-12-2005	KEINE		
20	-----					
	US 2002119045	A1	29-08-2002	KEINE		

25						
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 1557553 A1 [0003]
- EP 2863013 A1 [0003]