



(11)

EP 3 428 402 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
16.01.2019 Patentblatt 2019/03

(51) Int Cl.:
F01D 9/04 (2006.01) F01D 11/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18179434.8**

(22) Anmeldetag: **25.06.2018**

(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:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **MTU Aero Engines AG**
80995 München (DE)

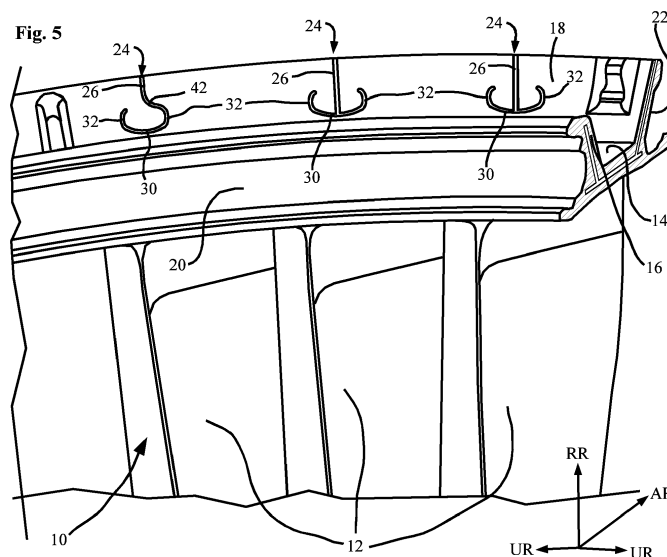
(72) Erfinder: **Uecker, Markus**
82178 Puchheim (DE)

(30) Priorität: **11.07.2017 DE 102017211866**

(54) LEITSCHAUFELSEGMENT MIT GEKRÜMMTER ENTLASTUNGSFUGE

(57) Die Erfindung betrifft ein Leitschaufelsegment (10) für eine Gasturbine, insbesondere Fluggasturbine, umfassend wenigstens ein radial äußeres Deckband (14) und ein radial inneres Deckband, die sich entlang eines jeweiligen Kreisbogens erstrecken und gemeinsam einen Ringabschnitt bilden, wobei in radialer Richtung (RR) zwischen dem äußeren Deckband (14) und dem inneren Deckband mehrere Leitschaufeln (12) in Umfangsrichtung (UR) nebeneinander angeordnet sind, die mit dem inneren Deckband und dem äußeren Deckband (14), vorzugsweise materialschlüssig, insbesondere einstückig, verbunden sind, wobei das äußere Deckband (14) bezogen auf eine axiale Längsrichtung (AR) ein axial vorderes Dichtwandelement (16) und ein axial hinteres Dichtwandelement (18) umfasst, derart, dass

das äußere Deckband (14) und die beiden Dichtwände (16, 18) im Längsschnitt ein wannenartiges Profil bilden, wobei am axial vorderen oder/und hinteren Dichtwandelement (16, 18) wenigstens eine Entlastungsfuge (24) mit einem Hauptabschnitt (26) vorgesehen ist, der sich ausgehend von einem radialen Außenrand des betreffenden vorderen oder/und hinteren hinteren Dichtwandelements (16, 18) entlang des Dichtwandelements nach im Wesentlichen radial innen erstreckt. Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, dass die Entlastungsfuge (24) wenigstens einen sich radial innen an den Hauptabschnitt (26) anschließenden Zusatzabschnitt (34) aufweist, wobei der Zusatzabschnitt (34) durch wenigstens einen gekrümmten Teilabschnitt (30, 32, 42) gebildet ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Leitschaufelsegment für eine Gasturbine, insbesondere Fluggasturbine, umfassend wenigstens ein radial äußeres Deckband und ein radial inneres Deckband, die sich entlang eines jeweiligen Kreisbogens erstrecken und gemeinsam einen Ringabschnitt bilden, wobei in radialer Richtung zwischen dem äußeren Deckband und dem inneren Deckband mehrere Leitschaufeln in Umfangsrichtung nebeneinander angeordnet sind, die mit dem inneren Deckband und dem äußeren Deckband, vorzugsweise materialschlüssig, insbesondere einstückig, verbunden sind, wobei das äußere Deckband bezogen auf eine axiale Längsrichtung ein axial vorderes Dichtwandelement und ein axial hinteres Dichtwandelement umfasst, derart, dass das äußere Deckband und die beiden Dichtwände im Längsschnitt ein wannenartiges Profil bilden, wobei am axial vorderen oder/und hinteren Dichtwandelement wenigstens eine Entlastungsfuge mit einem beispielsweise im Wesentlichen linear verlaufenden Hauptabschnitt vorgesehen ist, der sich ausgehend von einem radialen Außenrand des betreffenden vorderen oder/und hinteren Dichtwandelements entlang des Dichtwandelements im Wesentlichen nach radial innen erstreckt.

[0002] Richtungsangaben wie "Axial-" bzw. "axial", "Radial-" bzw. "radial" und "Umfangs-" sind grundsätzlich auf die Maschinenachse der Gasturbine bezogen zu verstehen, sofern sich aus dem Kontext nicht explizit oder implizit etwas anderes ergibt.

[0003] Entlastungsfugen in Leitschaufelsegmenten von Gasturbinen dienen insbesondere dazu, aufgrund der thermischen Ausdehnung entstehende Zwänge im Bauteil zu reduzieren. Hierdurch können andere Bereiche geschützt werden, in denen Anrisse zu einer Schwingungsermüdung des gesamten Bauteils, insbesondere eines gesamten Leitschaufelkranzes, der durch mehrere Leitschaufelsegmente gebildet wird, führen würde.

[0004] Bei derartigen Entlastungsfugen, deren linearer Hauptabschnitt einen radial innen liegenden Grund bzw. Fugenboden aufweisen, hat sich gezeigt, dass im Bereich des Grunds im Betrieb der Gasturbine hohe Zugspannungen entstehen, die zu Rissen an der betreffenden Fuge führen können. Durch die Rissbildung an solchen Entlastungsfugen wird die Lebensdauer eines Leitschaufelsegments bzw. eines Leitschaufelkranzes, der aus mehreren Leitschaufelsegmenten gebildet ist, verringert.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist, es, ein Leitschaufelsegment bereitzustellen, bei dem die Rissbildung verringert ist.

[0006] Zur Lösung dieser Aufgabe wird vorgeschlagen, dass bei einem Leitschaufelsegment die Entlastungsfuge wenigstens einen sich radial innen an den Hauptabschnitt anschließenden Zusatzabschnitt aufweist, wobei der Zusatzabschnitt durch wenigstens einen gekrümmten Teilabschnitt gebildet ist.

[0007] Das Vorsehen von einem Zusatzabschnitt mit

wenigstens einem gekrümmten Teilabschnitt führt zu einer verbesserten Spannungsverteilung im Bereich der den Hauptabschnitt und wenigstens einen gekrümmten Teilabschnitt aufweisenden Entlastungsfuge. Insbesondere kann durch das Bereitstellen des Zusatzabschnitts ein sich unmittelbar an den linearen Hauptabschnitt anschließender Grund bzw. Fugenboden vermieden werden, wodurch den hohen Spannungen im Bereich des Grunds bzw. Fugenbodens entgegengewirkt wird.

[0008] Die Entlastungsfuge kann in ihrem radial innersten Bereich in Umfangsrichtung verlaufen oder/und in einem oder mehreren Endbereichen enden, der bzw. die radial weiter außen liegen als ein radial innerster Bereich der Entlastungsfuge.

[0009] Es wird weiterbildend vorgeschlagen, dass der Zusatzabschnitt wenigstens einen gekrümmten ersten Teilabschnitt und wenigstens einen gekrümmten zweiten Teilabschnitt aufweist, die miteinander verbunden sind. Dabei kann der erste Teilabschnitt mit einem ersten Radius gekrümmt sein, und der zweite Teilabschnitt kann mit einem zweiten Radius gekrümmt sein, wobei der erste Radius größer sein kann als der zweite Radius. Die beiden Teilabschnitte können mit einem dritten Radius verbunden sein.

[0010] Durch das Vorsehen von unterschiedlich gekrümmten Teilabschnitten, insbesondere einem ersten Teilabschnitt mit einer ersten Krümmung und einem zweiten Teilabschnitt mit einer zweiten Krümmung, die von der ersten Krümmung verschieden ist, kann die Entlastungsfuge eine im Hinblick auf die Spannungsverteilung optimierte Ausgestaltung aufweisen. Dabei können sich bisher im Grund bzw. Fugenboden konzentrierende Kräfte entlang der unterschiedlich gekrümmten Teilabschnitte verteilt aufgenommen werden.

[0011] Der erste Teilabschnitt kann so angeordnet sein, dass er im Bereich des Anschlusses an den Hauptabschnitt eine Tangente aufweist, die im Wesentlichen orthogonal zum Hauptabschnitt verläuft. Anders ausgedrückt, kann die Tangente an den Hauptabschnitt auch eine Tangente zu einer im Bereich des Anschlusses gedachten bogenförmig verlaufenden Umfangsrichtung sein. Dabei kann der erste Teilabschnitt derart konvex ausgebildet sein, dass er ausgehend vom Bereich des Anschlusses an den Hauptabschnitt nach radial außen verläuft. Bezogen auf die Anordnung eines Leitschaufelsegments in einer Gasturbine weist der erste Teilabschnitt des Zusatzabschnitts der Entlastungsfuge also eine nach radial innen konvexe Krümmung auf und erstreckt sich im Wesentlichen in Umfangsrichtung. Anders ausgedrückt kann auch gesagt werden, dass der erste Teilabschnitt einen Bogenabschnitt bildet, dessen Sehne im Wesentlichen in Umfangsrichtung bzw. im Wesentlichen orthogonal zur Radialrichtung verläuft.

[0012] Der zweite Teilabschnitt kann so angeordnet sein, dass er eine Tangente aufweist, die parallel zum Hauptabschnitt verläuft. Dabei kann der zweite Teilabschnitt in Umfangsrichtung weg von dem Hauptabschnitt konvex ausgebildet sein. Bezogen auf die Anordnung

eines Leitschaufelsegments in einer Gasturbine weist der zweite Teilabschnitt des Zusatzabschnitts der Entlastungsfuge also in einem in Umfangsrichtung weg von dem Hauptabschnitt weisenden Richtung eine konvexe Krümmung auf. Ein solcher zweiter Teilabschnitt erstreckt sich im Wesentlichen in Radialrichtung. Anders ausgedrückt kann auch gesagt werden, dass der zweite Teilabschnitt einen Bogenabschnitt bildet, dessen Sehne im Wesentlichen in Radialrichtung bzw. im Wesentlichen parallel zum Hauptabschnitt oder im Wesentlichen orthogonal zur Umfangsrichtung verläuft.

[0013] Aus den obigen Beschreibungen und Merkmalen folgt, dass der erste Teilabschnitt und der zweite Teilabschnitt vorzugsweise in Richtung des Hauptabschnitts konkav gekrümmt ausgebildet sein können.

[0014] Gemäß einer ersten Variante kann der Hauptabschnitt mit dem ersten Teilabschnitt verbunden sein, insbesondere kann der Hauptabschnitt mit einem mittleren Bereich des ersten Teilabschnitts verbunden sein. Dabei kann am ersten Teilabschnitt auf in Umfangsrichtung gegenüberliegenden Seiten des Hauptabschnitts ein jeweiliger zweiter Teilabschnitt angeordnet ist, der mit dem ersten Teilabschnitt verbunden ist. Der erste Teilabschnitt und die beiden sich daran anschließenden zweiten Teilabschnitte bilden hierdurch zwei mit dem Hauptabschnitt verbundene hakenförmige Abschnitte. Anders ausgedrückt kann auch davon gesprochen werden, dass die Entlastungsfuge mit Hauptabschnitt und dem Zusatzabschnitt, der den ersten Teilabschnitt und zwei zweite Teilabschnitt aufweist, eine Art Ankerform der Entlastungsfuge bilden.

[0015] Gemäß einer zweiten Variante kann der Hauptabschnitt mittels eines dritten Teilabschnitts mit einem zweiten Teilabschnitt verbunden sein, insbesondere mit einem radial äußeren Ende des zweiten Teilabschnitts verbunden ist. Dabei kann sich an den mit dem Hauptabschnitt verbundenen zweiten Teilabschnitt der erste Teilabschnitt anschließen. Ferner kann bei dieser zweiten Variante sich an den ersten Teilabschnitt ein weiterer zweiter Teilabschnitt anschließen. Schließlich können hierbei der dritte Teilabschnitt und der sich anschließende zweite Teilabschnitt S-förmig ausgebildet sein. Insbesondere gehen der dritte Teilabschnitt und der zweite Teilabschnitt fließend ineinander über. Anders ausgedrückt ist der dritte Teilabschnitt zwischen dem Hauptabschnitt und dem einen zweiten Teilabschnitt angeordnet. Bei der zweiten Variante wird durch die Abfolge von dritten Teilabschnitt, zweitem Teilabschnitt, ersten Teilabschnitt und weiterem zweiten Teilabschnitt eine Art Hakenform oder Schleifenform der Entlastungsfuge gebildet.

[0016] "S-förmig ausgebildet" kann dabei insbesondere bedeuten, dass die betreffenden Abschnitte zusammen eine S-Form ausbilden und/oder entgegengesetzt gekrümmt sind.

[0017] In ein oder mehreren der vorgenannten Ausführungsformen kann die Entlastungsfuge die Form eines Fragezeichens ohne Punkt haben. Der Hauptabschnitt

kann in dieser und anderen Ausführungsformen in einem in Umfangsrichtung mittigen Bereich der Entlastungsfuge angeordnet sein, z.B. innerhalb eines Bereichs von 20% bis 80%, oder auch 35% bis 65% der Umfangserstreckung. Alternativ oder zusätzlich kann die Entlastungsfuge auch unverzweigt sein und/oder nur ein einziges Ende innerhalb des betreffenden vorderen bzw. hinteren Dichtwandelements aufweisen.

[0018] Damit die Kraftverteilung bzw. Spannungsverteilung optimal erfolgt, kann ein jeweiliger Übergang zwischen dem ersten Teilabschnitt und dem zweiten Teilabschnitt durch einen Übergangsabschnitt gebildet sein, wobei vorzugsweise der Übergangsabschnitt einen Übergangsradius aufweist, der kleiner als der erste Radius und kleiner als der zweite Radius ist. Dabei können die Radienübergänge im Wesentlichen tangential erfolgen, also in einem Punkt, an dem eine Tangente zu beiden benachbarten, aber unterschiedlich gekrümmten Abschnitten gebildet werden kann. Durch derartige tangentielle Radienübergänge kann sichergestellt werden, dass es entlang der unterschiedlich gekrümmten Teilabschnitte keine Sprünge in der Krümmung entstehen.

[0019] Wenigstens einem zweiten Teilabschnitt kann ein Endabschnitt zugeordnet sein. Dabei kann der Endabschnitt mit dem gleichen Radius (zweiter Radius) gekrümmt sein wie der zweite Teilabschnitt. Es ist aber auch denkbar, dass der Endabschnitt einen Radius aufweist, der kleiner ist als der zweite Radius. Dabei ist der Endabschnitt so ausgebildet, dass eine Tangente geneigt zum Hauptabschnitt verläuft, insbesondere den Hauptabschnitt schneiden würde.

[0020] Die Erfindung betrifft ferner auch eine Gasturbine, insbesondere eine Fluggasturbine, mit wenigstens einer Verdichteranordnung, einer Brennkammer und wenigstens einer Turbinenanordnung, wobei die Verdichteranordnung oder/und die Turbinenanordnung wenigstens eine Leitschaufelanordnung aufweist, die durch mehrere in Umfangsrichtung nebeneinander angeordnete Leitschaufelsegmente nach einem der vorhergehenden Ansprüche gebildet ist.

[0021] Es wird darauf hingewiesen, dass die vorliegende Erfindung auch solche Ausführungsformen umfasst, bei denen alternativ oder zusätzlich eine entsprechende Entlastungsfuge im inneren Deckband vorgesehen ist. Das innere Deckband kann ebenfalls (d.h. wie das äußere Deckband) bezogen auf die axiale Längsrichtung ein axial vorderes Dichtwandelement und ein axial hinteres Dichtwandelement umfassen, derart, dass das innere Deckband und diese beiden Dichtwände im Längsschnitt ein (umgedrehtes) wannenartiges Profil bilden. Dabei kann in diesen Ausführungsformen diese alternative oder zusätzliche radial innere Entlastungsfuge am axial vorderen oder/und hinteren Dichtwandelement (ebenfalls) mit einem Hauptabschnitt vorgesehen sein, der sich ausgehend von einem radialen Innenrand des betreffenden vorderen oder/und hinteren Dichtwandelements entlang des Dichtwandelements nach im Wesentlichen radial außen erstreckt. Diese zusätzliche oder al-

ternative radial Entlastungsfuge kann wenigstens einen sich radial außen an den Hauptabschnitt anschließenden Zusatzabschnitt aufweisen, der (ebenfalls) durch wenigstens einen gekrümmten Teilabschnitt gebildet sein kann.

[0022] Diese radial innere Entlastungsfuge kann entsprechend oder analog zu der zuvor definierten und der im Folgenden anhand der Figuren genauer beschriebenen (äußeren) Entlastungsfuge ausgebildet sein, d.h. sie kann einer gespiegelten äußeren Entlastungsfuge gemäß einer oder mehrerer der vorhergehenden und/oder nachfolgenden Ausführungsformen entsprechen oder im Wesentlichen entsprechen.

[0023] Nachfolgend wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die anliegenden Figuren beispielhaft und nicht einschränkend beschrieben.

Fig. 1 zeigt in einer vereinfachten und schematischen Perspektivdarstellung ein Leitschauelfsegment mit herkömmlichen Entlastungsfugen.

Fig. 2 zeigt in einer vereinfachten und schematischen Draufsicht eine Entlastungsfuge gemäß einer ersten Ausführungsform.

Fig. 3 zeigt in einer vereinfachten und schematischen Draufsicht eine Entlastungsfuge gemäß einer zweiten Ausführungsform.

Fig. 4 zeigt eine Abwandlung der Ausführungsform gemäß Fig. 2.

Fig. 5 zeigt das Leitschauelfsegment der Fig. 1 beispielhaft mit Entlastungsfugen gemäß der beiden Ausführungsformen der Fig. 2 und 3.

Fig. 6 zeigt vereinfacht und qualitativ Spannungsverläufe für eine herkömmliche Entlastungsfuge und für eine Entlastungsfuge gemäß der ersten Ausführungsform. □

[0024] Fig. 1 zeigt in einer vereinfachten und schematischen Perspektivdarstellung einen Ausschnitt eines Leitschauelfsegments 10. Das Leitschauelfsegment umfasst mehrere in Umfangsrichtung UR nebeneinander angeordnete Leitschauelfeln 12. In Fig. 1 ist ein in Radialrichtung RR äußeres bzw. oberes Deckband 14 des Leitschauelfsegments 10 dargestellt. bezogen auf eine Axialrichtung AR ist am Deckband 14 ein axial vorderes Dichtwandelement 18 und ein axial hinteres Dichtwandelement 20 angeordnet. Das äußere Deckband 14 und die beiden Dichtwände 16, 18 bilden im Längsschnitt ein wannenartiges Profil. In einem axial vorderen Bereich und in einem axial hinteren Bereich bilden die jeweils von der gebildeten Wanne abgewandten Seiten 20, 22 der Dichtwände 16, 18 Aufnahmen zur Verbindung des Leitschauelfsegments 10 mit weiteren nicht dargestellten Strukturbauteilen einer Gasturbine.

[0025] In dem hinteren Dichtwandelement 18 sind entlang der Umfangsrichtung mehrere Entlastungsfugen 24 angeordnet. Die in der Fig. 1 dargestellten Entlastungsfugen 24 verlaufen im Wesentlichen linear in Radialrichtung RR und entlang dem geneigten Dichtwandelement 18.

[0026] Die Entlastungsfugen 24 weisen gemäß dieser bekannten Ausgestaltung lediglich einen Hauptabschnitt 26 auf, der radial innen einen Grund 28 bzw. Fugengrund aufweist.

Wie bereits einleitend erläutert, sind die linear verlaufenden Entlastungsfugen 24 dahingehend nachteilig, dass am Grund 28 hohe Spannungen bzw. Zugkräfte auftreten, was insbesondere aus der Fig. 5 im oberen Spannungsverlaufdiagramm ersichtlich ist und mit einem weißen Pfeil gekennzeichnet ist. Diesbezügliche Untersuchungen haben für eine lineare Entlastungsfuge Werte von über 1000MPa ergeben.

[0027] Fig. 2 zeigt in einer vereinfachten und schematischen Darstellung, die man auch als Draufsicht auf das Dichtwandelement 18 bezeichnen kann, eine Entlastungsfuge 24 gemäß einer ersten Ausführungsform. Die Entlastungsfuge 24 umfasst einen Hauptabschnitt 26. Ferner umfasst die Entlastungsfuge 24 einen ersten Teilabschnitt 30 und im dargestellten Beispiel zwei zweite Teilabschnitte 32, die sich in Umfangsrichtung links und rechts an den ersten Teilabschnitt anschließen. Der erste Teilabschnitt 30 und die beiden zweiten Teilabschnitte 32 bilden gemeinsam einen Zusatzabschnitt 34, der zusammen mit dem Hauptabschnitt 26 die gesamte Entlastungsfuge 24 bildet. Der Hauptabschnitt 26 geht in den ersten Teilabschnitt 30 über, insbesondere ist der Hauptabschnitt 26 in einem bezogen auf die Umfangsrichtung UR mittleren Bereich des ersten Teilabschnitts 30 mit diesem verbunden.

[0028] Zur Verdeutlichung einer möglichen Abgrenzung der Teilabschnitte 30, 32 sind gepunktete Linien 36 eingezeichnet, die einen möglichen Übergang von dem einen in den anderen Teilabschnitt illustrieren. Es wird allerdings darauf hingewiesen, dass die hier rein schematisch eingezeichneten Linien 36 lediglich andeuten, wo ein Übergang zwischen Teilabschnitten qualitativ etwa angeordnet sein kann.

[0029] Der erste Teilabschnitt 30 weist eine nach radial innen konvexe Krümmung auf. Er ist also zum Hauptabschnitt 26 hin konkav gekrümmt. Die Krümmung wird durch einen ersten Radius R1 gebildet, der in der Fig. 2 illustrativ als gestrichelte Linie eingezeichnet ist. Betrachtet man die beiden Linien 36, welche die Ausdehnung des ersten Teilabschnitts 30 in Umfangsrichtung UR andeuten, kann auch davon gesprochen werden, dass sich der erste Teilabschnitt 30 im Wesentlichen in Umfangsrichtung UR erstreckt. Zumindest verläuft er quer zur Radialrichtung RR bzw. zum Hauptabschnitt 26. Anders ausgedrückt kann auch gesagt werden, dass der erste Teilabschnitt 30 so angeordnet bzw. gekrümmt ist, dass er eine Tangente T1 aufweist, die orthogonal zur Radialrichtung RR ausgerichtet ist.

[0030] Der zweite Teilabschnitt 32 weist eine in Umfangsrichtung vom Hauptabschnitt 26 weg konvexe Krümmung auf. Die Krümmung wird durch einen zweiten Radius R2 gebildet, der in der Fig. 2 illustrativ als gestrichelte Linie eingezeichnet ist. Der zweite Teilabschnitt 32 erstreckt sich im Wesentlichen in Radialrichtung RR. Zumindest verläuft er abschnittsweise quer zur Umfangsrichtung UR. Anders ausgedrückt kann auch gesagt werden, dass der zweite Teilabschnitt 32 so angeordnet ist, dass er eine Tangente T2 aufweist, die parallel zur Radialrichtung bzw. parallel zum Hauptabschnitt 26 ausgerichtet ist.

[0031] Der erste Radius R1 ist größer als der zweite Radius R2. In einem Bereich der jeweiligen Linien 36 bzw. der Übergänge zwischen zwei Teilabschnitten 30, 32 kann ein Übergangsabschnitt 38 vorgesehen sein. Ein solcher Übergangsabschnitt kann mit einem dritten Radius gekrümmt sein, der kleiner als der erste Radius R1 und der zweite Radius R2 ist.

[0032] Der rein schematische und vereinfacht dargestellte Krümmungsverlauf des Zusatzabschnitts 34 mit unterschiedlichen Radien der Teilabschnitte 30, 32 ist in der Realität bevorzugt so ausgeführt, dass entlang der sich ändernden Krümmungen keine Sprünge oder Stufen entstehen. Die Radienübergänge zwischen zwei benachbarten Teil- oder Übergangsabschnitten 30, 32, 38 erfolgen tangential.

[0033] Die freien Enden 39 der zweiten Teilabschnitte 32 können auch durch hier nicht genauer dargestellte Auslaufabschnitte 40 vorgesehen sein. Solche Auslaufabschnitte 40 weisen einen vierten Krümmungsradius auf, der kleiner ist als der zweite Radius R2. Die zweiten Teilabschnitte 32 bzw. deren freie Enden 39 können zum Hauptabschnitt 26 hin ausgerichtet sein. Die in Fig. 2 dargestellte Entlastungsfuge 24 weist eine Art Doppelhakenform oder Ankerform auf.

[0034] Fig. 3 zeigt eine zweite Ausführungsform einer Entlastungsfuge 24 mit dem Hauptabschnitt 26, einem ersten Teilabschnitt 30 und zwei zweiten Teilabschnitten 32. Anders als im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 ist der Hauptabschnitt 26 mittels eines dritten Teilabschnitts 42 mit dem in Umfangsrichtung UR rechten zweiten Teilabschnitt 32 verbunden. Der dritte Teilabschnitt 42 bildet zum sich anschließenden zweiten Teilabschnitt 32 eine Gegenkrümmung. Diese beiden Teilabschnitte 32, 42 bilden eine Art S-förmige Verbindung zwischen dem Hauptabschnitt 26 und dem ersten Teilabschnitt 30. Hinsichtlich der Radien, mit denen der erste Teilabschnitt 30 bzw. die zweiten Teilabschnitte 32 gekrümmt sind, gilt im Wesentlichen das Gleiche wie oben zur Ausführungsform der Fig. 2 beschrieben. Es ist klar, dass auch am Übergang zwischen dem dritten Teilabschnitt 42 und dem sich anschließenden zweiten Teilabschnitt 32 ein Übergangsabschnitt vorgesehen sein kann im Bereich der Linie 36. Gleiches gilt natürlich auch für die anderen Übergänge 38 zwischen den zweiten Teilabschnitten 32 und dem ersten Teilabschnitt 30 bei den Linien 36, wie dies oben unter Bezugnahme auf Fig. 2 bereits beschrieben wor-

den ist.

[0035] Die Entlastungsfuge 24 gemäß Fig. 3 weist an dem linken zweiten Teilabschnitt ein einziges freies Ende 39 auf. Auch dieses Ende 39 kann durch einen Auslaufabschnitt 40 gebildet sein, wie er oben unter Bezugnahme auf die Fig. 2 bereits beschreiben worden ist. Insgesamt ergibt sich für die Entlastungsfuge 24 gemäß Fig. 3 eine Art Hakenform oder Schleifenform.

[0036] Fig. 4 zeigt eine Abwandlung der Entlastungsfuge 24 gemäß Fig. 2. Es hat sich gezeigt, dass die Entlastungsfuge nicht zwingend zwei zweite Teilabschnitte 32 aufweisen muss. Vielmehr kann an dem ersten Teilabschnitt 30 auch nur einseitig ein zweiter Teilabschnitt 32 vorgesehen sein. Ob der zweite Teilabschnitt 32 in einer solchen Ausgestaltung bezogen auf die Umfangsrichtung UR links oder, wie in der Fig. 4 dargestellt, rechts am ersten Teilabschnitt 30 angeordnet ist, ist frei wählbar. Hinsichtlich der Dimensionen der Krümmungsradien gilt im Wesentlichen das Gleiche wie für die Ausgestaltung gemäß Fig. 2, ebenso auch für Übergangsbereiche zwischen den Teilabschnitten 30, 32.

[0037] Fig. 5 zeigt rein illustrativ das Leitschauelfsegment 10 der Fig. 1, wobei vereinfacht und rein illustrativ Entlastungsfugen 24 gemäß Fig. 2 und Fig. 3 eingezeichnet sind. Diese Darstellung dient lediglich dazu, die Anordnung von solchen Entlastungsfugen mit gekrümmten Teilabschnitten 30, 32 zu zeigen. Die konkrete Anzahl von Entlastungsfugen 24 an einem Leitschauelfsegment 10 ist frei wählbar. Üblicherweise werden für ein Leitschauelfsegment 10 mehrere gleichartige bzw. nur gleichartige Entlastungsfugen 24 vorgesehen. Eine Mischung von Entlastungsfugen, wie sie in Fig. 5 dargestellt sind entspricht also in der Regel nicht einer realen Ausgestaltung, sondern dient hier lediglich dem Zwecke der Illustration.

[0038] Schließlich wird noch auf Fig. 6 verwiesen, dessen oberes Spannungsbild bereits oben in dem einleitenden Teil der Figurenbeschreibung erwähnt worden ist. Das untere Bild zeigt einen typischen Spannungsverlauf für eine Entlastungsfuge 24 gemäß einer Ausführungsform, wie sie in der Fig. 2 dargestellt und dort erläutert worden ist. Es hat sich gezeigt, dass im Bereich des Übergangs von Hauptabschnitt 26 zum ersten Teilabschnitt 30 eine deutlich reduzierte Spannung auftritt durch die Ausgestaltung der Entlastungsfuge mit den gekrümmten Teilabschnitten 30, 32. Es hat sich insbesondere gezeigt, dass die Spannungen im interessierenden Bereich am radial inneren Ende des Hauptabschnitts 26 bei unter 500MPa liegen.

[0039] Vergleicht man die auftretenden Spannungen einer herkömmlichen Entlastungsfuge (oberes Diagramm) mit denjenigen einer Entlastungsfuge gemäß der vorliegenden Erfindung konnte die Anmelderin in Versuchen feststellen, dass die Spannungen im interessierenden Bereich (weißer Pfeil) um etwa das Vierfache reduziert werden konnten. Ferner hat sich auch gezeigt, dass an den freien Enden 39 der zweiten Teilabschnitte 32 keine Spannungen auftreten, bei denen ein hohes

Risiko der Rissbildung bestehen würde.

[0040] Abschließend wird noch darauf hingewiesen, dass die Entlastungsfugen 24 gemäß den hier dargestellten Beispielen (Fig. 2-4) aufgrund ihrer insgesamt größeren Gesamtlänge bzw. Gesamtausdehnung etwas mehr Fluid bzw. Gas passieren lassen, als die herkömmlichen linearen Entlastungsfugen. Diesem Effekt kann aber entgegengewirkt werden durch schmalere Ausführung der gekrümmten Entlastungsfugen. Hierdurch wird die frei durchströmbare Fläche wieder reduziert.

[0041] Insgesamt ergibt sich durch die hier vorgestellte Ausgestaltung von Entlastungsfugen mit gekrümmten Teilabschnitten die Möglichkeit, Leitschaufelsegmente bereitzustellen, die eine verbesserte bzw. verlängerte Lebensdauer aufweisen, ohne dass dabei aber wesentliche Einbußen bei der Dichtwirkung in Kauf genommen werden müssen.

[0042] In einer hier nicht dargestellten Gasturbine, insbesondere einer Fluggasturbine, kann ein Leitschaufelkranz durch mehrere oben beschriebene Leitschaufelsegmente 10 gebildet sein, die in Umfangsrichtung nebeneinander angeordnet werden. Ein derartiger Leitschaufelkranz kann dabei einer Verdichterseite oder einer Turbinenseite der Gasturbine zugeordnet sein.

Bezugszeichenliste

[0043]

10	Leitschaufelsegment
12	Leitschaufel
14	radial äußeres Deckband
16	axial vorderes Dichtwandelement
18	axial hinteres Dichtwandelement
20	axiale Vorderseite des vorderen Dichtwandelements
22	axiale Rückseite des hinteren Dichtwandelements
24	Entlastungsfuge
26	Hauptabschnitt
28	Grund
30	erster Teilabschnitt
32	zweiter Teilabschnitt
34	Zusatzabschnitt
36	Trennlinie
38	Übergangsabschnitt
39	freies Ende
40	Auslaufabschnitt
42	dritter Teilabschnitt
AR	Axialrichtung
RR	Radialrichtung
UR	Ufangsrichtung
R1	erster Radius
R2	zweiter Radius
T1	Tangente
T2	Tangente

Patentansprüche

1. Leitschaufelsegment (10) für eine Gasturbine, insbesondere Fluggasturbine, umfassend wenigstens ein radial äußeres Deckband (14) und ein radial inneres Deckband, die sich entlang eines jeweiligen Kreisbogens erstrecken und gemeinsam einen Ringabschnitt bilden, wobei in radialer Richtung (RR) zwischen dem äußeren Deckband (14) und dem inneren Deckband mehrere Leitschaufeln (12) in Umfangsrichtung (UR) nebeneinander angeordnet sind, die mit dem inneren Deckband und dem äußeren Deckband (14), vorzugsweise materialschlüssig, insbesondere einstückig, verbunden sind, wobei das äußere Deckband (14) bezogen auf eine axiale Längsrichtung (AR) ein axial vorderes Dichtwandelement (16) und ein axial hinteres Dichtwandelement (18) umfasst, derart, dass das äußere Deckband (14) und die beiden Dichtwände (16, 18) im Längsschnitt ein wannenartiges Profil bilden, wobei am axial vorderen oder/und hinteren Dichtwandelement (16, 18) wenigstens eine Entlastungsfuge (24) mit einem Hauptabschnitt (26) vorgesehen ist, der sich ausgehend von einem radialen Außenrand des betreffenden vorderen oder/und hinteren Dichtwandelements (16, 18) entlang des Dichtwandelements nach im Wesentlichen radial innen erstreckt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entlastungsfuge (24) wenigstens einen sich radial innen an den Hauptabschnitt (26) anschließenden Zusatzabschnitt (34) aufweist, wobei der Zusatzabschnitt (34) durch wenigstens einen gekrümmten Teilabschnitt (30, 32, 42) gebildet ist.
2. Leitschaufelsegment nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entlastungsfuge (24) in ihrem radial innersten Bereich in Umfangsrichtung (UR) verläuft oder/und in einem oder mehreren Endbereichen (39) endet, der bzw. die radial weiter außen liegen als ein radial innerster Bereich der Entlastungsfuge (24).
3. Leitschaufelsegment nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zusatzabschnitt (34) wenigstens einen gekrümmten ersten Teilabschnitt (30) und wenigstens einen gekrümmten zweiten Teilabschnitt (32) aufweist, die miteinander verbunden sind, oder/und dass der erste Teilabschnitt (30) mit einem ersten Radius (R1) gekrümmt ist und dass der zweite Teilabschnitt (32) mit einem zweiten Radius (R2) gekrümmt ist, wobei der erste Radius (R1) größer ist als der zweite Radius (R2).
4. Leitschaufelsegment nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Teilabschnitt (30) so angeordnet ist, dass er im Bereich des Anschlusses an den Hauptabschnitt (26) eine Tangente (T1) aufweist, die im Wesentlichen ortho-

gonal zum Hauptabschnitt (26) verläuft.

5. Leitschaufelsegment nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Teilabschnitt (30) derart konvex ausgebildet ist, dass er ausgehend vom Bereich des Anschlusses an den Hauptabschnitt nach radial außen verläuft. 5
6. Leitschaufelsegment nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Teilabschnitt (32) so angeordnet ist, dass er eine Tangente (T2) aufweist, die parallel zum Hauptabschnitt (26) verläuft. 10
7. Leitschaufelsegment nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Teilabschnitt (32) in Umfangsrichtung (UR) weg von dem Hauptabschnitt (26) konvex ausgebildet ist. 15
8. Leitschaufelsegment nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hauptabschnitt (26) mit dem ersten Teilabschnitt (30) verbunden ist, insbesondere dass der Hauptabschnitt (26) mit einem mittleren Bereich des ersten Teilabschnitts (30) verbunden ist. 20
25
9. Leitschaufelsegment nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** am ersten Teilabschnitt (30) auf in Umfangsrichtung (UR) gegenüberliegenden Seiten des Hauptabschnitts (26) ein jeweiliger zweiter Teilabschnitt (32) angeordnet ist, der mit dem ersten Teilabschnitt (30) verbunden ist. 30
10. Leitschaufelsegment nach einem der Ansprüche 2 bis 7 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hauptabschnitt (26) mittels eines dritten Teilabschnitts (42) mit einem zweiten Teilabschnitt (32) verbunden ist, insbesondere mit einem radial äußeren Ende des zweiten Teilabschnitts (32) verbunden ist. 35
40
11. Leitschaufelsegment nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich an den mit dem Hauptabschnitt (26) verbundenen zweiten Teilabschnitt (32) der erste Teilabschnitt (30) anschließt. 45
12. Leitschaufelsegment nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich an den ersten Teilabschnitt (30) ein weiterer zweiter Teilabschnitt (32) anschließt. 50
13. Leitschaufelsegment nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der dritte Teilabschnitt (42) und der sich anschließende zweite Teilabschnitt (32) S-förmig ausgebildet sind und/oder die Entlastungsfuge (24) die Form eines Fragezeichens ohne Punkt hat und/oder der Hauptabschnitt (26) in einem in Umfangsrichtung mittigen Bereich der Entlastungsfuge (24) angeordnet ist. 55

14. Leitschaufelsegment nach einem der Ansprüche 2 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein jeweiliger Übergang (36) zwischen dem ersten Teilabschnitt (30) und dem zweiten Teilabschnitt (32) durch einen Übergangsabschnitt (38) gebildet ist, wobei vorzugsweise der Übergangsabschnitt (38) einen Übergangsradius aufweist, der kleiner als der erste Radius (R1) und kleiner als der zweite Radius (R2) ist.

15. Gasturbine mit wenigstens einer Verdichteranordnung, einer Brennkammer und wenigstens einer Turbinenanordnung, wobei die Verdichteranordnung oder/und die Turbinenanordnung wenigstens eine Leitschaufelanordnung aufweist, die durch mehrere in Umfangsrichtung nebeneinander angeordnete Leitschaufelsegmente (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche gebildet ist.

Fig. 1

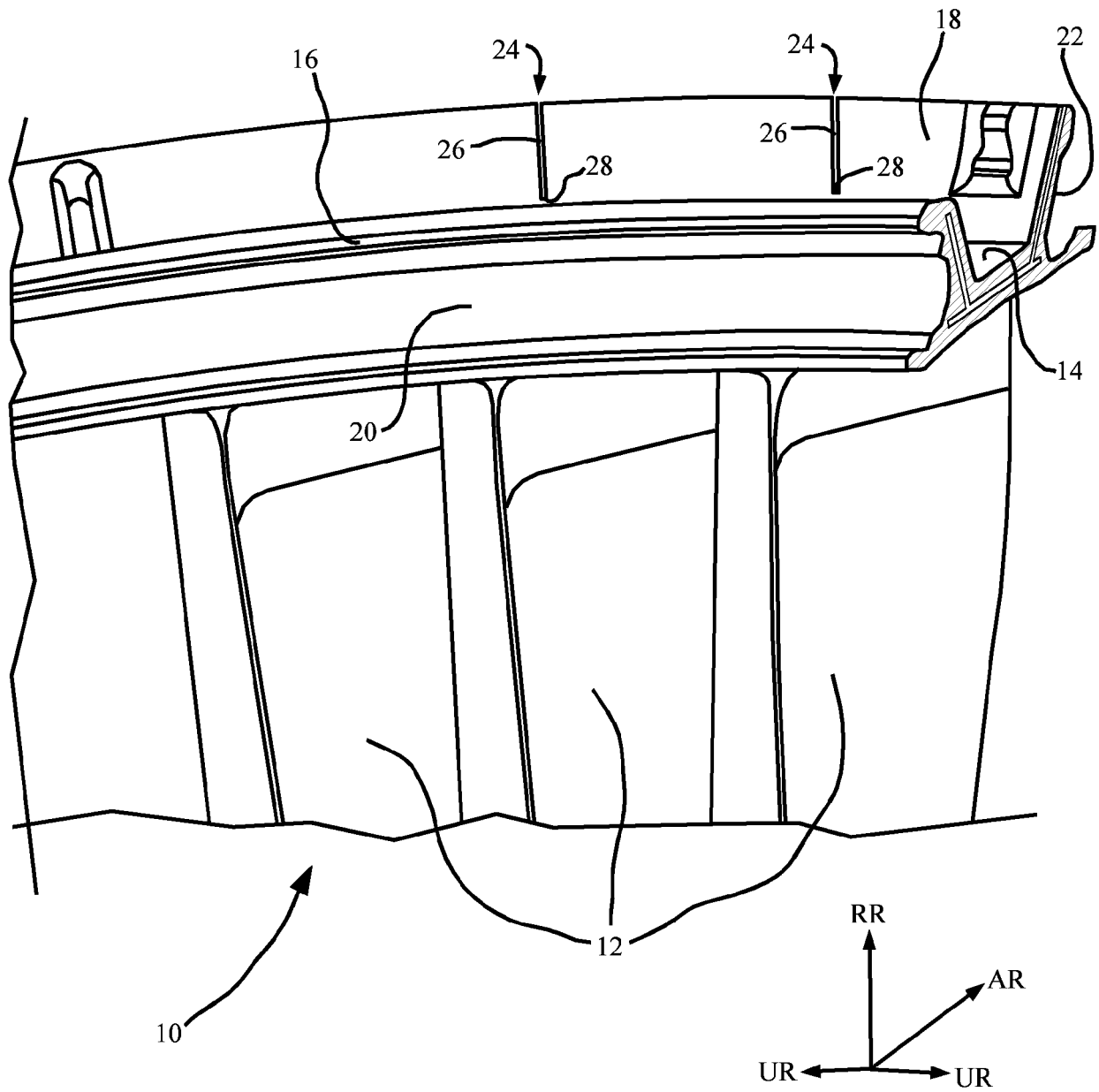


Fig. 2

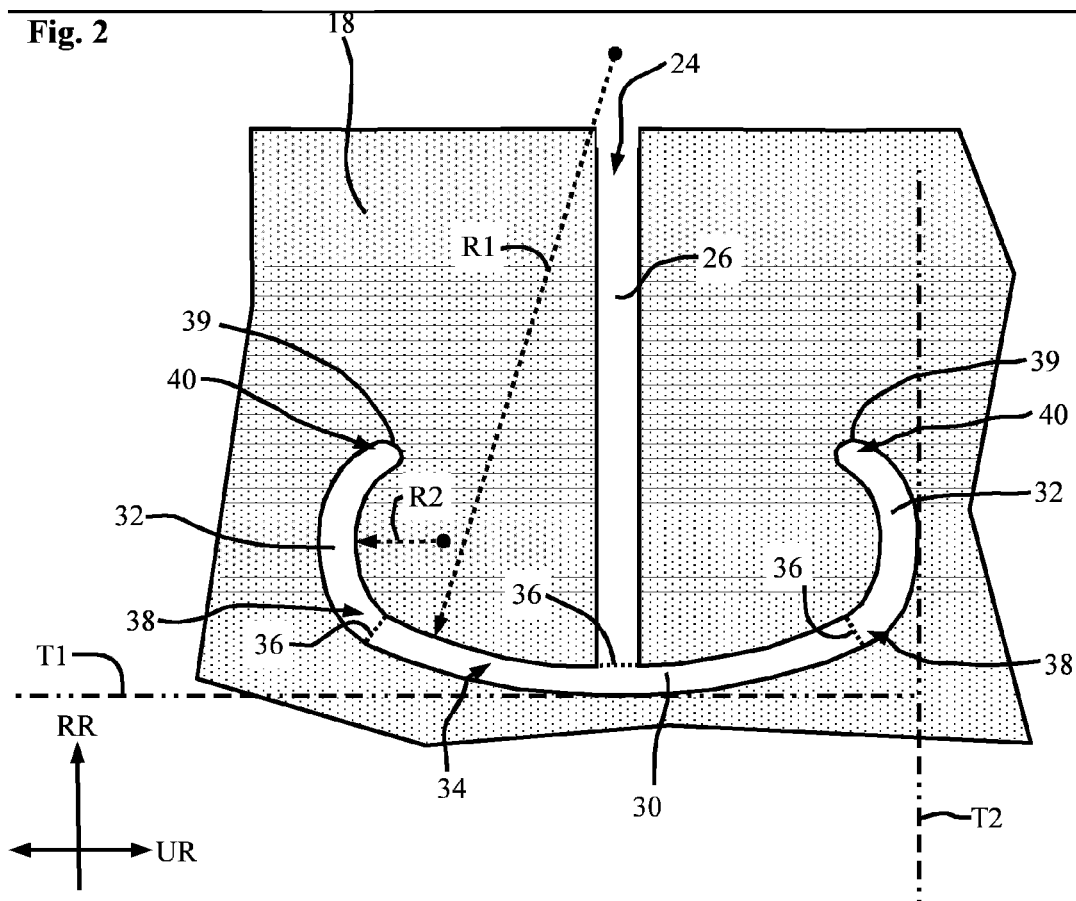


Fig. 3

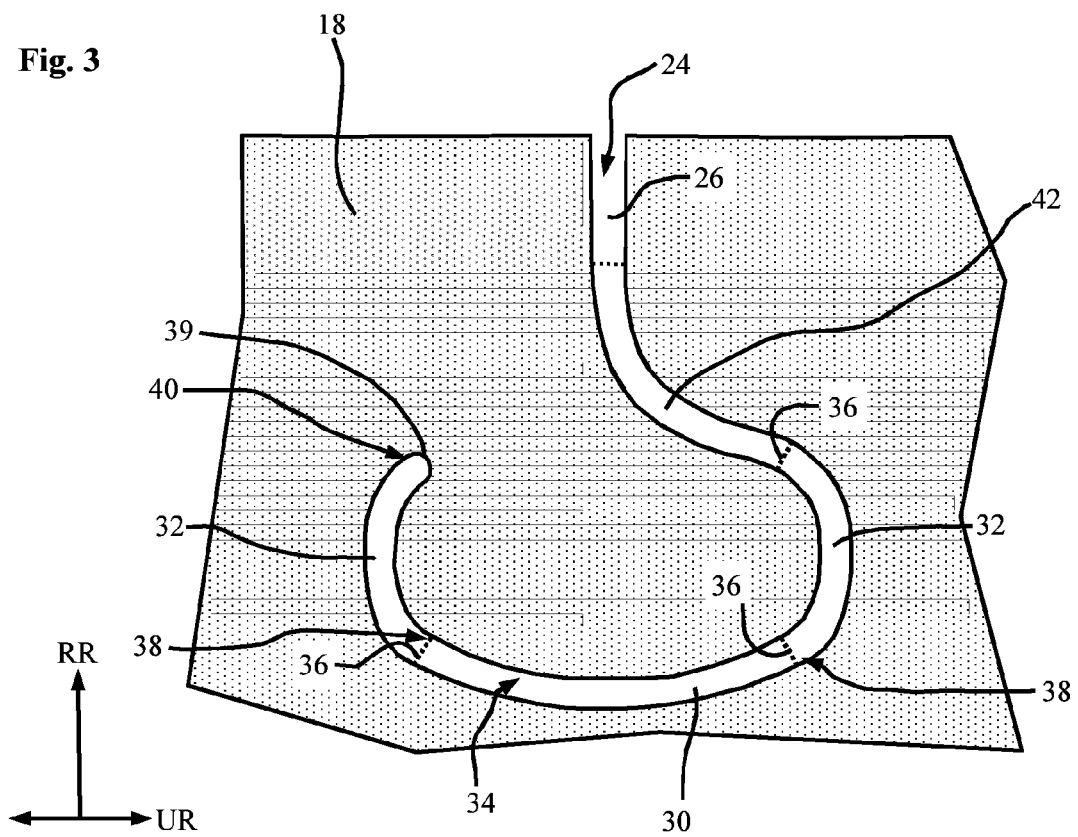


Fig. 4

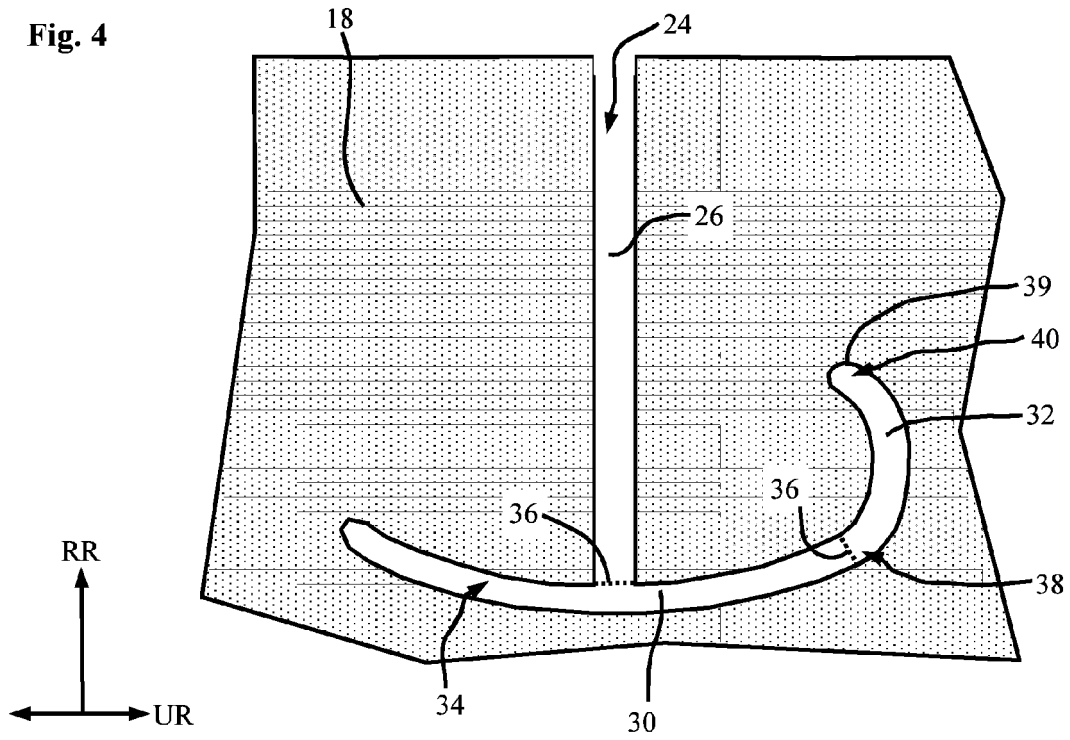


Fig. 5

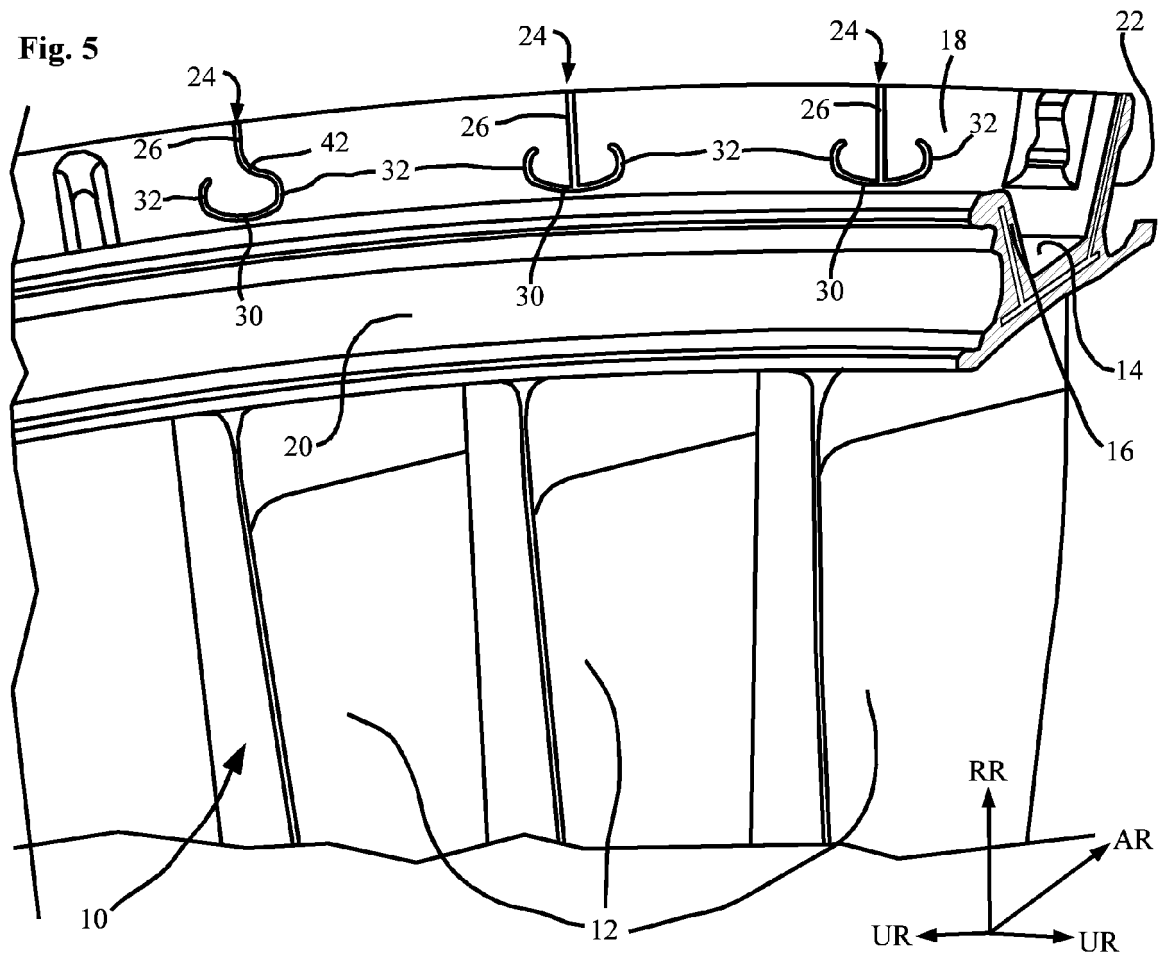
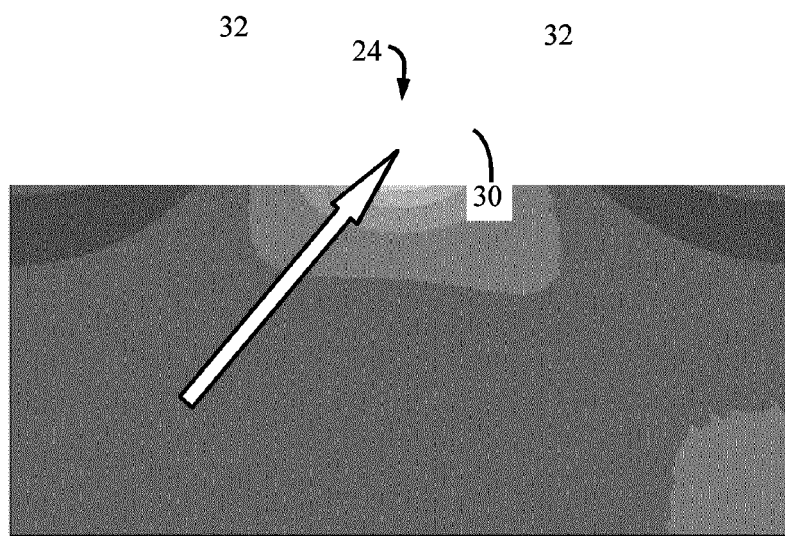
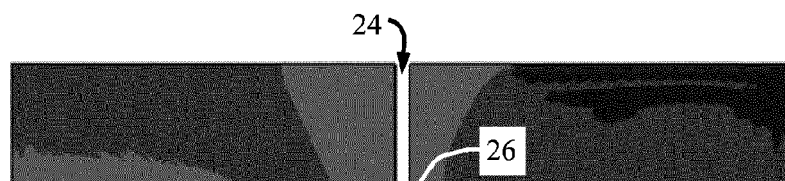
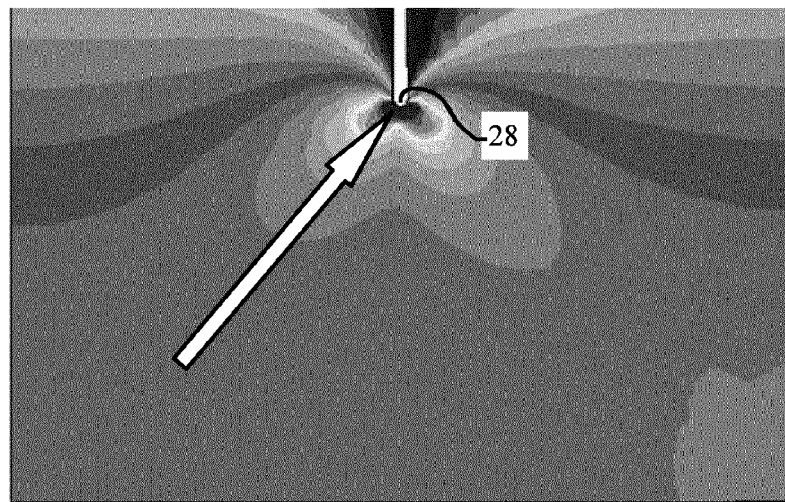
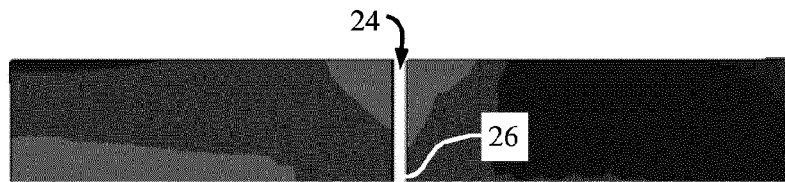


Fig. 6





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 17 9434

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	FR 2 929 983 A1 (SNECMA SA [FR]) 16. Oktober 2009 (2009-10-16) * Seiten 4-7 * * Abbildungen 1-3 *	1-15	INV. F01D9/04 F01D11/00
X	US 2015/300192 A1 (SMOKE JASON [US] ET AL) 22. Oktober 2015 (2015-10-22) * Absätze [0019] - [0028]; Abbildungen 2-5 *	1-8, 10-15	
X	US 3 781 125 A (RAHAIM T ET AL) 25. Dezember 1973 (1973-12-25) * Spalten 2,3 * * Abbildungen 2-4 *	1-15	
A	DE 10 2015 207760 A1 (SIEMENS AG [DE]) 3. November 2016 (2016-11-03) * Abbildungen 5-8 * * Absätze [0040] - [0044] *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 4. Oktober 2018	Prüfer de la Loma, Andrés
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 18 17 9434

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.

04-10-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR 2929983 A1	16-10-2009	KEINE	
US 2015300192 A1	22-10-2015	EP 2937518 A1 US 2015300192 A1	28-10-2015 22-10-2015
US 3781125 A	25-12-1973	CA 965352 A CH 576065 A5 DE 2315745 A1 FR 2179455 A5 GB 1373898 A IT 982711 B JP S498609 A JP S5017603 B2 NL 7304355 A SE 379079 B US 3781125 A	01-04-1975 31-05-1976 18-10-1973 16-11-1973 13-11-1974 21-10-1974 25-01-1974 23-06-1975 09-10-1973 22-09-1975 25-12-1973
DE 102015207760 A1	03-11-2016	DE 102015207760 A1 EP 3256783 A1 WO 2016173920 A1	03-11-2016 20-12-2017 03-11-2016

EPO FORM P0461

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