(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 902 164 B1

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
**02.04.2003 Patentblatt 2003/14**

(51) Int Cl.[7]: **F01D 5/08**

(21) Anmeldenummer: **97810660.7**

(22) Anmeldetag: **15.09.1997**

(54) **Plattformkühlung für Gasturbinen**

Cooling of the shroud in a gas turbine

Refroidissement de la platte-forme dans les turbines à gas

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**DE**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
**17.03.1999 Patentblatt 1999/11**

(73) Patentinhaber: **ALSTOM (Switzerland) Ltd**
**5401 Baden (CH)**

(72) Erfinder:
- **Anderson, Gordon**
  **5400 Baden (CH)**
- **Hall, Keneth**
  **Gainsville, GA30506 (US)**
- **Hock, Michael**
  **80791 München (DE)**
- **Tarada, Fathi, Dr.**
  **3122 Kehrsatz (CH)**
- **Weigand, Bernhard, Dr.**
  **79761 Waldshut-Tiengen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A- 0 037 897**
**GB-A- 2 119 027**
**GB-A- 2 122 690**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 902 164 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

## Beschreibung

### Technisches Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft Gasturbinen im allgemeinen. Im besonderen betrifft sie eine Plattformkühlung mit einer einem Heißgasstrom ausgesetzten Leitschaufelplattform, die durch einen Spalt von einem stromaufwärts angeordneten Brennkammersegment getrennt ist.

### Stand der Technik

**[0002]** Eine solche Konfiguration ist aus der GB-A-2 119 027 bekannt.

**[0003]** Um eine maximale Turbinenleistung zu erzielen, ist es vorteilhaft, bei den höchstmöglichen Gastemperaturen zu arbeiten. In modernen Gasturbinen sind dabei die Temperaturen so hoch, daß viele Bauteile gekühlt werden müssen, da sonst die für eine maximale Haltbarkeit zulässige Temperatur der Bauteile überschritten würde. Eine geeignete Auslegung und/oder Kühlung kritischer Bauteile ist daher in modernen Gasturbinen von entscheidender Bedeutung. Das Kühlungsproblem von Plattformen tritt in Ringbrennkammern verstärkt auf, da diese ein sehr gleichmäßiges radiales Temperaturprofil am Eingang zur Turbine erzeugen.

**[0004]** Wegen des radial gleichmäßigeren Temperaturprofils am Turbineneintritt nimmt die Wärmebelastung der dort angebrachten Turbinenkomponenten, wie etwa den Plattformen und Deckbändern zu. Insbesondere die Plattformen der Eintrittsleitschaufeln direkt am Turbineneintritt sind einer extrem hohen thermischen Beanspruchung ausgesetzt. Aus der Brennkammer dringt heißes Gas in die Zwischenräume zwischen den letzten Brennkammersegmenten und den Plattformen der Eintrittsleitschaufeln ein und belastet dort die Bauteile stark. Während die Schaufel und die dem Heißgasstrom direkt ausgesetzten Oberflächen in der Regel ausreichend gekühlt und aus temperaturbeständigen Materialien gefertigt sind, gilt dies oft nicht für die Innenflächen des Spalts. Dies führt zu einer verminderten Lebensdauer, oft auch zu einer Beschädigung der an den Spalt angrenzenden Bauteile. Wird andererseits die Betriebstemperatur der Heißgases verringert, so resultiert hieraus eine verminderten Wirtschaftlichkeit der Turbine.

### Darstellung der Erfindung

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für die einem Heißgasstrom ausgesetzten Leitschaufelplattformen eine Kühlvorrichtung zu schaffen, welche die thermische Belastung dieser Plattformen, insbesondere an der vom Heißgasstrom beaufschlagten Vorderseite, mit möglichst einfachen Mitteln effektiv reduziert.

**[0006]** Diese Aufgabe löst die Erfindung durch die im unabhängigen Anspruch 1 angegebene Plattformkühlung. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen, der Beschreibung und den Ausführungsbeispielen.

**[0007]** Vor jeder Leitschaufel bildet sich in der homogenen Heißgasströmung eine Region hohen Drucks aus, während der Druck zwischen den Leitschaufeln niedriger als der durchschnittliche Druck ist. Daraus resultiert vor jeder Leitschaufel eine Bugwelle mit maximalem Druck direkt vor der Vorderkante der Schaufel. Der Staudruck vor der Nase ist höher als der Druck im Zwischenraum zwischen dem letzten Brennkammersegment und der Leitschaufelplattform. Das Heißgas strömt also radial in den Zwischenraum, und entlang des Umfangs der Brennkammer von der Schaufel weg. In einer Region zwischen den Schaufeln ist der Druck im Zwischenraum größer als auf der Plattform, und das Heißgas strömt dort wieder aus dem Zwischenraum heraus. Dieser Heißgaseinbruch in den Spalt zwischen Brennkammersegment und Plattform für zu einer hohen thermischen Belastung der Innenseiten des Brennkammersegments, der Plattform, sowie deren Träger.

**[0008]** Hier schafft die erfindungsgemäße Plattformkühlung Abhilfe. Die Leitschaufelplattformen, die dem Heißgasstrom ausgesetzt sind, sind durch einen Spalt von den letzten Segmenten der Brennkammer getrennt. Erfindungsgemäß wird durch geeignete geometrische Anordnung von Brennkammersegment und Plattform und/oder durch geeignetes Anbringen von Kühlbohrungen der einbrechende Heißgasstrom durch die Kühlluftströmung unterbrochen und verdünnt.

**[0009]** Erfindungsgemäß sind in jedem Brennkammersegment eine oder mehrere Segmentkühlbohrungen angebracht. Diese Segmentkühlbohrungen verbinden eine bevorzugt im Bereich des Brennkammersegments befindliche Kühlluftkammer mit dem Spalt und führen so Kühlluft in den Zwischenraum zwischen Brennkammersegment und Leitschaufelplattform. Die Oberfläche der Leitschaufelplattform ist nun erfindungsgemäß auf der stromabwärtigen Seite im Bereich des Spalts so ausgestaltet, daß die Achsen der Segmentkühlbohrungen etwa tangential zu besagter Oberfläche verlaufen. Der aus den Segmentkühlbohrungen austretenden Kühlluftstrom ist so nicht auf den Bereich des Spalts beschränkt, sondern fließt wegen des flachen Winkels mit wenig Widerstand nahezu tangential über besagte Oberfläche der Leitschaufelplattform auf die dem Heißgas ausgesetzte Fläche der Plattform. Die Kühlluft strömt somit gegen das in den Spalt einbrechende Heißgas, vermindert so den Einbruch und verdünnt das Heißgas mit kühlerem Gas. Darüber hinaus tritt die Kühlluft aus dem Spalt in flachem Winkel aus und versorgt die dem Heißgas ausgesetzte Außenseite der Plattform mit einem Kühlfilm. Durch den flachen Winkel werden Verwirbelungen und damit aerodynamische Verluste möglichst gering gehalten.

**[0010]** Die erfindungsgemäße Plattformkühlung ist

auf äußere wie innere Leitschaufelplattformen gleichermaßen anwendbar. Um die Erfindung näher zu beschreiben, werden im folgenden verschiedene Winkel zwischen den Teilen der Plattformkühlung eingeführt, die relativ zur Horizontalen gemessen sind. Dabei wird zur Beschreibung die Plattform in Seitenansicht so orientiert, daß die Blickrichtung, die Oberflächennormale auf die Plattform und die Richtung des Heißgasstroms ein Rechtssystem bilden. Die horizontale Ebene wird durch die Blickrichtung und die Heißgasstromrichtung aufgespannt. Die Winkel werden, wie üblich, gegen den Uhrzeigersinn positiv, im Uhrzeigersinn negativ gemessen. Durch diese Konventionen ist eine einheitliche Beschreibung für äußere und innere Plattformen möglich. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf äußere und innere Plattformen gleichermaßen.

**[0011]** Bei der erfindungsgemäßen Plattformkühlung bilden die Achsen der Segmentkühlbohrungen des Brennkammersegments mit der Horizontalen einen Winkel $\delta$, die oben beschriebene Oberfläche der Leitschaufelplattform ist bevorzugt so ausgebildet, daß sie im Bereich des Spalts mit der Horizontalen einen Winkel $\beta$ einschließt. In einem Aspekt der Erfindung werden nun die Segmentkühlbohrungen und die Oberfläche so aufeinander abgestimmt, daß $\delta$ zwischen etwa $\beta + 10°$ und etwa $\beta - 40°$, bevorzugt zwischen etwa $\beta$ und etwa $\beta - 30°$ liegt. Die Segmentkühlbohrung ist also meist etwas weiter zur Horizontalen hin geneigt als die Leitschaufelplattform-Oberfläche im Bereich des Spalts, und bleibt innerhalb von 40°, bevorzugt innerhalb von 30° des Winkels der Oberfläche. Dies stellt sicher, daß der austretende Kühlluftstrom in flachem Winkel an der Oberfläche entlangstreicht.

**[0012]** Sowohl die Plattformkühlbohrungen als auch die Segmentkühlbohrungen können als zylindrische Bohrungen, oder als Trichterbohrungen, also als zylindrische Bohrungen mit einer trichterförmigen Öffnung, ausgebildet sein. Durch die Verwendung von Trichterbohrungen läßt sich die durch die austretende Kühlluft überdeckte Breite stark vergrößern und somit die Gefahr eines lokalen Heißgaseinbruchs deutlich reduzieren. Weiterhin führt die Ausbildung als Trichterbohrungen zu einer kleiner Austrittsgeschwindigkeit des Kühlstrahls und damit zu sehr geringen aerodynamischen Verlusten.

**[0013]** In einem weiteren Aspekt sind zusätzlich in der Leitschaufelplattform eine oder mehrere Plattformkühlbohrungen angebracht, deren Achsen mit der Horizontalen einen Winkel $\alpha$ einschließen. Diese Plattformkühlbohrungen verbinden eine bevorzugt im Bereich des Leitschaufelplattform befindliche Kühlluftkammer mit dem Spalt. Dabei ist bevorzugt, daß der Winkel $\alpha$ kleiner als oder etwa gleich groß wie $\beta$ ist. Dabei ist sogar möglich, daß $\alpha$ ein zu $\beta$ entgegengesetztes Vorzeichen aufweist, also $\beta$ positiv und $\alpha$ negativ ist.

**[0014]** In einem weiteren Aspekt der Erfindung ist vorteilhaft eine Lippe am Brennkammersegment angebracht, die sich über den Spalt in Richtung der Leitschaufelplattform erstreckt. Diese Lippe reduziert den effektiven Querschnitt des Spalts und verringert so den Heißgaseinbruch. Die Lippe überdeckt in der Erfindung etwa 5% bis etwa 70%, bevorzugt etwa 10% bis etwa 60% der Spaltbreite. Die Lippe wird durch den Heißgasstrom thermisch stark belastet und wird daher vorteilhaft durch den Kühlluftstrom der Segmentkühlbohrungen gekühlt. Die Lippe wird so weit als möglich über den Spalt ausgedehnt, solange die Kühlung ausreicht, um ein Abbrennen der Lippe zu verhindern.

**[0015]** Die von dem Kühlluftstrom der Plattformkühlbohrungen beaufschlagten Bereiche des Brennkammersegments weisen in einer weiteren Ausführungsform vorteilhaft eine konkave Aussparung oder eine konkave Krümmung auf. Dabei kann es sich einerseits um eine Aussparung in einer ansonsten planen Fläche handeln, andererseits kann auch die Innenfläche des Brennkammersegment selbst konkav gekrümmt sein. Vorteilhaft geschieht dies in einer Ausgestaltung mit einer Lippe dergestalt, daß die konkave Krümmung in die Lippe übergeht.

**[0016]** Durch die Aussparung wie durch die Krümmung wird der Kühlluftstrom umgelenkt und in Richtung auf die dem Heißgas ausgesetzte Oberfläche geführt. Bevorzugt werden Plattformkühlbohrungen und Segmentkühlbohrungen so angeordnet, daß sich ihre Kühlluftströme nicht schneiden, so daß möglichst wenig Verwirbelungen entstehen. Dies wird durch unterschiedliche radiale Position der Bohrungsöffnungen erreicht und/oder durch eine alternierende Anordnung von Plattform- und Segmentkühlbohrungen in einer Richtung senkrecht zu deren Achsen, also entlang des Umfangs einer Ringbrennkammer. Eine unterschiedliche radiale Position der Bohrungen wird vorteilhaft so gestaltet, daß die von dem Kühlluftstrom der Plattformkühlbohrungen beaufschlagten Bereiche des Brennkammersegments weiter von der dem Heißgasstrom ausgesetzten Oberfläche entfernt liegen, als die Öffnungen der Segmentkühlbohrungen.

**[0017]** Da gefunden wurde, daß der Heißgaseinbruch sehr empfindlich von der Größe des Spalts abhängt, besteht ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung darin, die Spaltbreite zwischen Brennkammersegment und Leitschaufelplattform durch verschiedene Maßnahmen bei der Fertigung möglichst zum minimieren. Dabei kann die Leitschaufelplattform sowohl die äußere als auch die innere Plattform einer Leitschaufel sein. Darüber hinaus ist es von Vorteil, das Brennkammersegment und die Plattform so anzuordnen, daß die Spaltbreite sich im Betrieb, also unter Berücksichtigung der thermischen Ausdehnungen der verschiedenen Komponenten möglichst wenig ändert. So ist es vorteilhaft, wenn das Brennkammersegment und die Plattform an einem gemeinsamen Träger befestigt sind. Weiter werden bei der Fertigung der Teile vorteilhaft Maschinenschablonen verwendet, die ein passgenaues Bearbeiten etwa der Lippe und der Aufhängungshaken ermöglichen. Zudem werden bei der Bearbeitung vorteilhaft

Bezugspunkte nahe den kritischen Elementen, wie etwa der Lippe eingesetzt. Durch solche und zusätzliche, in Rahmen des Könnens des Fachmanns liegende Maßnahmen wird eine Spaltbreite von weniger als 5 mm, bevorzugt von weniger als 2 mm erreicht.

## Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0018]** Die Erfindung soll nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 ein schematische perspektivische Ansicht der Leitschaufelplattformen einer Gasturbine;
Fig. 2 eine Seitenansicht einer Leitschaufelplattform entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;
Fig. 3 eine Untersicht der Plattform aus der Richtung 3-3 von Fig. 2;
Fig. 4 eine Seitenansicht einer Leitschaufelplattform entsprechend einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung aus der in Fig. 1 angegebenen Blickrichtung;
Fig. 5 eine Detailansicht einer Leitschaufelplattform entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

**[0019]** Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt. Nicht gezeigt sind beispielsweise der vollständige Leitschaufelring, die Brennkammer und das Abgasgehäuse der Gasturbine mit Abgasrohr und Kamin.

## Wege zur Ausführung der Erfindung

**[0020]** Figur 1 zeigt eine schematische Ansicht mehrerer Leitschaufelplattformen 10 nach dem Stand der Technik. Zwischen je einer oberen und einer unteren Plattform 10 befindet sich ein Schaufelelement 12, das den von der Brennkammer kommenden Heißgasstrom 20 umlenkt. Vor jeder Leitschaufel 12 bildet sich ein Gebiet 14 mit maximalem Druck direkt vor der Vorderkante der Schaufel. Der Staudruck vor der Vorderkante ist höher als der mittlere Druck 16 im Zwischenraum zwischen dem letzten Brennkammersegment und der Leitschaufelplattform 10. Das Heißgas strömt an den unteren Plattformen radial in den Zwischenraum nach innen (Bezugszeichen 18) und entlang des Umfangs der Brennkammer von der Schaufel weg. An den oberen Plattformen strömt das Heißgas entsprechend radial nach außen in den Zwischenraum. In einer Region zwischen den Schaufeln ist der Druck 16 im Zwischenraum größer als auf der Plattform, so daß das Heißgas dort aus dem Zwischenraum herausströmt. Dieser Heißgaseinbruch 18 führt zu einer hohen thermischen Belastung der an den Spalt grenzenden Oberflächen. So besteht beispielsweise der angrenzende Leitschaufelträger oft aus niedrig legiertem Stahl und ist wesentlich weniger hitzebeständig als die direkt dem Heißgasstrom ausgesetzten Komponenten.

**[0021]** Figur 2 zeigt eine Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Plattformkühlung für eine obere Plattform 30. Die Blickrichtung und Orientierung der Plattform zur korrekten Definition der auftretenden Winkel ist in Fig. 1 links dargestellt. Dabei bilden die Blickrichtung ("Blick (Fig. 2)"), die Oberflächennormale auf die Plattform ("N") und die Heißgasstromrichtung ("HG") wie in Fig. 1 gezeigt ein Rechtssystem. Figur 2 zeigt eine obere Plattform 30, ein Brennkammersegment 40, einen Leitschaufelträger 52 und ein Schaufelelement 12. Die obere Plattform 30 ist durch einen Spalt 36 vom Brennkammersegment 40 getrennt. Sowohl das Brennkammersegment 40 als auch die Plattform 30 sind mit Haken 46 bzw. 38 in denselben Leitschaufelträger 52 eingehängt.

**[0022]** Die dem Spalt 36 zugewandte Seite des Brennkammersegments 40 bildet mit der Horizontalen einen Winkel $\gamma$, so daß auch die Achse des Spalts 36 einen Winkel $\gamma$ mit der Horizontalen einschließt. Eine Reihe von Segmentkühlbohrungen 42 verbinden die Kühlkammer 44 mit dem Spalt 36, wobei jede der Achsen einen Winkel $\delta$ mit der Horizontalen einschließt. Die am Spalt gegenüberliegende Fläche der Plattform 30 ist so ausgestaltet, daß sie einen Winkel $\beta$ mit der Horizontalen bildet (Bezugszeichen 34). Die Winkel $\beta$ und $\delta$ werden so gewählt, daß die Segmentkühlbohrungen etwas mehr zur Horizontalen hin geneigt liegen als die Oberfläche 34, daß aber der Kühlluftstrom der Segmentkühlbohrungen 42 etwa tangential an der Oberfläche 34 entlangströmt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist $\delta$ zu etwa 25°, und $\beta$ zu etwa 30° gewählt. Der Kühlluftstrom der Segmentkühlbohrungen 42 strömt also in flachem Winkel an der Oberfläche 34 entlang und gelangt auf die dem Heißgasstrom 20 ausgesetzte Fläche der Plattform 30.

**[0023]** In der Plattform 30 sind eine Reihe von Plattformkühlbohrungen 32 angebracht, welche die Kühlkammer 39 mit dem Spalt 36 verbinden, wobei jede der Achsen der Plattformkühlbohrungen einen Winkel $\alpha$ mit der Horizontalen einschließt. in dem Bereich des Brennkammersegments, der von dem Kühlluftstrom der Plattformkühlbohrungen beaufschlagt wird, ist eine konkave Aussparung 48 angebracht, die den Kühlluftstrom umlenkt, und in Richtung auf das dem Heißgasstrom ausgesetzte Volumen leitet.

**[0024]** Erfindungsgemäß sind die Winkel $\alpha, \beta, \gamma$ so gewählt, daß $\beta$ zwischen $\alpha$ und $\gamma$ liegt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist $\gamma$ etwa 45°, $\beta$ etwa 30°, und $\alpha$ etwa 20°. Durch diese Wahl der Beziehungen zwischen den Winkeln $\gamma$ und $\beta$ wird erreicht, daß die Spaltbreite nicht wesentlich von geometrischen Toleranzen und/oder Verschiebungen durch thermische Ausdehnungen (Bezugszeichen 50) beeinflußt wird.

**[0025]** Die Lage der Achsen der Segmentkühlbohrungen 42 und der Plattformkühlbohrungen 32 entlang der Umfangs der Ringbrennkammer ist in der Untersicht

von Fig. 3 gezeigt. Die Bohrungen sind entlang des Umfangs alternierend und gegeneinander versetzt angeordnet. Darüber hinaus sind sie, wie in Fig. 2 gezeigt, auch radial gegeneinander versetzt. Diese Maßnahmen führen dazu, daß sich die Kühlluftströme der Segmentkühlbohrungen 42 und der Plattformkühlbohrungen 32 nicht schneiden, so daß Verwirbelungen und damit aerodynamische Verluste möglichst vermieden werden.

**[0026]** Sowohl die Plattformkühlbohrungen 32 als auch die Segmentkühlbohrungen 42 können als zylindrische Bohrungen, oder als Trichterbohrungen ausgebildet sein. Ein Vorteil der Verwendung von Trichterbohrungen besteht in der breiteren Überdeckung des Kühlfilms und in der kleineren Austrittsgeschwindigkeit des Kühlstrahls aus den Bohrungen. Die kleine Austrittsgeschwindigkeit resultiert in sehr geringen aerodynamischen Verlusten.

**[0027]** Figur 4 zeigt eine Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Plattformkühlung für eine untere Plattform 60. Die Blickrichtung und Orientierung der Plattform zur korrekten Definition der auftretenden Winkel ist in Fig. 1 rechts gezeigt. Dabei bilden die Blickrichtung ("Blick (Fig. 4)"), die Oberflächennormale ("N") und die Heißgasstromrichtung ("HG") wie in Fig. 1 gezeigt ein Rechtssystem. Wie weiter oben definiert, werden Winkel gegen den Uhrzeigersinn positiv, Winkel im Uhrzeigersinn negativ gemessen.

**[0028]** Die untere Plattform 60 wird durch einen Spalt 66 von einem Brennkammersegment 70 getrennt. Plattform 60 und Brennkammersegment 70 sind auf einem gemeinsamen Träger 82 befestigt. Eine Reihe von Segmentkühlbohrungen 72 verbindet unter einem Winkel $\delta$ die Kühlkammer 74 mit dem Spalt 66, und eine Reihe von Plattformkühlbohrungen 62 verbindet die Kühlkammer 69 mit dem Spalt 66 unter einem Winkel $\alpha$. Die Oberfläche der Plattform 60 schließt im Bereich des Spalts einen Winkel $\beta$ mit der Horizontalen ein (Bezugszeichen 64). Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist $\beta$ zu etwa 30° und $\delta$ zu etwa 25° gewählt. Dadurch strömt der Kühlluftstrom der Segmentkühlbohrungen 72 in flachem Winkel an der Oberfläche 64 entlang und gelangt auf die dem Heißgasstrom 20 ausgesetzte Fläche der Plattform 60. Der Winkel $\alpha$ ist in diesem Ausführungsbeispiel zu etwa -15° gewählt. Die Plattformkühlbohrungen 62 blasen damit ebenfalls Kühlluft in Richtung auf das offene Ende des Spalts 66. Durch die Lippe 79 wird dieser Kühlluftstrom umgelenkt und verläßt den Spalt im wesentlichen parallel zum Heißgasstrom 20. Die Lippe 79 spannt sich über die Öffnung des Spalts 66 und verringert damit dessen effektive Breite. Dies führt zu einer weiteren Reduktion des Heißgaseinbruchs in den Spalt 66. Die Lippe 79 wird möglichst weit über den Spalt 66 gezogen, und wird, um ein Abbrennen zu vermeiden, durch den Kühlluftstrom der Segmentkühlbohrung 72 gekühlt.

**[0029]** Eine vorteilhafte Anordnung der Bohrungen und der Lippe eines weiteren Ausführungsbeispiels ist im Detail in Fig. 5 gezeigt. Die dem Spalt 66 zugewandte Innenseite des Brennkammersegments 70 ist zusammen mit der Lippe 79 so ausgestaltet, daß eine konkave Krümmung 78 der Innenseite entsteht. Dadurch wird der Kühlluftstrom 92 der Plattformkühlbohrung 62 so umgelenkt, daß er den Spalt 66 etwa parallel zur Heißgasströmung 20 verläßt. Der Abstand H von Segmentkühlbohrung 72 und Plattformkühlbohrung 62 ist so gewählt, daß sich die Kühlluftströme 90 und 92 nicht schneiden. Dies ist der Fall, wenn H so gewählt wird, daß bei einer Spaltbreite S, der Winkel $\alpha$ betragsmäßig kleiner als arctan (H/S) ist.

**[0030]** Die Lage der Achsen der Segmentkühlbohrungen 72 und der Plattformkühlbohrungen 62 entlang des Umfangs ist bei diesem Ausführungsbeispiel analog zu der Untersicht von Fig. 3. Auch hier sind die Bohrungen entlang des Umfangs alternierend und gegeneinander versetzt angeordnet, wodurch sich die Kühlluftströme der Segmentkühlbohrungen 72 und der Plattformkühlbohrungen 62 nicht schneiden, so daß Verwirbelungen und damit aerodynamische Verluste möglichst vermieden werden. Auch hier können sowohl die Plattformkühlbohrungen 62 als auch die Segmentkühlbohrungen 72 als zylindrische Bohrungen, oder als Trichterbohrungen ausgebildet sein.

**Bezugszeichenliste**

**[0031]**

| | |
|---|---|
| 10 | Plattform |
| 12 | Schaufel |
| 14 | Druck in Bugwelle |
| 16 | mittlerer Druck |
| 18 | Heißgaseinbruch |
| 20 | Heißgasstrom |
| 30 | Plattform |
| 32 | Plattformkühlbohrung |
| 34 | Oberfläche der Plattform im Bereich des Spalts |
| 36 | Spalt |
| 38 | Haken der Plattform |
| 39 | Kühlkammer |
| 40 | Brennkammersegment |
| 42 | Segmentkühlbohrung |
| 44 | Kühlkammer |
| 46 | Haken des Brennkammersegments |
| 48 | Aussparung |
| 50 | Richtung der Verschiebung |
| 52 | Leitschaufelträger |
| 60 | untere Plattform |
| 62 | Plattformkühlbohrung |
| 64 | Oberfläche der Plattform im Bereich des Spalts |
| 66 | Spalt |
| 69 | Kühlkammer |
| 70 | Brennkammersegment |
| 72 | Segmentkühlbohrung |

74 Kühlkammer
78 konkave Krümmung
79 Lippe
80 Richtung der Verschiebung
82 Leitschaufelträger
90, 92 Kühlluftströme

**Patentansprüche**

1. Plattformkühlung mit einer einem Heißgasstrom (20) ausgesetzten Leitschaufelplattform (30; 60), die durch einen Spalt (36; 66) von einem stromaufwärts angeordneten Brennkammersegment (40; 70) getrennt ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** in dem Brennkammersegment (40; 70) eine oder mehrere Segmentkühlbohrungen (42; 72) angebracht sind, die eine Kühlluftkammer (44; 74) mit dem Spalt (36; 66) verbinden, und daß die Leitschaufelplattform (30; 60) auf der stromabwärtigen Seite im Bereich des Spalts (36; 66) eine Oberfläche (34; 64) aufweist, dergestalt, daß die Achsen der einen oder mehreren Segmentkühlbohrungen (42; 72) etwa tangential zu besagter Oberfläche (34; 64) verlaufen.

2. Plattformkühlung nach Anspruch 1, bei der die Achsen der einen oder mehreren Segmentkühlbohrungen (42; 72) mit der Horizontalen einen Winkel $\delta$ einschließen, besagte Oberfläche (34; 64) im Bereich des Spalts (36; 66) einen Winkel $\beta$ mit der Horizontalen einschließt, wobei der Winkel $\delta$ zwischen etwa $\beta$ und etwa ($\beta$ - 30°) liegt.

3. Plattformkühlung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei der die Segmentkühlbohrungen (42; 72) als zylindrische Bohrungen oder als Trichterbohrungen ausgebildet sind.

4. Plattformkühlung nach einem der Ansprüche 2 oder 3, bei der in der Leitschaufelplattform (30; 60) eine oder mehrere Plattformkühlbohrungen (32; 62) angebracht sind, die eine Kühlluftkammer (39; 69) mit dem Spalt verbinden, die Achsen der einen oder mehreren Plattformkühlbohrungen (32; 62) mit der Horizontalen einen Winkel $\alpha$ einschließen, wobei der Winkel $\alpha$ kleiner als oder etwa gleich groß wie der Winkel $\beta$ ist.

5. Plattformkühlung nach Anspruch 4, bei der die Plattformkühlbohrungen (32; 62) als zylindrische Bohrungen oder als Trichterbohrungen ausgebildet sind.

6. Plattformkühlung nach einem der Ansprüche 4 oder 5, bei der die Segmentkühlbohrungen (42; 72) und die Plattformkühlbohrungen (32; 62) in Umfangsrichtung alternierend und gegeneinander versetzt angeordnet sind.

7. Plattformkühlung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei der an dem Brennkammersegment (70) eine sich in Richtung der Leitschaufelplattform erstrekkende Lippe (79) angebracht ist.

8. Plattformkühlung nach Anspruch 7, bei der die Lippe (79) etwa 10% bis etwa 60% der Spaltbreite überdeckt.

9. Plattformkühlung nach einem der Ansprüche 4 bis 8, bei der die dem Spalt (36; 66) zugewandte Seite des Brennkammersegments (40; 70) in den von dem Kühlluftstrom (92) der Plattformkühlbohrungen (32; 62) beaufschlagten Bereichen eine konkave Aussparung (48) oder eine konkave Krümmung (78) aufweist.

10. Plattformkühlung nach Anspruch 9, bei der die Plattformkühlbohrungen (32; 62) und die Segmentkühlbohrungen (42; 72) so angeordnet sind, daß die von dem Kühlluftstrom (92) der Plattformkühlbohrungen (32; 62) beaufschlagten Bereiche des Brennkammersegments (40; 70) weiter von der dem Heißgasstrom (20) ausgesetzten Oberfläche entfernt liegen als die Öffnungen der Segmentkühlbohrungen (42; 72).

11. Plattformkühlung nach einem der vorigen Ansprüche, bei der die Leitschaufelplattform (30; 60) und das Brennkammersegment (40; 70) an einem gemeinsamen Träger (52; 82) befestigt sind.

12. Plattformkühlung nach einem der Ansprüche 2 bis 11, bei der die dem Spalt (36) zugewandte Seite des Brennkammersegments (40) mit der Horizontalen einen Winkel $\gamma$ einschließt, wobei der Winkel $\gamma$ größer als oder etwa gleich groß wie der Winkel $\beta$ ist.

13. Plattformkühlung nach einem der vorigen Ansprüche, bei der die Leitschaufelplattform (30; 60) die äußere Plattform einer Leitschaufel ist und die Breite des Spalts (36; 66) weniger als 5 mm, bevorzugt weniger als 2 mm beträgt, oder bei der die Leitschaufelplattform (30; 60) die innere Plattform einer Leitschaufel ist und die Breite des Spalts (36; 66) weniger als 5 mm, bevorzugt weniger als 2 mm beträgt.

**Claims**

1. Platform cooling having a guide-blade platform (30; 60) which is subjected to a hot-gas stream (20) and is separated by a gap (36; 66) from a combustion-chamber segment (40; 70) arranged upstream, **characterized in that** one or more segment cooling

bores (42; 72) are made in the combustion-chamber segment (40; 70), which segment cooling bores (42; 72) connect a cooling-air chamber (44; 74) to the gap (36; 66), and **in that** the guide-blade platform (30; 60) has a surface (34; 64) on the downstream side in the region of the gap (36; 66) in such a way that the axes of the one or more segment cooling bores (42; 72) run roughly tangentially to said surface (34; 64).

**2.** Platform cooling according to Claim 1, in which the axes of the one or more segment cooling bores (42; 72) enclose an angle $\delta$ with the horizontal, and said surface (34; 64) in the region of the gap (36; 66) encloses an angle $\beta$ with the horizontal, the angle $\delta$ being between about $\beta$ and about ($\beta$ - 30°).

**3.** Platform cooling according to either of Claims 1 or 2, in which the segment cooling bores (42; 72) are designed as cylindrical bores or as funnel bores.

**4.** Platform cooling according to either of Claims 2 or 3, in which one or more platform cooling bores (32; 62) are made in the guide-blade platform (30; 60), which platform cooling bores (32; 62) connect a cooling-air chamber (39; 69) to the gap, and the axes of the one or more platform cooling bores (32; 62) enclose an angle $\alpha$ with the horizontal, the angle $\alpha$ being smaller than or about the same size as the angle $\beta$.

**5.** Platform cooling according to Claim 4, in which the platform cooling bores (32; 62) are designed as cylindrical bores or as funnel bores.

**6.** Platform cooling according to either of Claims 4 or 5, in which the segment cooling bores (42; 72) and the platform cooling bores (32; 62) are arranged alternately and so as to be staggered relative to one another in the circumferential direction.

**7.** Platform cooling according to one of Claims 1 to 6, in which a lip (79) extending in the direction of the guide-blade platform is made on the combustion-chamber segment (70).

**8.** Platform cooling according to Claim 7, in which the lip (79) covers about 10% to about 60% of the gap width.

**9.** Platform cooling according to one of Claims 4 to 8, in which that side of the combustion-chamber segment (40; 70) which faces the gap (36; 66) has a concave recess (48) or a concave curvature (78) in the regions which are acted upon by the cooling-air stream (92) of the platform cooling bores (32; 62).

**10.** Platform cooling according to Claim 9, in which the platform cooling bores (32; 62) and the segment cooling bores (42; 72) are arranged in such a way that the regions of the combustion-chamber segment (40; 70) which are acted upon by the cooling-air stream (92) of the platform cooling bores (32; 62) lie further away from the surface subjected to the hot-gas stream (20) than the openings of the segment cooling bores (42; 72).

**11.** Platform cooling according to one of the preceding claims, in which the guide-blade platform (30; 60) and the combustion-chamber segment (40; 70) are fastened to a common carrier (52; 82).

**12.** Platform cooling according to one of Claims 2 to 11, in which that side of the combustion-chamber segment (40) which faces the gap (36) encloses an angle $\gamma$ with the horizontal, the angle $\gamma$ being greater than or about the same as the angle $\beta$.

**13.** Platform cooling according to one of the preceding claims, in which the guide-blade platform (30; 60) is the outer platform of a guide blade, and the width of the gap (36; 66) is less than 5 mm, preferably less than 2 mm, or in which the guide-blade platform (30; 60) is the inner platform of a guide blade, and the width of the gap (36; 66) is less than 5 mm, preferably less than 2 mm.

**Revendications**

**1.** Refroidissement de plate-forme avec une plate-forme d'aube de guidage (30; 60) exposée à un écoulement (20) de gaz chaud et séparée par un interstice (36; 66) d'un segment (40; 70) de chambre de combustion disposé en amont, **caractérisé en ce qu'**un ou plusieurs alésages de refroidissement de segment (42; 72) sont ménagés dans le segment (40; 70) de chambre de combustion et relient à l'interstice (36; 66) une chambre (44; 74) d'air de refroidissement, et **en ce que** la plate-forme (30; 60) d'aube de guidage présente sur le côté aval, dans la zone de l'interstice (36; 66), une surface (34; 64) configurée de telle sorte que les axes du ou des alésages (42; 72) de refroidissement de segment s'étendent sensiblement tangentiellement par rapport à ladite surface (34; 64).

**2.** Refroidissement de plate-forme selon la revendication 1, dans lequel les axes du ou des alésages (42; 72) de refroidissement de segment forment un angle $\delta$ avec l'horizontale, ladite surface (34; 64) forme un angle $\beta$ avec l'horizontale dans la région de l'interstice (36; 66), l'angle $\delta$ étant compris entre environ $\beta$ et environ ($\beta$ - 30°).

**3.** Refroidissement de plate-forme selon l'une des re-

vendications 1 ou 2, dans lequel les alésages (42; 72) de refroidissement de segment sont configurés comme alésages cylindriques ou comme alésages en entonnoir.

**4.** Refroidissement de plate-forme selon l'une des revendications 2 ou 3, dans lequel un ou plusieurs alésages (32; 62) de refroidissement de plate-forme sont ménagés dans la plate-forme (30; 60) d'aube de guidage et relient à l'interstice une chambre (39; 69) d'air de refroidissement, les axes du ou des alésages (32; 62) de refroidissement de plate-forme formant un angle $\alpha$ avec l'horizontale, l'angle $\alpha$ étant inférieur ou sensiblement égal à l'angle $\beta$.

**5.** Refroidissement de plate-forme selon la revendication 4, dans lequel les alésages (32; 62) de refroidissement de plate-forme sont configurés comme alésages cylindriques ou comme alésages en entonnoir.

**6.** Refroidissement de plate-forme selon l'une des revendications 4 ou 5, dans lequel les alésages (42; 72) de refroidissement de segment et les alésages (32; 62) de refroidissement de plate-forme sont disposés en alternance et en décalage mutuel dans le sens de la périphérie.

**7.** Refroidissement de plate-forme selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel une lèvre (79) qui s'étend en direction de la plate-forme d'aube de guidage est installée sur le segment (70) de chambre de combustion.

**8.** Refroidissement de plate-forme selon la revendication 7, dans lequel la lèvre (79) recouvre d'environ 10 % à environ 60 % de la largeur de l'interstice.

**9.** Refroidissement de plate-forme selon l'une des revendications 4 à 8, dans lequel le côté du segment (40; 70) de chambre de combustion qui est tourné vers l'interstice (36; 66) présente une découpe concave (48) ou une courbure concave (78) dans les zones balayées par l'écoulement (92) d'air de refroidissement des alésages (32; 62) de refroidissement de plate-forme.

**10.** Refroidissement de plate-forme selon la revendication 9, dans lequel les alésages (32; 62) de refroidissement de plate-forme et les alésages (42; 72) de refroidissement de segment sont disposés de telle sorte que les zones balayées par l'écoulement (92) d'air de refroidissement des alésages (32; 62) de refroidissement de plate-forme du segment de chambre de combustion (40; 70) sont situées plus loin de la surface exposée à l'écoulement (20) de gaz chaud que les ouvertures des alésages (42; 72) de refroidissement de segment.

**11.** Refroidissement de plate-forme selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la plate-forme (30; 60) d'aube de guidage et le segment (40; 70) de chambre de combustion sont fixés sur un support (52; 82) commun.

**12.** Refroidissement de plate-forme selon l'une des revendications 2 à 11, dans lequel le côté du segment (40) de chambre de combustion qui est tourné vers l'interstice (36) forme avec l'horizontale un angle $\gamma$, l'angle $\gamma$ étant supérieur ou sensiblement égal à l'angle $\beta$.

**13.** Refroidissement de plate-forme selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la plate-forme (30; 60) d'aube de guidage constitue la plate-forme extérieure d'une aube de guidage, la largeur de l'interstice (36; 66) étant inférieure à 5 mm, de préférence inférieure à 2 mm, ou dans lequel la plate-forme (30; 60) d'aube de guidage est la plate-forme intérieure d'une aube de guidage et la largeur d'un interstice (36; 66) est inférieure à 5 mm, de préférence inférieure à 2 mm.

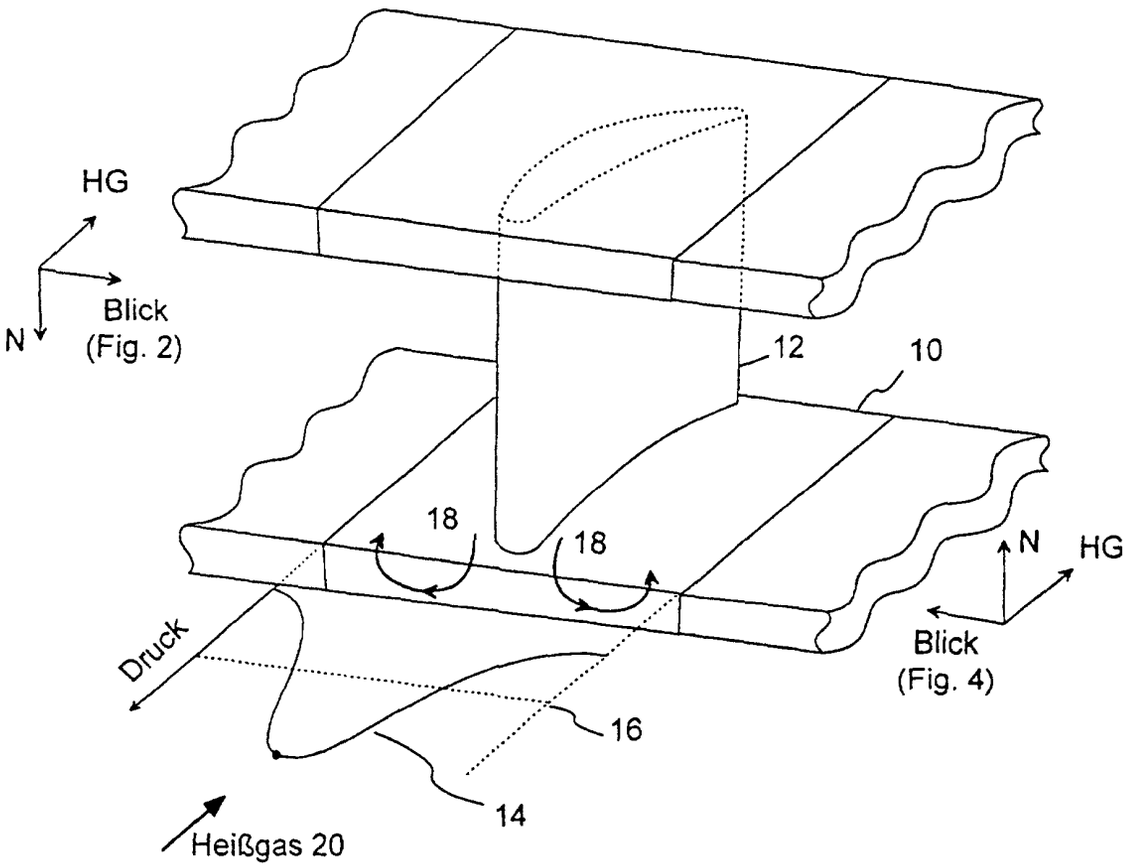



Fig 1 (Stand der Technik)

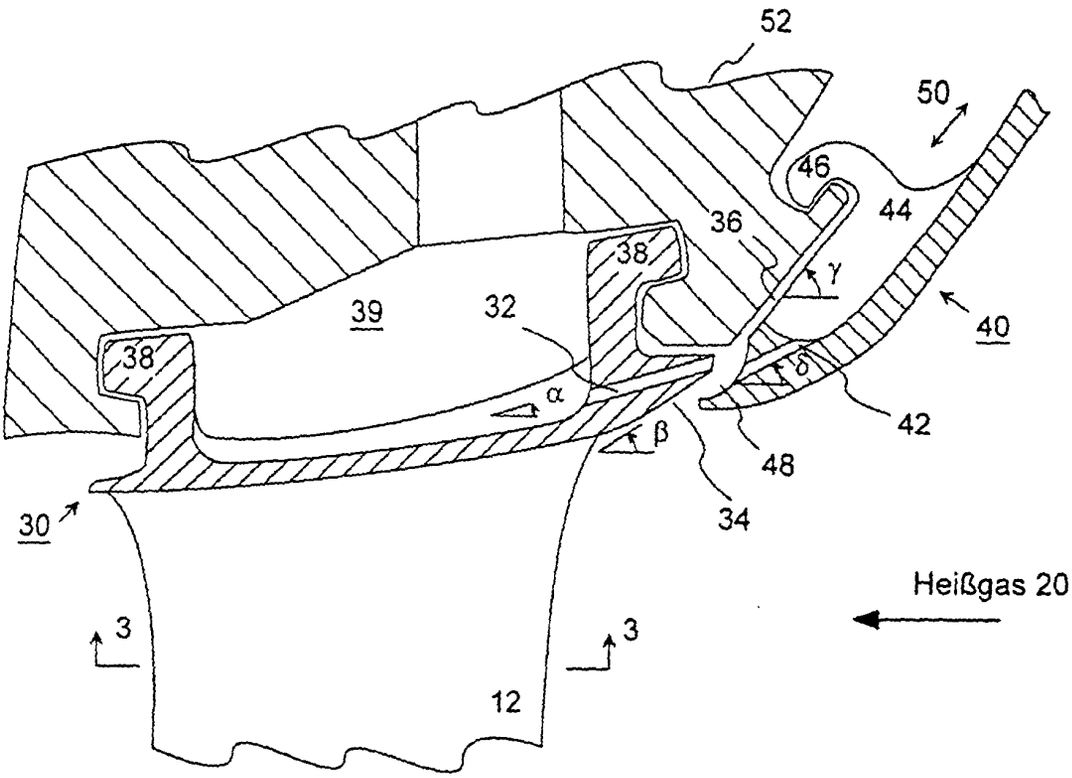



Fig. 2

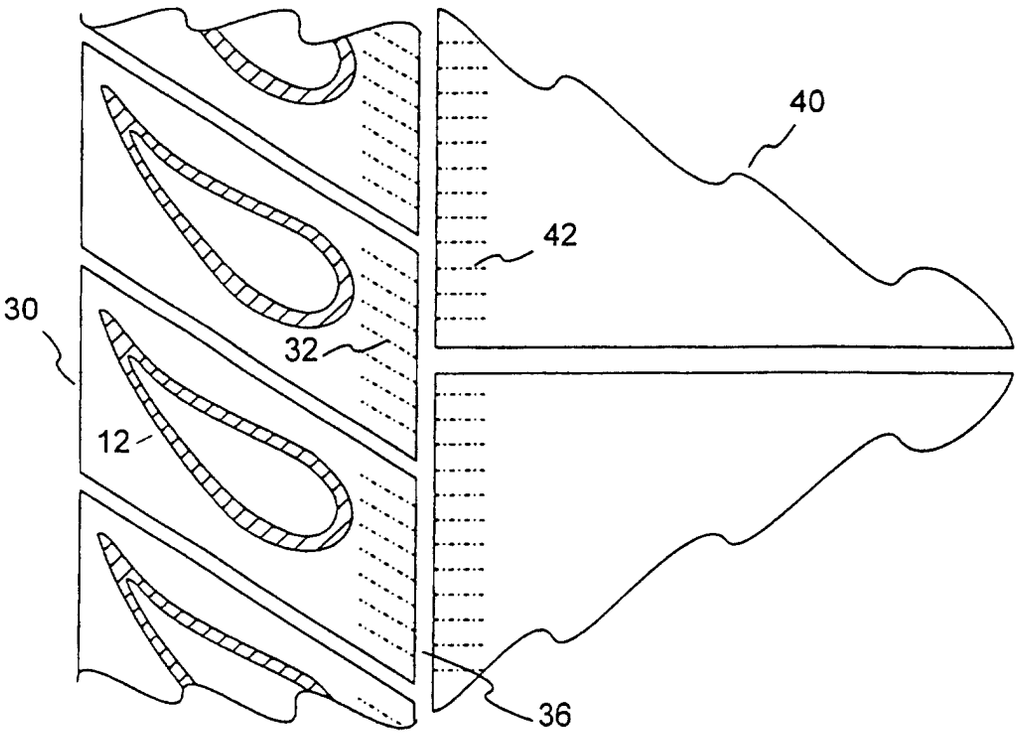



Fig. 3

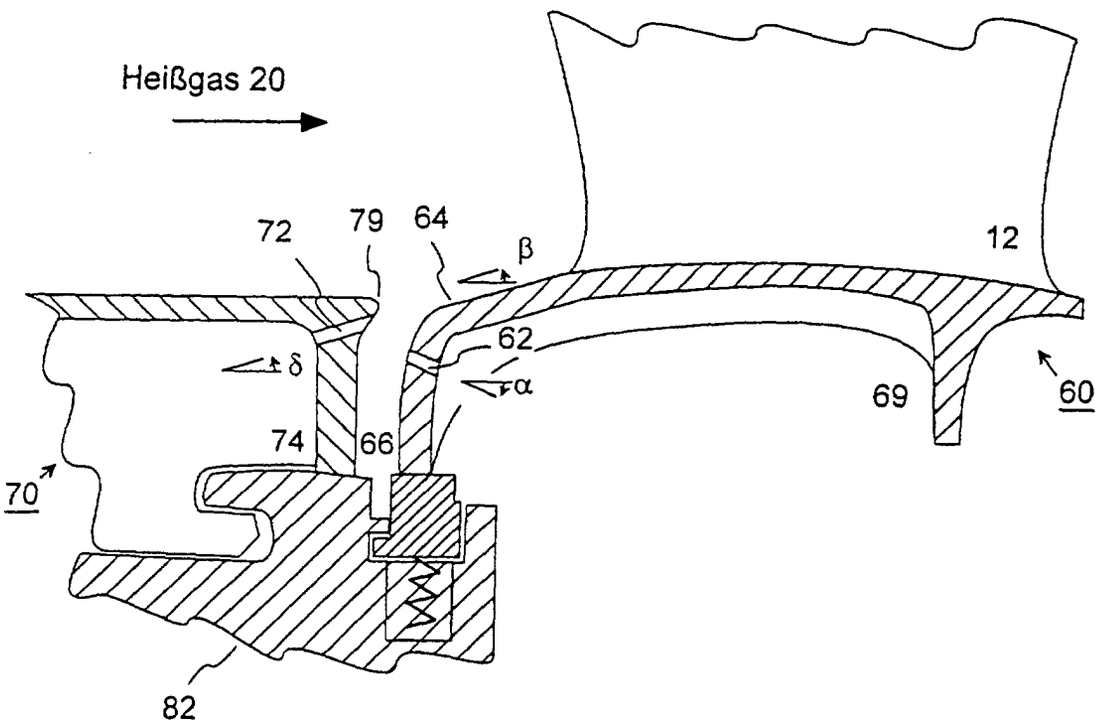



Fig. 4

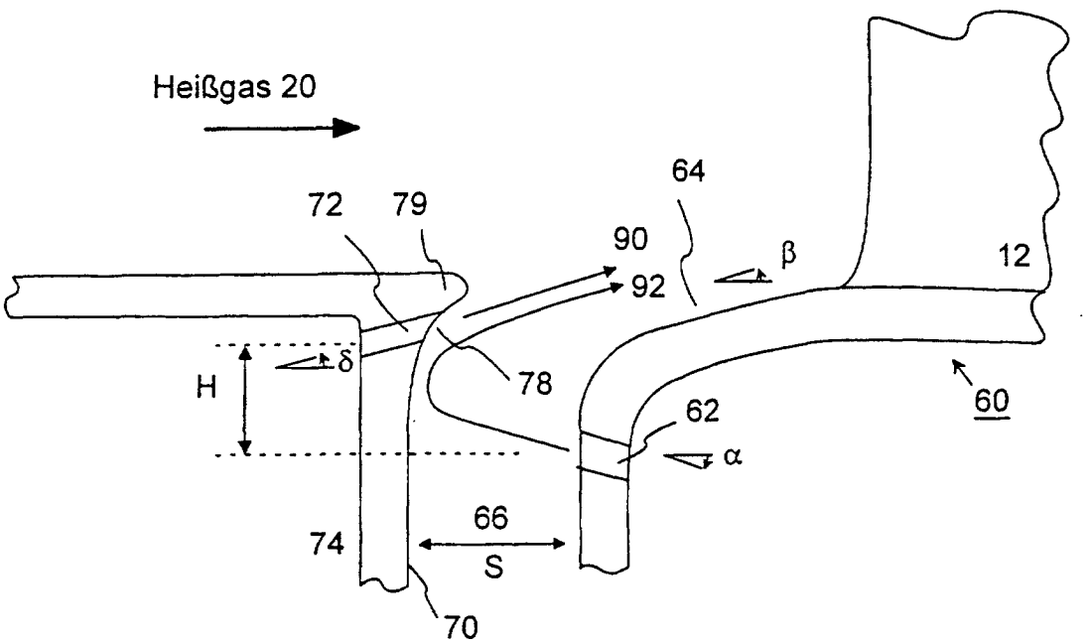



Fig. 5