

(19)



(11)

EP 2 154 431 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
17.02.2010 Patentblatt 2010/07

(51) Int Cl.:
F23R 3/00 (2006.01) **F23R 3/50 (2006.01)**
F23R 3/54 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09167590.0**

(22) Anmeldetag: **11.08.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**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 SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(71) Anmelder: **Alstom Technology Ltd**
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder:
• **Tschuor, Remigi**
5210, Windisch (CH)
• **Hähnle, Hartmut**
79790, Küssaberg (DE)
• **Rüdel, Uwe**
5406, Baden-Rütihof (CH)

(30) Priorität: **14.08.2008 CH 12772008**

(54) Thermische Maschine

(57) Eine thermische Maschine, insbesondere Gasturbine, umfasst eine durch eine Aussenschale und eine Innenschale (33) nach aussen begrenzte, ringförmige Brennkammer, durch welche in axialer Richtung ein Heissgasstrom strömt, wobei die Aussenschale und Innenschale (33) auf ihrer Aussenseite jeweils unter Ausbildung eines Kühlkanals (32) mit einem in einem Abstand angebrachten, konzentrischen Kühlhemd (31) ver-

sehen sind, durch welchen Kühlkanal (32) Kühlluft in einer zum Heissgasstrom entgegengesetzten Richtung strömt.

Bei einer solchen Maschine wird die Kühlung der Brennkammer dadurch verbessert, dass zumindest eines der Kühlhemden (31) auf der Seite, auf welcher die Kühlluft in den Kühlkanal (32) eintritt, zur Verbesserung der Einströmbedingungen eine nach aussen gebogene, abgerundete Eintrittskante (37) aufweist.

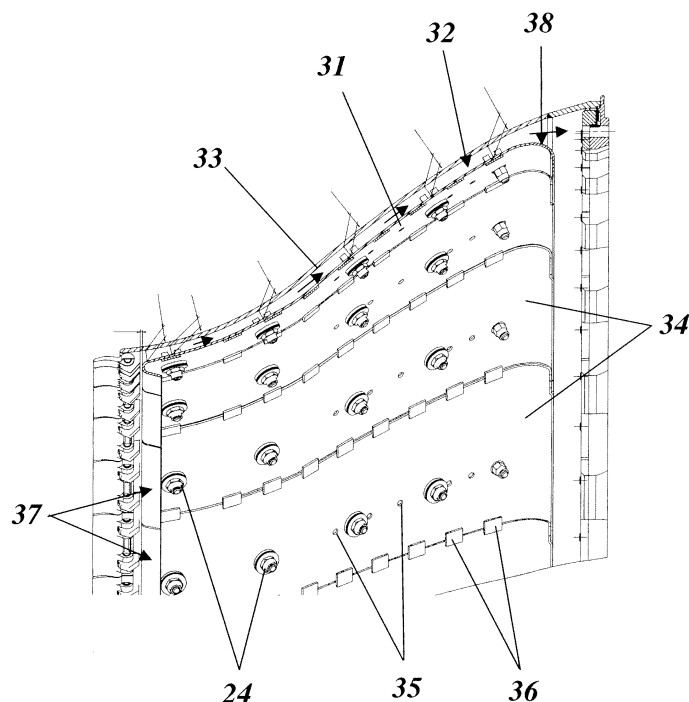


Fig.3

EP 2 154 431 A2

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Verbrennungstechnik. Sie betrifft eine thermische Maschine gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

STAND DER TECHNIK

[0002] Moderne Industrie-Gasturbinen (IGT) werden in der Regel mit Ringbrennkammern ausgelegt. Meist kleinere IGTs werden als so genannte "Can Annular Combustors" ausgeführt. Bei einer IGT mit Ringbrennkammer ist der Brennraum begrenzt durch die Seitenwände sowie die Eintritts- und Austrittsebene des Heissgases. Eine solche Gasturbine ist in den Fig. 1 und 2 dargestellt. Die in den Fig. 1 und 2 im Ausschnitt gezeigte Gasturbine 10 hat ein Turbinengehäuse 11, in dem ein um eine Achse 27 drehender Rotor 12 untergebracht ist. Auf der rechten Seite ist an Rotor 12 ein Verdichter 17 zur Verdichtung von Verbrennungs- und Kühlluft ausgebildet, auf der linken Seite ist eine Turbine 13 angeordnet. Der Verdichter 17 verdichtet Luft, die in ein Plenum 14 einströmt. Im Plenum ist konzentrisch zur Achse 27 eine ringförmige Brennkammer 15 angeordnet, die eingangsseitig durch eine mit Frontplattenkühlluft 20 gekühlte Frontplatte 19 abgeschlossen ist und ausgangseitig über einen Heissgaskanal 25 mit dem Eingang der Turbine 13 in Verbindung steht.

[0003] In der Frontplatte 19 sind in einem Ring Brenner 16 angeordnet, die beispielsweise als Doppelkegel- oder EV-Brenner ausgelegt sind und ein Brennstoff-Luft-Gemisch in die Brennkammer 15 eindüsen. Der bei der Verbrennung des Gemisches entstehende Heissluftstrom 26 gelangt durch den Heissgaskanal 25 in die Turbine 13 und wird dort unter Arbeitsleistung entspannt. Die Brennkammer 15 mit dem Heissgaskanal 25 ist aussen mit Abstand von einem äusseren und inneren Kühlhemd 21 bzw. 31 umgeben, die mittels Befestigungselementen 24 an der Brennkammer 15, 25 befestigt sind und zwischen sich und der Brennkammer 15, 25 jeweils einen ringsförmigen äusseren und inneren Kühlkanal 22 bzw. 32 ausbilden. In den Kühlkanälen 22, 32 strömt in Gegenrichtung zum Heissgasstrom 26 Kühlluft an den Wänden der Brennkammer 15, 25 entlang in eine Brennkammerhaube 18 ein und von dort in die Brenner 16 bzw. als Frontplattenkühlluft 20 direkt in die Brennkammer 15.

[0004] Die Seitenwände der Brennkammer 15, 25 werden dabei entweder als Schalenelemente ausgeführt oder als Vollschalen (Aussenschale 23, Innenschale 33). Bei der Verwendung von Vollschalen ergibt sich montagebedingt die Notwendigkeit einer Trennebene (29 in Fig. 2a), die es erlaubt eine obere Hälfte der Schale 23, 33 (obere Halbschale 33a in Fig. 2a) von der unteren Hälfte (untere Halbschale 33b in Fig. 2a) abzunehmen, um zum Beispiel den Gasturbinen-Rotor 12 zu montieren

bzw. zu demontieren. Die Trennebene 29 weist entsprechend zwei Trennebenenschweissnähte 30 (Fig. 2a) auf, die sich im Beispiel der von der Anmelderin gebauten Gasturbine vom Typ GT13E2 auf der Höhe der Maschinenachse 27 befinden (3- und 9-Uhr-Position). Wie bereits erwähnt, müssen die jeweils unteren und oberen Halbschalen 33a, 33b konvektiv gekühlt werden. Um die Kühlung zu begünstigen, werden auf die Halbschalenkaltseite die bereits genannten Kühlhemden (CoShirts) 21 und 31 montiert, welche Umgebungsluft umleiten und aufgrund des Brennkammerdruckabfalls bzw. Brennerdruckabfalls über die Halbschalen führen und damit eine konvektive Kühlung bewirken.

[0005] Die Kühlhemden 21, 31 haben dabei vorzugsweise folgende Eigenschaften und Funktionen:

- Sie dichten zwei Plena bzw. Kammern ab;
- Sie müssen untereinander auch dichten (Montage einer Dichtlippe oder Überlappung nötig);
- Sie werden, mit Ausnahme der Trennebene 29, rotationssymmetrisch ausgeführt;
- Sie müssen bei der Montage der Brennkammerhalbschalen in der Trennebene ineinander geführt werden;
- Die Kühlhemden 31 der Brennkammer-Innenschalen 33a,b müssen an der Trennebene 29 'blind' ineinander geführt werden (kein Zugang für eine visuelle Kontrolle der Verbindungsebene, da von den Brennkammer-Innenschalen abgedeckt);
- Sie können Kühllöcher aufweisen (für einen gezielten Kühlluftmassenstrom)
- Sie können Kühllöcher für eine allfällige Prallkühlung aufweisen (für eine gezielte, lokal forcierte Kühlung der Halbschalen);
- Sie müssen keine grossen axialen oder radialen Kräfte aufnehmen;
- Sie sind i.d. Regel nicht selbsttragend, sondern werden auf ein Trägerteil montiert;
- Sie müssen einen grossen axialen und radialen Bewegungsspielraum aufweisen, insbesondere bei transienten Betriebszuständen;
- Sie müssen temperaturfest sein (Zeitfestigkeit - Dauerfestigkeit);
- Sie müssen einfach und kostengünstig herstellbar sein; und
- Sie dürfen im Betrieb keine Eigenschwingungen ausweisen.

[0006] Die Innen- und Aussenschale 33 bzw. 23 einer Gasturbine wie der GT13E2 sind thermisch und mechanisch im Betrieb stark beansprucht. Die Festigkeitseigenschaften des Materials der Schalen 23, 33 sind stark temperaturabhängig. Um die Materialtemperatur unter dem maximal zulässigen Materialtemperaturniveau zu halten, werden die Schalen 23, 33 konvektiv gekühlt. Die Formgebung und die hohe thermische Belastung nahe dem Turbineneintritt (Heissgaskanal 25) erfordern vor allem in diesem Bereich einen konstant hohen Wärmeüber-

gang auch auf der Kühlluftseite. Dies wird bei der Aussenschale 23 durch Prallkühlung erreicht. An der Innenschale 33 sind Platz und Strömungszustände sowie eine Abdichtung gegen einen Querstrom für solch eine Prallkühlung nicht gegeben. Daher wird auf eine konventionelle Konvektionskühlung zurückgegriffen, bei der die Intensität der Kühlung durch Verringerung der Kanalhöhe des Kühlkanals 32 erhöht wird.

[0007] Die bisher eingesetzte Konfiguration des inneren Kühlhemds 31 aus 2 axialen Blechen ist zum einen anfällig für Abstandstoleranzen und sonstige Ungleichförmigkeiten, z.B. im Strömungsfeld vor dem Kühlluft Eintritt in den Kühlkanal, und bewirkt zum anderen eine unerwünschte Verringerung des Kühlluftmassenstroms im Bereich des kleineren der beiden axialen Bleche.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0008] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine thermische Maschine der eingangs genannten Art so zu gestalten, dass die Nachteile der bisherigen Lösungen vermieden und insbesondere die Strömungsverhältnisse der Kühlluft in den Kühlkanälen zwischen den Schalen und den Kühlhemden im Sinne einer intensivierten Kühlung deutlich verbessert werden.

[0009] Die Aufgabe wird durch die Gesamtheit der Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Wesentlich für die Erfindung ist, dass zumindest eines der Kühlhemden auf der Seite, auf welcher die Kühlluft in den Kühlkanal eintritt, zur Verbesserung der Einströmbedingungen eine nach aussen gebogene, abgerundete Eintrittskante aufweist. Vorzugsweise ist das zumindest eine Kühlhemd im Bereich der Eintrittskante glockenförmig bzw. trompetenartig aufgeweitet.

[0010] Eine Ausgestaltung der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass das innere Kühlhemd auf der Seite, auf welcher die Kühlluft aus dem Kühlkanal austritt, zur Verringerung der Strömungsverluste eine nach aussen gebogene, abgerundete Austrittskante aufweist.

[0011] Gemäss einer anderen Ausgestaltung der Erfindung sind die Kühlhemden aus einzelnen, in Umfangsrichtung aneinander anschliessenden Kühlhemdsegmenten zusammengesetzt, wobei die Kühlhemdsegmente mittels verteilt angeordneten Befestigungselementen an den zugehörigen Schalen befestigt sind.

[0012] Eine bevorzugte Weiterbildung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlhemdsegmente in den Anschlussbereichen einander paarweise überlappen, und dass jeweils ein Kühlhemdsegment eines Paares im Überlappungsbereich mit Überlappungselementen für eine formschlüssige Verbindung zwischen den überlappenden Kühlhemdsegmenten ausgestattet ist.

[0013] Eine andere Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Befestigungselemente bei den Kühlhemdsegmenten jeweils in axialer Richtung hintereinander angeordnet sind, und dass in axialer Linie mit den Befestigungselementen zusätzliche Bohrungen in den Kühlhemdsegmenten vorgesehen sind,

durch welche zur Verbesserung der Kühlung Kühlluft in Strahlen von aussen in den jeweiligen Kühlkanal einströmt.

[0014] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die Brennkammer in einer Trennebene in eine obere Hälfte mit oberen Halbschalen und eine untere Hälfte mit unteren Halbschalen aufgeteilt ist, dass die Halbschalen in der Trennebene durch Trennebenenschweissnähte miteinander verbunden sind, dass die Schalen im Bereich der Trennebenenschweissnähte eine von der Rotationssymmetrie abweichende Form aufweisen, und dass die Kühlhemden in der Trennebene an die abweichende Form der Schalen angepasst sind.

[0015] Vorzugsweise ist die Gesamtheit der Kühlhemdsegmente in erste Kühlhemdsegmente, welche an die Trennebene angrenzen, und zweite Kühlhemdsegmente, welche ausserhalb der Trennebene liegen, unterteilt, wobei die ersten Kühlhemdsegmente zur Anpassung an die abweichende Form der Schalen eine hochgezogene Seitenkante aufweisen.

KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

[0016] Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen

Fig. 1 den Längsschnitt durch eine gekühlte Ringbrennkammer einer Gasturbine nach dem Stand der Technik;

Fig. 2 im einzelnen die Ringbrennkammer aus Fig. 1 mit den aussen befestigten Kühlhemden;

Fig. 2a in einer Prinzipdarstellung am Beispiel der Innenschale die Unterteilung der Brennkammerschalen in einer Trennebene in zwei Halbschalen;

Fig. 3 in einer Seitenansicht den Teil einer Innenschale mit segmentiertem Kühlhemd gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 4 einen vergrösserten Ausschnitt des Ausführungsbeispiels aus Fig. 3 mit der besonderen Ausgestaltung des an die Trennebene angrenzenden Kühlhemdsegments;

Fig. 5 ein nicht an die Trennebene angrenzendes Kühlhemdsegment des Ausführungsbeispiels aus Fig. 3;

Fig. 6 ein an die Trennebene angrenzendes Kühlhemdsegment des Ausführungsbeispiels aus Fig. 3 mit der speziellen Seitenkante;

Fig. 7 in einem Ausschnitt die Anordnung der Über-

lappungselemente an dem Kühlhemdsegment aus Fig. 5 bzw. 6 und

Fig. 8 den Längsschnitt durch das Kühlhemdsegment aus Fig. 6 in der dort eingezeichneten Ebene VIII-VIII.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0017] In Fig. 3 ist in einer Seitenansicht der Teil einer Innenschale mit segmentiertem Kühlhemd gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung wiedergegeben. Zur Kühlung der Innenschale 33 ist auf der Aussenseite der Innenschale 33 durch ein im Abstand dazu konzentrisch angeordnetes inneres Kühlhemd 31 ein ringförmiger Kühlkanal 32 ausgebildet, in den auf der in Fig. 3 linken Seite Kühlluft einströmt, nach rechts fliesst und auf der rechten Seite den Kühlkanal 32 wieder verlässt (siehe Strömungspfeile in Fig. 3). Das innere Kühlhemd 31 ist aus einzelnen, sich in axialer Richtung erstreckenden Kühlhemdsegmenten 34 zusammengesetzt, die überlappend aneinander anschliessen. Im Überlappungsbereich sind an den Kühlhemdsegmenten 34 randseitig abstehende Überlappungselemente 36 angeschweisst (siehe insbesondere Fig. 7), die im Überlappungsbereich für einen Formschluss zwischen den überlappenden Segmenten sorgen.

[0018] Die Kühlhemdsegmente 34 sind mittels verteilt angeordneten Befestigungselementen 24, die durch Befestigungslöcher 40 in den Segmenten gehen (Fig. 5, 6 und 8), an der zugehörigen Innenschale 33 befestigt. Die Befestigungselemente 24 sind dabei in axialer Richtung hintereinander angeordnet. In axialer Linie mit den Befestigungselementen 24 sind im Nachlaufgebiet der Befestigungselemente 24 zusätzliche Bohrungen 35 in den Kühlhemdsegmenten 34 vorgesehen, durch die Luft aus dem Kühlluft Eintritt zuströmt. Der in den Kühlkanal 32 eintretende Luftstrahl führt auf Grund seiner lokal hohen Geschwindigkeit bezüglich des ankommenden Kühlluftmassenstromes zu einer Anhebung des Wärmeübergangskoeffizienten und damit zu einer Reduktion der Wandtemperatur der Innenschale 33.

[0019] Das innere Kühlhemd 31 ist im Bereich der Eintrittskante 37 glockenförmig bzw. trompetenartig aufgeweitet. Diese abgerundete "bellmouth-shaped" Eintrittskante 37 des in axialer Richtung einteiligen Kühlluftbleches erlaubt es, zum einen den Druckverlust am Kühlluft Eintritt zu minimieren und zum anderen eine (unbeabsichtigte) Variation des Wärmeübergangskoeffizienten durch Ablösung der Kühlluft am Kühlkanaleintritt (Eintrittskante 37), wie sie zum Beispiel an scharfkantigen Eintrittten entstehen, zu verhindern. Die durch die verbesserten Einströmbedingungen erzielten Verminderungen der Verwirbelungsverluste führen zu einer Verringerung des benötigten Kühlluftmassenstromes und damit zu einer effizienteren Wirkungsweise der Brennkammer. Die Strömungsrichtung der Kühlluft ist dabei der Heissgasströmungsrichtung entgegengesetzt.

[0020] Das Innenschalenkühlhemd bzw. innere Kühlhemd 31 ist weiterhin so ausgeführt, dass an seiner Austrittsseite (Austrittskante 38) neu ein Übergangsradius gewählt wird, der einen wesentlich günstigeren, d.h. geringeren, Strömungsverlust verursacht als die bisherige Konfiguration. Die Reduktion im Strömungsverlust an dieser Stelle wird kompensiert durch eine Verminderung der Kühlkanalhöhe, was dort wiederum zu einer Erhöhung des kühlluftseitigen Wärmeüberganges und damit zu einer Absenkung der mittleren Materialtemperatur der Innenschale 33 führt.

[0021] Die Kühlhemdsegmente 34:

- können, müssen aber nicht, als Bleche (Walzmaterial) ausgeführt werden;
- müssen untereinander dichten, Montage einer Dichtlippe oder Überlappung (Überlappungselemente 36) nötig
- werden, mit Ausnahme der an die Trennebene 29 angrenzenden Kühlhemdsegmente 34a, rotations-symmetrisch ausgeführt;
- können Kühllöcher (35) aufweisen (für einen gezielten Kühlluftmassenstrom);
- müssen temperaturfest sein (Zeitfestigkeit - Dauerfestigkeit).

[0022] Wie in Fig. 4 und Fig. 6 zu erkennen ist, weisen die an die Trennebene 29 angrenzenden Kühlhemdsegmente 34a eine hochgezogene bzw. nach aussen gezogene Seitenkante 39 auf. Dadurch tritt das Kühlhemd 31 im Bereich der Trennebenenschweissnähte 30 nach aussen zurück und schafft Platz für eine entsprechende Ausbuchtung der Brennkammerschale 33 im Bereich der Trennebenenschweissnaht 39.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0023]

- | | |
|----|--|
| 10 | Gasturbine |
| 11 | Turbinengehäuse |
| 12 | Rotor |
| 13 | Turbine |
| 14 | Plenum |
| 15 | Brennkammer |
| 16 | Brenner (Doppelkegel- oder EV-Brenner) |
| 17 | Verdichter |
| 18 | Brennkammerhaube |
| 19 | Frontplatte |
| 20 | Frontplattenkühlluft |
| 21 | äusseres Kühlhemd |
| 22 | äusserer Kühlkanal |
| 23 | Aussenschale |
| 24 | Befestigungselement |
| 25 | Heissgaskanal |
| 26 | Heissgasstrom |
| 27 | Achse |
| 29 | Trennebene |

- 30 Trennebenenschweisnaht
- 31 inneres Kühlhemd
- 32 innerer Kühlkanal
- 33 Innenschale
- 33a obere Halbschale (Innenschale)
- 33b untere Halbschale (Innenschale)
- 34 Kühlhemdsegment
- 34a Kühlhemdsegment (Trennebene)
- 35 Bohrung
- 36 Überlappungselement
- 37 Eintrittskante (abgerundet, "bellmouth-shaped")
- 38 Austrittskante (abgerundet)
- 39 Seitenkante (hochgezogen)
- 40 Befestigungsloch

Patentansprüche

1. Thermische Maschine, insbesondere Gasturbine (10), welche eine durch eine Aussenschale (23) und eine Innenschale (33) nach aussen begrenzte, ringförmige Brennkammer (15, 25) umfasst, durch welche in axialer Richtung ein Heissgasstrom (26) strömt, wobei die Aussenschale (23) und Innenschale (33) auf ihrer Aussenseite jeweils unter Ausbildung eines Kühlkanals (22 bzw. 32) mit einem in einem Abstand angebrachten, konzentrischen Kühlhemd (21 bzw. 31) versehen sind, durch welchen Kühlkanal (22 bzw. 32) Kühlluft in einer zum Heissgasstrom (26) entgegengesetzten Richtung strömt, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eines der Kühlhemden (21 bzw. 31) auf der Seite, auf welcher die Kühlluft in den Kühlkanal (22 bzw. 32) eintritt, zur Verbesserung der Einstrombedingungen eine nach aussen gebogene, abgerundete Eintrittskante (37) aufweist.
2. Thermische Maschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zumindest eine Kühlhemd (21 bzw. 31) im Bereich der Eintrittskante (37) glockenförmig bzw. trompetenartig aufgeweitet ist.
3. Thermische Maschine nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das innere Kühlhemd (31) auf der Seite, auf welcher die Kühlluft aus dem Kühlkanal (32) austritt, zur Verringerung der Strömungsverluste eine nach aussen gebogene, abgerundete Austrittskante (38) aufweist.
4. Thermische Maschinen nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlhemden (21, 31) aus einzelnen, in Umfangsrichtung aneinander anschliessenden Kühlhemdsegmenten (34, 34a) zusammengesetzt sind, und dass die Kühlhemdsegmente (34, 34a) mittels verteilt angeordneten Befestigungselementen (24) an den zugehörigen Schalen (23 bzw. 33) befestigt sind.

5. Thermische Maschine nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlhemdsegmente (34, 34a) in den Anschlussbereichen einander paarweise überlappen, und dass jeweils ein Kühlhemdsegment eines Paares im Überlappungsbereich mit Überlappungselementen (36) für eine formschlüssige Verbindung zwischen den überlappenden Kühlhemdsegmenten (34, 34a) ausgestattet ist.
6. Thermische Maschine nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Befestigungselemente (24) bei den Kühlhemdsegmenten (34, 34a) jeweils in axialer Richtung hintereinander angeordnet sind, und dass in axialer Linie mit den Befestigungselementen (24) zusätzliche Bohrungen (35) in den Kühlhemdsegmenten (34, 34a) vorgesehen sind, durch welche zur Verbesserung der Kühlung Kühlluft in Strahlen von aussen in den jeweiligen Kühlkanal (22 bzw. 32) einströmt.
7. Thermische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkammer (15, 25) in einer Trennebene (29) in eine obere Hälfte mit oberen Halbschalen (33a) und eine untere Hälfte mit unteren Halbschalen (33b) aufgeteilt ist, dass die Halbschalen (33a, 33b) in der Trennebene (29) durch Trennebenenschweisnähte (30) miteinander verbunden sind, dass die Schalen (23, 33) im Bereich der Trennebenenschweisnähte (30) eine von der Rotationssymmetrie abweichende Form aufweisen, und dass die Kühlhemden (21, 31) in der Trennebene (29) an die abweichende Form der Schalen (23, 33) angepasst sind.
8. Thermische Maschine nach den Ansprüchen 4 und 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gesamtheit der Kühlhemdsegmente (34, 34a) in erste Kühlhemdsegmente (34a), welche an die Trennebene (29) angrenzen, und zweite Kühlhemdsegmente (34), welche ausserhalb der Trennebene (29) liegen, unterteilt ist, und dass die ersten Kühlhemdsegmente (34a) zur Anpassung an die abweichende Form der Schalen (23, 33) eine hochgezogene Seitenkante (39) aufweisen.

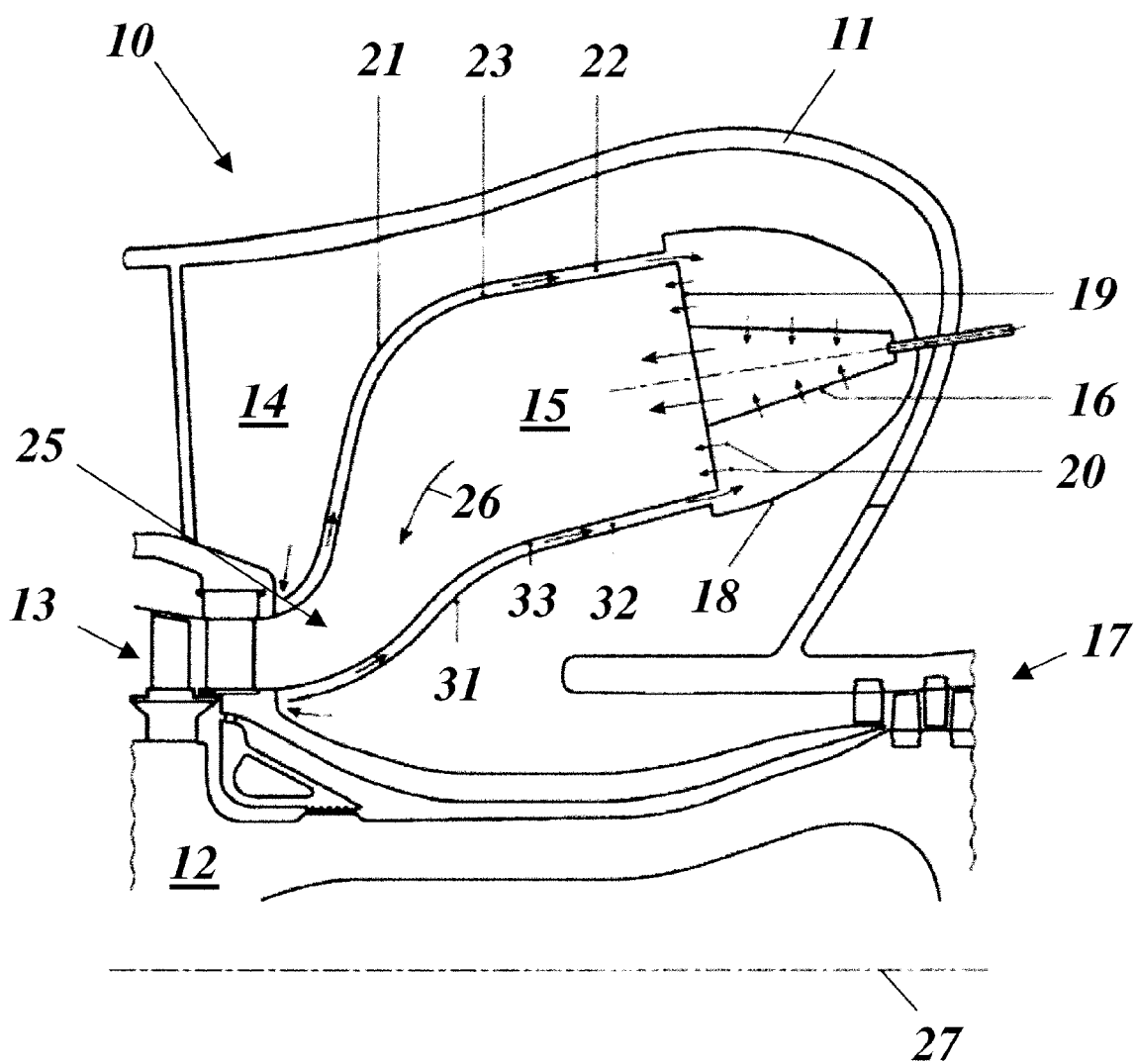
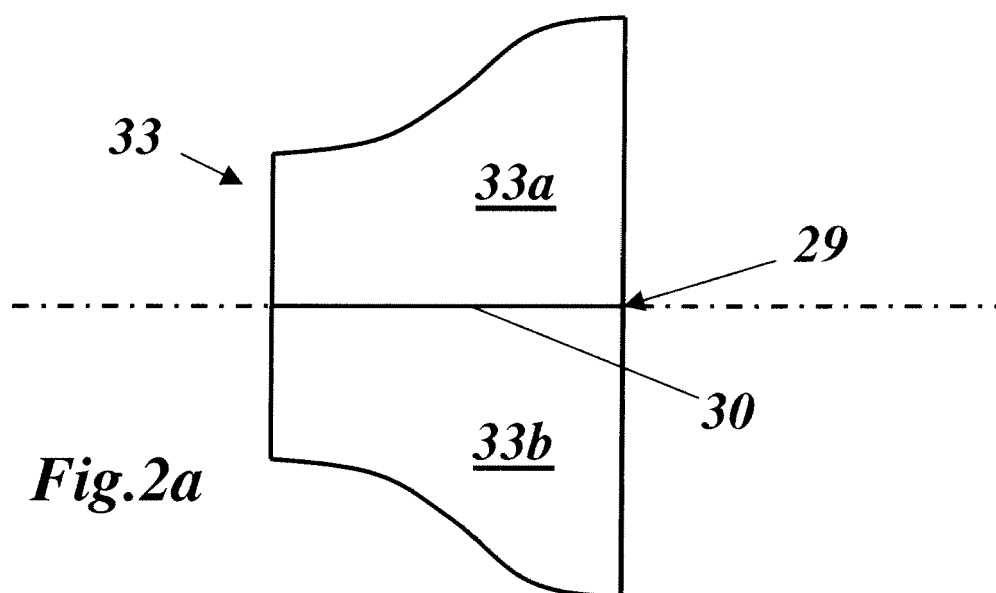
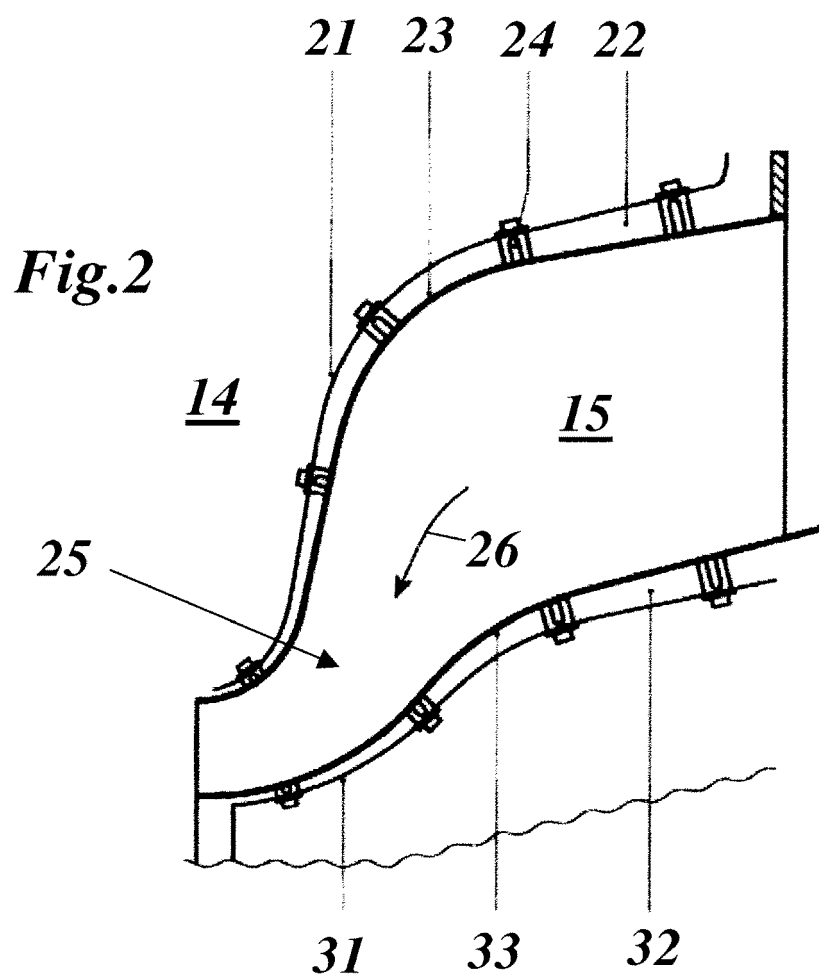


Fig.1



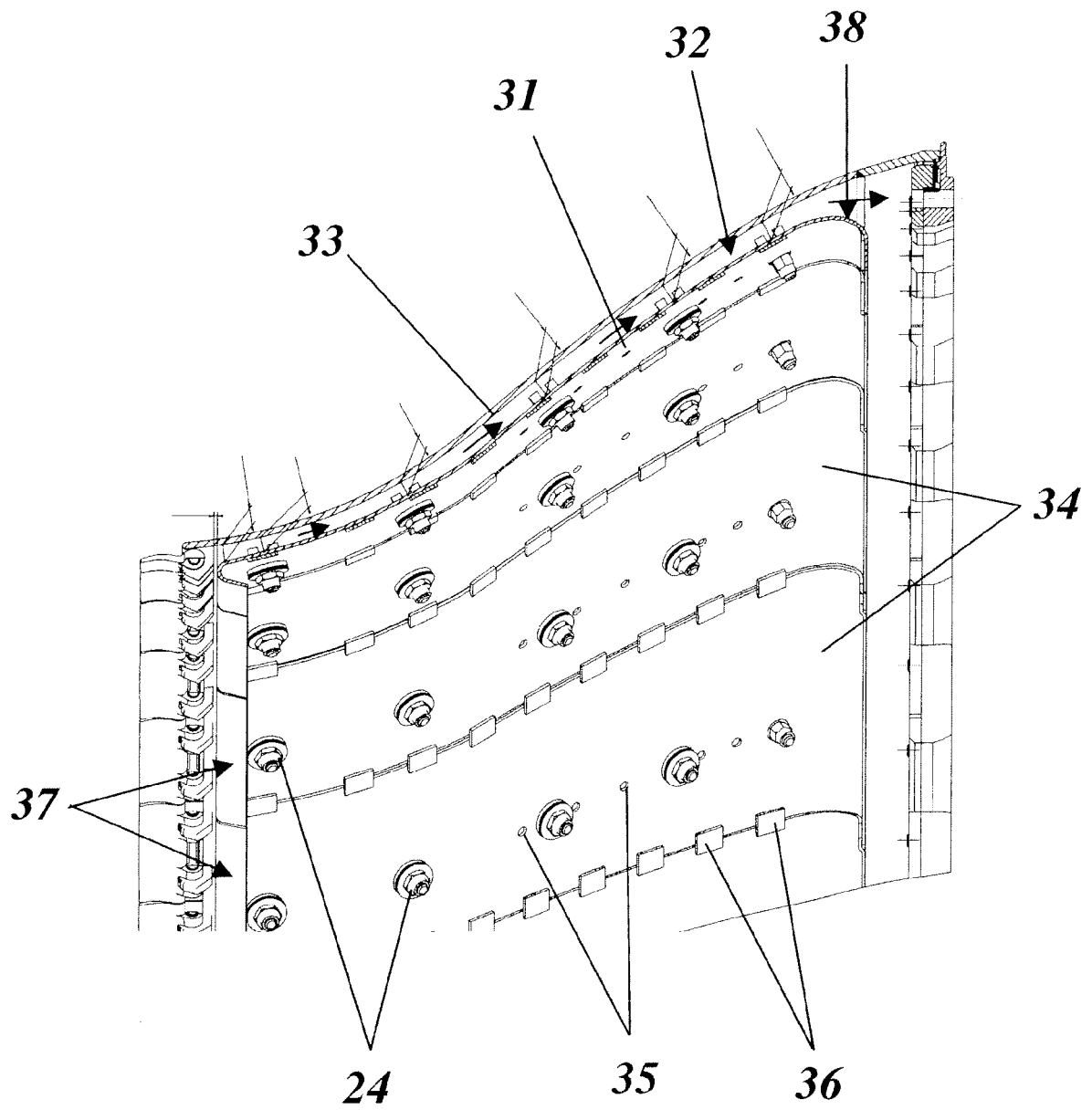
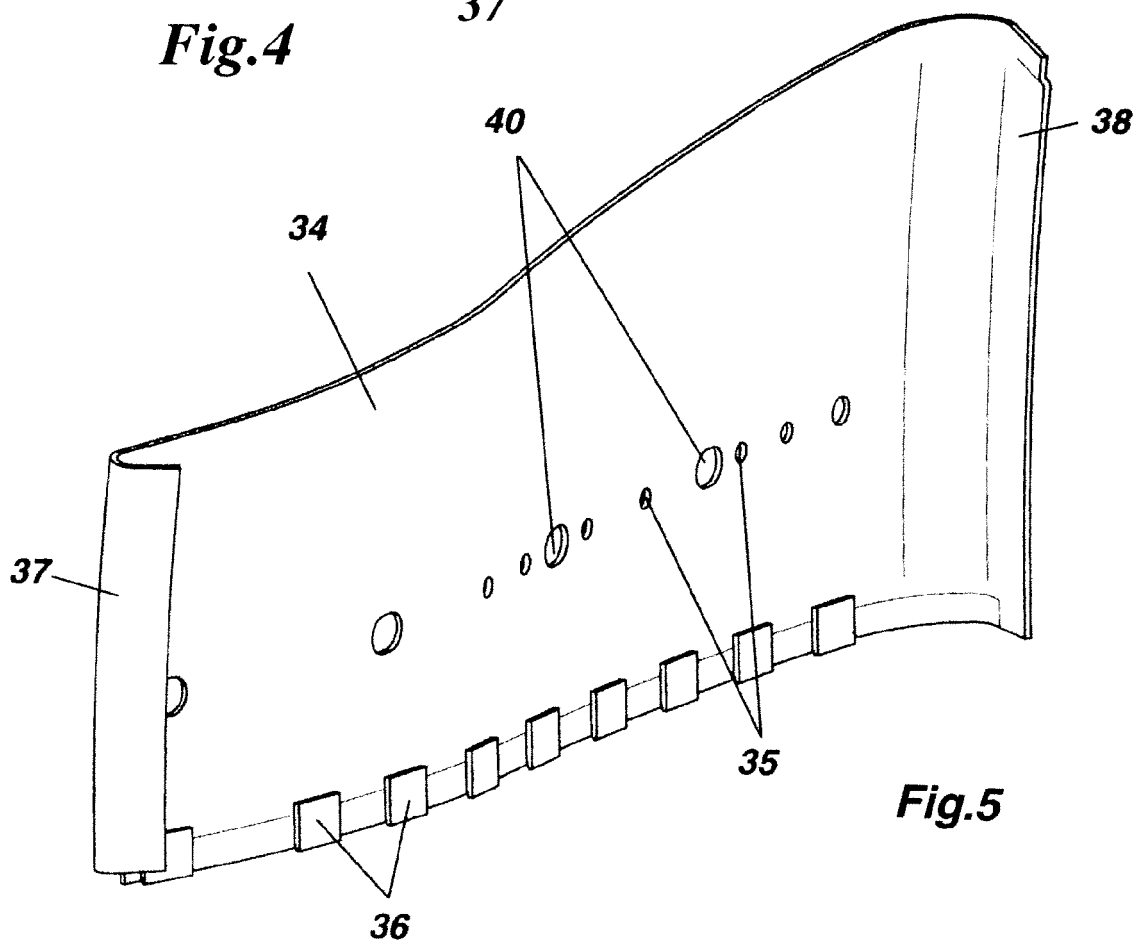
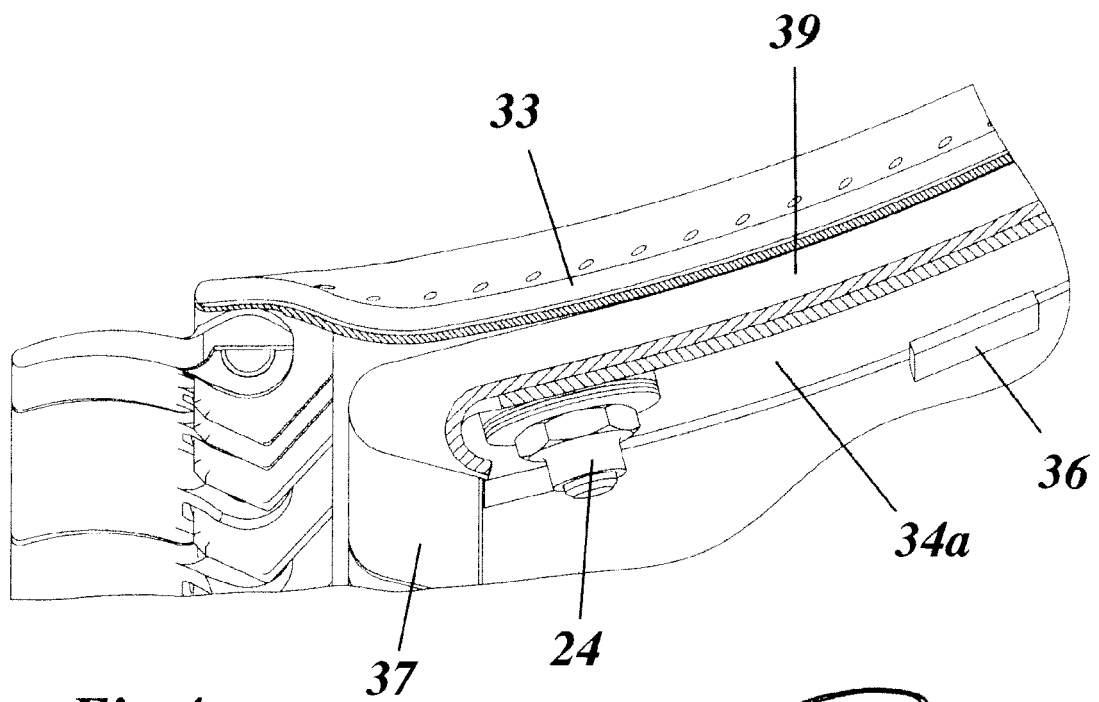


Fig.3



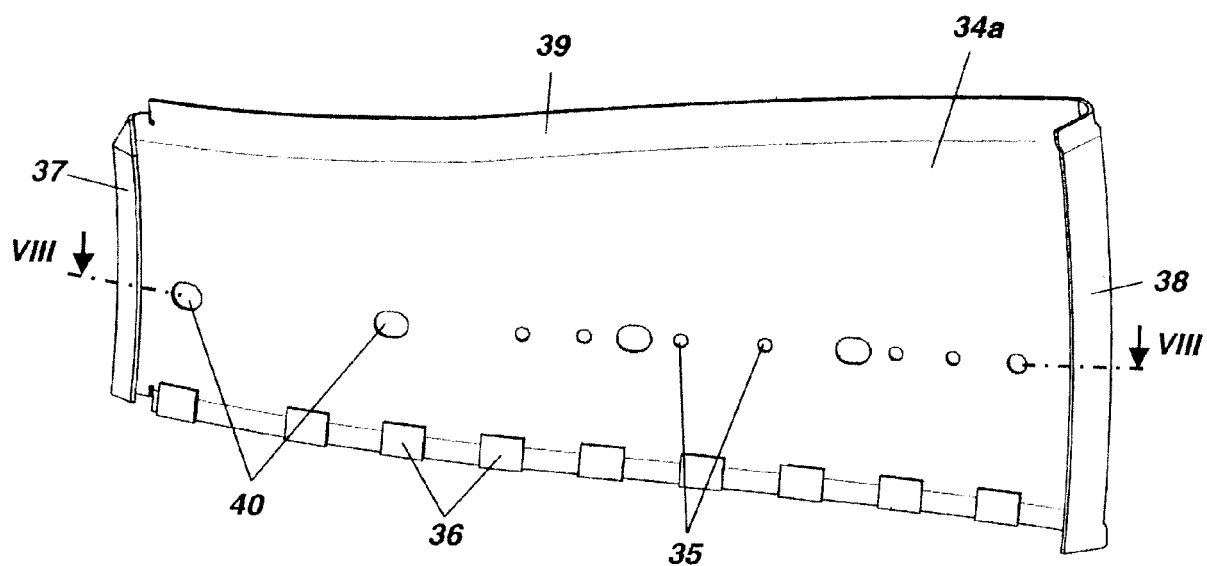


Fig.6

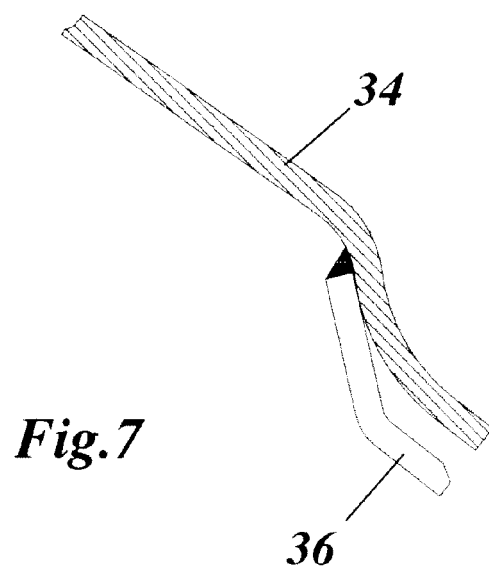


Fig.7

