

(51) Int Cl.: **F23R 3/04** ^(2006.01) **F23R 3/28** ^(2006.01)
F23M 99/00 ^(2010.01)

(22) Anmeldetag: **28.04.2010**

(72) Erfinder:

- **Sadig, Sermed**
12169 Berlin (DE)
- **Gerendás, Miklos, Dr.**
15838 Am Mellensee (DE)

(74) Vertreter: **Schaeberle, Steffen
Hoefler & Partner
Patentanwälte
Pilgersheimer Strasse 20
81543 München (DE)**

(54) **Brennkammerkopf einer Gasturbine**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf einen Brennkammerkopf einer Gasturbine mit einer ein Dämpfungsvolumen (207) einschließenden Berandung, bestehend aus einer brennkammerabgewandten Berandung (206) sowie einer brennkammerseitigen Berandung (210), **dadurch gekennzeichnet, dass** die brennkammerseitige Berandung (210) in Form einer perforierten Wand (210)

ausgebildet ist, dass im Randbereich der brennkammerseitigen Berandung (210) durch Ausnehmungen (203) in der Berandung (206) Kühlluft auf die brennkammerseitige Berandung (210) leitbar ist, dass diese Kühlluft, welche entlang der brennkammerseitigen Berandung (210) fließt, den Kühlluftstrom durch die perforierte Wand (210) in die Brennkammer (101) kreuzt, dabei von dieser durch Wände getrennt ist und sich nicht mit ihr mischt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Brennkammerkopf einer Gasturbine und insbesondere auf einen Brennkammerkopf mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

[0002] Der Aufbau eines konventionellen Hitzeschildes für den Brennkammerkopf wird in der DE 44 27 222 A dargelegt. Dieses schützt den Brennkammerkopf vor heißen Gasen und muss auf der zum Brennkammerinnenraum abgewandten Seite gekühlt werden. Hierbei gelangt Kühlluft auf die Rückseite des Hitzeschildes, prallt hier auf und umströmt eine Vielzahl von Zylindern, die zur Verstärkung des Wärmeübergangs verwendet werden. Daraufhin verlässt die Kühlluft den Zwischenraum zwischen Hitzeschild und Brennerkopf über angeordnete Effusionsbohrungen, die in Richtung des Brennerdralls zeigen.

[0003] Es ist auch ein Brennkammerkopf bekannt, der aus einer Abschlusswand, einer Frontplatte und einem Hitzeschild besteht. Dies ist ein dreiwandiger Aufbau eines Brennkammerkopfes mit einem offenen Volumen zwischen der Abschluss- und der Frontplatte. Die Funktion der Abschlusswand besteht in der Strömungsführung der vom Kompressor kommenden Luft.

[0004] Das Prinzip eines prall-effusionsgeköhlten Brennkammerwandelements ist in der WO 92/16798 A dargestellt. Kühlluft strömt durch orthogonale Bohrungen in einer äußeren Wand und prallt auf eine innere Wand. Beide Wände formen ein abgeschlossenes Volumen, das die Kühlluft über angestellte Effusionsbohrungen verlässt. Dabei wird ein Kühlfilm auf der heißen Seite der inneren Wand gebildet, der die Wand vor den heißen Verbrennungsgasen schützt.

[0005] In weiteren Veröffentlichungen, wie z.B. der EP 0 971 172 A, ist das Prinzip der prall-effusionsgeköhlten Brennkammerwand um den Aspekt der Dämpfung von Brennkammerschwingungen erweitert worden. Hier bilden die Effusionsbohrungen zusammen mit dem durch die Prall- und Effusionsbohrungen beinhaltenden Wände eingeschlossenen Volumen, eine Mehrzahl von untereinander verbundenen Helmholtzresonatoren. So können hochfrequente Oszillationen im Bereich um 5kHz gedämpft werden. Der Abstand der Dämpfungslöcher untereinander und der Abstand der Wände werden variabel gestaltet, um ein breites Dämpfungsspektrum zu erzeugen.

[0006] Eldredge und Dowling haben in Ihrer Veröffentlichung von 2003 "The absorption of axial acoustic waves by a perforated liner with bias flow" (J. Fluid Mech. (2003), vol. 485, pp. 307-335. Cambridge University Press) ein Model zur Beschreibung des breitbandigen akustischen Dämpfungseffekts perforierter Wandelemente bereitgestellt. Aus diesem geht hervor, dass die Absorption akustischer Schwingungen durch perforierte Wandelemente bei einem einwandigen Aufbau unter Plenumanströmung groß ist und breitbandig wirkt. Wird eine zweite Wand eingeführt, so wie bei dem

Prall-Effusionsaufbau, wird die Absorption maßgeblich durch die, die Prallkühlbohrungen beinhaltende Wand, beeinflusst. Der Einfluss kann mit zunehmendem Abstand reduziert werden und somit der Dämpfungswirkung eines einwandigen Dämpfers angenähert werden. Plenumanströmung heißt in diesem Zusammenhang, dass es in diesem Volumen keine nennenswerten Druck- oder Geschwindigkeitsschwankungen gibt (es resoniert nicht!), ganz im Gegensatz zu einem Helmholtz-Resonator. Auch muss hierzu wegen der Breitbandigkeit der Wirkung das Volumen nicht wie bei einem Helmholtz-Resonator auf die zu dämpfende Frequenz abgestimmt werden. Auch ist das beim Dämpfer verwendete Volumen deutlich kleiner als nach der aus der Literatur bekannten Gleichung für die Beziehung von Resonator-Volumen und Frequenz berechnet.

[0007] Eine Möglichkeit, ein vergrößertes Dämpfungsvolumen bereitzustellen, ist in der EP 0 576 717 A gezeigt. Hier wird an ein doppelwandiges Element ein Zusatzvolumen angeschlossen, welches zur Bildung eines Helmholtzresonatorvolumens dient. Das Resonatorvolumen wird entsprechend der auftretenden Wellenlängen dimensioniert.

[0008] Die CA 26 27 627 A zeigt ein Hitzeschild mit Rippen auf der zur Brennkammer abgewandten Seite. Die Rippen sind an einem Ende miteinander verbunden und weisen mit ihrer offenen Seite zu der inneren und äußeren Brennkammerwand. Es prallt Kühlluft zwischen die Rippen und wird mit Hilfe der Rippen zu den Brennkammerwänden geleitet. Hierdurch soll vermieden werden, dass sich die Prallkühlstrahlen zu stark gegenseitig negativ beeinflussen. Die Auswirkungen der eintretenden Querströmung soll so vermieden werden.

[0009] In der US 2007/0169992 A ist das Problem der Vereinbarung eines großen Wandabstandes der Prall- und Effusionswand zur Gewährleistung eines großen Dämpfervolumens, bei gleichzeitiger hoher Prallkühlwirkung, erkannt worden. Der Lösungsvorschlag sieht vor, den Abstand zwischen den beiden Wandelementen durch Leitungsrohre von der äußeren kalten Brennkammerwand gerichtet auf die heiße Brennkammerwand zu überbrücken, um so einen optimalen Prallkühlabstand unter Wahrung eines großen Dämpfervolumens zu ermöglichen.

[0010] Konventionelle Hitzeschilder, wie beispielsweise die DE 44 27 222 A, weisen einen geringen Abstand von Kopfplatte zum Hitzeschild auf. Dieser ist notwendig, um eine ausreichende Prallkühlwirkung zu erzielen (WO 92/16798). Will man allerdings den viskosen Dämpfungseffekt einer perforierten Lochplatte ausnutzen, so ist ein großes Dämpfungsvolumen hinter dem Hitzeschild notwendig (Eldredge und Dowling 2003). Andernfalls können nur hochfrequente Anteile der Brennkammeroszillationen, durch Anwenden des Prinzips gekoppelter Helmholtzresonatoren (EP 0 971 172 A) gedämpft werden. Wird ein Zusatzvolumen an ein doppelwandiges Element angeschlossen (EP 0 576 717 A) so ist dieses Volumen auf eine zu erwartende Frequenz zu trimmen,

was dem Vorteil eines perforierten Wandelements als Dämpfer gegensätzlich ist. Da beide Wandelemente weiterhin nahe beieinander liegen, kann der negative Einfluss der äußeren Prallkühlwand nicht ausgeschlossen werden.

[0011] Zwar weisen die in den oben genannten Veröffentlichungen dargestellten angestellten Effusionsbohrungen eine hohe Filmkühleffektivität auf. Allerdings wird eine schlechtere Dämpfungswirkung als bei senkrechten Bohrungen erzielt. Man kann somit sagen, dass die Anforderungen aus der Dämpfungs- und Kühlwirkung im Konflikt stehen.

[0012] Der in der DE 44 27 222 A dargestellte Brennkammerkopf mit der zusätzlichen strömungsführenden Abschlussplatte hat den Nachteil, dass das Volumen zwischen Abschluss- und Frontplatte kein vom Brenner entkoppeltes, abgeschlossenes Volumen darstellt. Es kann somit der Fall auftreten, dass Druckschwankungen in diesem Volumen Auswirkungen auf die Stabilität des Brenners haben. Die Abschlussplatte ist somit nur als ein die Strömung leitendes Element gedacht.

[0013] Die Konstruktion gemäß US 2007/0169992 A ermöglicht zwar eine hohe Prallkühlwirkung unter Wahrung eines großen Dämpfervolumens. Allerdings ist diese Konstruktion durch die Notwendigkeit, dass jedes Prallkühlloch mit einem Rohr verbunden werden muss, sehr aufwendig und im Grunde für den Einbau in der Brennkammer mit mehreren tausend Prallkühlöffnungen unpraktikabel. Des Weiteren geht durch das lange Leitungsrohr Volumen verloren, so dass diese Methode uneffektiv ist.

[0014] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Brennkammerkopf der eingangs genannten Art zu schaffen, welcher bei einfachem Aufbau und einfacher, kostengünstiger Herstellbarkeit die thermischen Anforderungen erfüllt und ein hohes Maß an Dämpfung gewährleistet.

[0015] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmalskombination des Anspruchs 1 gelöst, die Unteransprüche zeigen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

[0016] Erfindungsgemäß ist somit vorgesehen, dass der Brennkammerkopf ein Volumen bildet, welches gegenüber der Brennkammer durch eine Wandung abgegrenzt ist, wobei sich auf der flammenabgewandten Seite dieser Berandung der Luftstrom zur Kühlung der Berandung und der Luftstrom durch die Wandung zur Dämpfung der Schwingungen ohne Möglichkeit der Vermischung überkreuzen.

[0017] Erfindungsgemäß ergibt sich somit eine hoch wirkungsvolle akustische Dämpfung, verbunden mit einer hervorragenden thermischen Abschirmung der Struktur gegen die Hitze in der Brennkammer.

[0018] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung beschrieben. Dabei zeigt:

Abb. 1 eine schematische Darstellung einer er-

findungsgemäßen Gasturbine mit Brennkammerkopf gemäß dem Stand der Technik,

5 Abb. 2 eine vergrößerte Detailansicht einer erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Brennkammerkopfes,

Abb. 3a-3e Detailsichten der Oberflächengestaltung des Hitzeschildes,

Abb. 4a-4d perspektivische Darstellungen von Wärmeübergangselementen, analog den Abb. 3a-3e, und

Abb. 5a-5c weitere Ausführungsbeispiele des Übergangs zwischen Brennkammerwand und Hitzeschild.

[0019] Zunächst wird der erfindungsgemäße Brennkammerkopf in Verbindung mit einer schematischen Darstellung einer Gasturbine in Zusammenhang mit Abb. 1 beschrieben.

[0020] Der Brennkammerkopf besteht aus einer dem Heißgas zugewandten perforierten Wand 210 und einer das Volumen 207 abschließenden Berandung 206. Es wird ein abgeschlossenes Volumen 207 gebildet. Die perforierte Wand 210 weist Rippen 201 auf. Bohrungen 202 in der Wand 210 verlaufen vorzugsweise durch die Rippen 201.

[0021] Die zur Durchströmung des Brennkammerkopfes notwendige Luft gelangt über seitliche Zugänge 203 in den Brennkammerkopf 112. Hierbei wird ein Strahl erzeugt, der unter einem Winkel β von 0-80° auf die Wand 210 trifft.

[0022] Es entsteht ein Strömungskanal zwischen zwei Rippen, in dem sich eine Strömung erhöhter Geschwindigkeit ausbildet (siehe Abbildung 4a). Diese nimmt Wärme über die Rippen auf und führt somit zur Kühlung des Bauteils.

[0023] Der Luftstrahl wird in Abhängigkeit vom Lochdurchmesser des Eintrittslochs 203 und dem lokalen Druckniveau nach einer charakteristischen Lauflänge von der Wand 210 abheben und in das Volumen 207 gelangen.

[0024] Erfindungsgemäß kann der Strömungskanal 218, der durch Rippen oder Wärmeübergangselemente gebildet wird (siehe Abbildungen 4a und 4b) durch eine Abdeckung 219 ergänzt werden, so dass sich ein teilweise geschlossener Strömungskanal ergibt. Hierdurch wird der Luftstrahl nahe der Wand 210 und anliegend an die Rippen 201 geführt.

[0025] Erfindungsgemäß ist es zur Erhöhung des Wärmeübergangs an der brennkammerseitige Berandung auch möglich, zusätzlich wärmeübergangsverstärkende Elemente 220 im Strömungskanal 218 oder an den Rippen 201 anzuordnen, siehe beispielsweise Abbildung 4c.

[0026] Die Strömung verläuft somit zunächst parallel

zur Wand 210, hebt von der Wand 210 (brennkammerseitige Berandung) ab und gelangt in das Volumen 207 von wo es aus durch die Bohrungen 202 in der Wand den Brennkammerkopf verlässt. Die ein- und austretenden Luftmassenströme überkreuzen sich in Ihrer Bewegungsrichtung, sind allerdings durch Wände voneinander getrennt und mischen sich somit nicht. Es tritt eine klare Trennung der Kühlungs- und Dämpfungsfunktion durch die unterschiedliche Bewegungsrichtung und Strömungsführung des Luftstrahls in dem Brennkammerkopf auf.

[0027] Das Volumen 207 ist vorzugsweise so dimensioniert, dass für die Austrittsbohrungen 202 eine plenumnahe Anströmung gewährleistet wird. Dies tritt für den Fall ein, dass die Anströmung der Austrittsbohrungen 202 nicht mehr durch die Zuluft beeinflusst wird. Es kann ein Abstand von minimal 2mm bis maximal der Länge des Brenners 102 gewählt werden. Um eine breitbandige Dämpfungswirkung zu erreichen wird die Größe des Dämpfungsvolumens, anders als bei Helmholtzresonatoren unabhängig von zu erwartenden Resonanzfrequenzen gewählt. Das für einen Helmholtzresonator notwendige Volumen errechnet sich nach

$$V = \left(\frac{a_0}{2\pi f} \right)^2 \frac{S_0 \sigma}{l_{eff}}$$

[0028] Wobei a_0 die Schallgeschwindigkeit, f die Resonanzfrequenz, S_0 die Querschnittsfläche des Resonatorhalses und l_{eff} die Resonatorhalslänge sind. Es ist Frequenzabhängig und deutlich größer als das hier notwendige Volumen 207.

[0029] Das Volumen 207 kann als ein über den Umfang durchgehendes Volumen gestaltet werden. Das Volumen 207 kann durch zusätzliche Trennwände in einzelne voneinander abgeschlossene Volumina segmentiert werden. Im Falle eines segmentierten Volumens 207 können die Volumina gleich oder unterschiedlich groß dimensioniert werden.

[0030] Die Höhe der Rippen 201 wird vorzugsweise so gewählt, dass das Abheben des Luftstrahls aus den Eintrittsbohrungen 203 möglichst weit stromab der Zuluftlöcher 203 erfolgt, um eine möglichst hohe Kühlwirkung entlang der gesamten Wand 210 zu ermöglichen. Insbesondere gelten hier Höhen von 1mm - 10mm als vorteilhaft.

[0031] Alternativ können einzelne oder auch Gruppen von Austrittslöchern 202 durch einzelne Rippenelemente 227 und 228 führen. Die Rippenelemente können beliebig angeordnet sein. Der Querschnitt der Rippenelemente kann beliebig geformt sein. Die Funktion wird hierdurch nicht beeinträchtigt. Beispielhaft dargestellt sind in Abbildung 3d und 4d ein aerodynamisches Profil und in Abbildung 3e und 4e ein Kreisprofil. Rechteckige, rautenförmige, hexagonale, elliptische, prismenförmige Profile

sind ebenfalls denkbar. Auch eine Kombination der oben genannten Profile kann verwendet werden, genauso wie Profile, die aus der Überschneidung von Kreissegmenten gebildet sind.

[0032] Die Zugänge (Eintrittsausnehmung 203) können auch wahlweise nahe dem Brenner 102 über die innere Seitenwand des Brennkammerkopfes 213 platziert werden, um dann entlang den Rippen in Richtung der äußeren Seitenwand des Brennkammerkopfes 112 zu strömen.

[0033] Die Konstruktion kann einstückig als integrales Bauteil, oder mehrstückig aus mehreren Bauteilen zusammengeführt werden, wobei auf eine hinreichende Abdichtung zu achten ist. Befestigt wird der Brennkammerkopf an der Brennkammerwand, bevorzugt über jeweils mindestens ein Befestigungselement.

[0034] Die effektive Fläche der Austrittslöcher 202 ist bevorzugt um einen Faktor 2-10 größer als die der Zuluftbohrungen 203.

[0035] Durch Einstellen eines Spaltes 214 zwischen der Brennkammerwand 204 und der äußeren Seitenwand in Höhe des Eintrittsloches 203 (siehe Abbildung 2 und Abbildung 3a), kann ein anfänglicher Kühlfilm auf der Brennkammerwand 204 platziert werden. Alternativ kann in der Wand 210 ein in Richtung der Brennkammerwand angestelltes Effusionsloch 217 integriert werden (z.B. Abbildung 3b und 5a), das die Funktion eines ersten Kühlfilms ersetzt. In diesem Fall liegt die äußere Seitenwand der Brennkammerkopfplatte auf der äußeren Brennkammerwand. Das Effusionsloch kann wahlweise durch die Wand 210 oder der Rippe 201 führen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, zusätzliche Bohrungen 215 (siehe Abbildung 3c) in der Brennkammerwand 204 zu integrieren. Diese weisen dann nicht in die Eintrittslöcher des Brennkammerkopfes, sondern in eine Nut 216, die in der Seitenwand 204 liegt. Die Nut ist in der Seitenwand in Richtung der Wand 210 durchgehend. Die Luft strömt durch die Bohrung 215, prallt auf die Seitenwand 212 und gelangt über die Nut 216 in die Brennkammer (siehe Abbildung 5b).

[0036] Um eine ausreichende Anströmung an den Brenner zu gewährleisten, kann die Wand 213b unter einem Winkel α gegenüber der Brennerachse 208 ange stellt sein. Es kann auch wahlweise eine Ausrundung an Stelle oder zuzüglich des Winkels bestehen.

[0037] Die Brennkammerwand 204 kann alternativ auch zweiwandig ausgeführt werden, bestehend aus einer dem Heißgas zugewandten inneren Wand 221 und einer der kalten Außenumströmung zugewandten Seite 226. Die äußere und innere Brennkammerwand kann wahlweise perforiert sein (siehe Bezugszeichen 222 und 223 in Abbildung 5c). Das zwischen der äußeren und inneren Brennkammerwand geformte Volumen 225 kann durch einen Strömungskanal 224 mit dem Volumen 207 verbunden werden.

[0038] Der hier beschriebene Aufbau, ermöglicht es ein wirkungsvoll hochgradig akustisch dämpfendes, ausreichend gekühltes Dämpferelement in der Kopfplatte ei-

ner Brennkammer zu integrieren. Üblicher Weise benötigen auf niedrige Frequenzen optimierte Dämpfer ein großes Bauvolumen. Der hier verwendete Aufbau ermöglicht es, den in einer Brennkammer gegebenen Bau- raum effektiv zu nutzen, um eine breitbandige Dämpfung gerade im niederfrequenten Bereich (Frequenzen unter 2000Hz) zu ermöglichen. Dazu wird die breitbandige Dämpfungswirkung perforierter Wände, die üblicherwei- se gering ausfällt, mit der eines Helmholtzresonators, dessen Wirkung groß ausfällt, verbunden. Durch die ge- schickte Ausnutzung des zwischen den Brennerköpfen liegenden Volumens zur Annäherung einer plenumähn- lichen Anströmung für die Dämpfungslöcher kann eine besonders hohe Dämpfungswirkung erzielt werden. Da- durch kann die bereits hohe Dämpfungswirkung eines Helmholtzresonators weit überschritten werden.

[0039] Während übliche doppelwandige Konfiguratio- nen einen geringen Abstand der beiden Wände benöti- gen, um eine ausreichende Kühlwirkung zu ermöglichen, bedarf der erfindungsgemäße Aufbau lediglich ein kon- vektives Kühlungskonzept für die thermisch belastete Wand.

[0040] Die erfindungsgemäße Lösung kombiniert so- mit die sich gegensätzlich verhaltenden Ansprüche der Kühlungs- und Dämpfungsauslegung mit einfachen und für den Einsatz praktikablen Mitteln. Es wird ermöglicht in einer doppelwandigen Konstruktion ein großes Volu- men zu integrieren und dennoch durch eine veränderte Zuströmung in das Volumen eine hohe Kühlwirkung zu erzielen.

Bezugszeichenliste

[0041]

- 101 Brennkammer
- 102 Brenner mit Arm und Kopf
- 103 Nebenstrom
- 104 Fan
- 105 Verdichter
- 106 Verdichterleitrad
- 107 Inneres Brennkammergehäuse
- 108 Äußeres Brennkammergehäuse
- 109 Turbinenleitrad
- 110 Turbinenlaufrad
- 111 Antriebswelle
- 112 Brennkammerkopf

- 201 Rippe / Trennwand
- 202 Austrittsloch / Ausnehmung / Bohrung
- 203 Eintrittsloch / Ausnehmung / Bohrung
- 204 Brennkammerwand
- 5 205 Befestigungselement
- 206 Brennkammerabgewandte Berandung (Wand)
- 207 Brennkammerkopf-Volumen / Dämpfungsvolu- men
- 208 Brennerachse
- 10 209 Dichtelement
- 210 Brennkammerseitige Berandung (Wand)
- 211 Brennkammerwand-Kühlungsbohrungen
- 212 Äußere Seitenwand des Brennkammerkopfes
- 213 Innere Seitenwand des Brennkammerkopfes
- 15 213b Vorderer Teil der inneren Seitenwand des Brennkammerkopfes
- 214 Spalt
- 215 Zuluftbohrung für anfänglichen Kühlfilm
- 216 Nut zum Weiterführen des anfänglichen Kühl- films
- 20 217 Effusionsloch
- 218 Strömungskanal
- 219 Abdeckung des Strömungskanals
- 220 Wärmeübergangsverstärkendes Element
- 25 221 Innere Brennkammerwand
- 222 Bohrung in der inneren Brennkammerwand
- 223 Bohrung in der äußeren Brennkammerwand
- 224 Verbindungsrohr
- 225 Volumen zwischen äußerer und innerer Brenn- kammerwand
- 30 226 äußere Brennkammerwand
- 227 Rippelement; aerodynamisches Profil
- 228 Rippelement, Kreis Profil

35

Patentansprüche

1. Brennkammerkopf einer Gasturbine mit einer ein Dämpfungsvolumen (207) einschließenden Beran- dung, bestehend aus einer brennkammerabge- wandten Berandung (206) sowie einer brennkam- merseitigen Berandung (210), **dadurch gekenn- zeichnet, dass** die brennkammerseitige Berandung (210) in Form einer perforierten Wand (210) ausge- bildet ist, dass im Randbereich der brennkammer- seitigen Berandung (210) durch Ausnehmungen (203) in der Berandung (206) Kühlluft auf die brenn- kammerseitige Berandung (210) leitbar ist, dass die- se Kühlluft, welche entlang der brennkammerseiti- gen Berandung (210) fließt, den Kühlluftstrom durch die perforierte Wand (210) in die Brennkammer (101) kreuzt, dabei von dieser durch Wände getrennt ist und sich nicht mit ihr mischt.
- 40
- 45
- 50
- 55 2. Brennkammerkopf nach Anspruch 1, **dadurch ge- kennzeichnet, dass** die brennkammerseitige Be- randung (210) zur Leitung der Kühlluft über die der Brennkammer (201) abgewandte Seite der brenn-

- kammerseitigen Berandung (210), nachfolgend zur Umlenkung der Kühlluft in das Volumen (207) und nachfolgend zum Austritt der Kühlluft durch Ausnehmungen (202) in die Brennkammer (101) ausgebildet ist. 5
3. Brennkammerkopf nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die brennkammerseitige Berandung (210) auf der der Brennkammer (101) abgewandten Seite mit die Wärmeübergangsfläche vergrößernden Elementen versehen ist. 10
4. Brennkammerkopf nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausnehmungen (202) durch die die Wärmeübergangsfläche vergrößernden Elemente führen. 15
5. Brennkammerkopf nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die die Wärmeübergangsfläche vergrößernden Elemente in Form von Rippen (201) und/oder in Form von quaderförmigen oder profilierten Stegen und/oder in Form von zylindrischen oder profilierten Stiften ausgebildet sind. 20
6. Brennkammerkopf nach einem der Ansprüche 2-5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausnehmungen (202) durch die die Wärmeübergangsfläche vergrößernden Elemente im Wesentlichen parallel zur Symmetrieachse des Kopfes des Brenners (102) durch die Oberfläche der brennkammerseitigen Berandung (210) führen. 25 30
7. Brennkammerkopf nach einem der Ansprüche 2-5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausnehmungen (202) durch die die Wärmeübergangsfläche vergrößernden Elemente im Wesentlichen normal zur lokalen Oberfläche auf der der Brennkammer zugewandten Seite der brennkammerseitigen Berandung (210) am Ort des Luftaustritts aus den Ausnehmungen (202) in die Brennkammer führen. 35 40
8. Brennkammerkopf nach einem der Ansprüche 2-5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausnehmungen (202) durch die die Wärmeübergangsfläche vergrößernden Elemente unter einem Winkel von 10-90 Grad zur lokalen Oberfläche auf der der Brennkammer zugewandten Seite der brennkammerseitigen Berandung (210) am Ort des Luftaustritts aus den Ausnehmungen (202) in die Brennkammer führen. 45 50
9. Brennkammerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungsrichtung der durch die Einströmausnehmung (203) einströmenden Kühlluft in einem Winkel (β) zur Ebene der brennkammerseitigen Berandung (210) geneigt ist. 55
- 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einströmausnehmung (203) an der inneren Seitenwand (213) des Brennkammerkopfes (112) die Kühlluft vom Brenner radial nach außen in Richtung der äußeren Seitenwand des Brennkammerkopfes (112) leitet.
11. Brennkammerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch eine Abdeckung (219) ein teilweise geschlossener Strömungskanal (218) für die Kühlluft gebildet ist.
12. Brennkammerkopf nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der geschlossene Strömungskanal (218) der Kühlluft zusätzliche Strömungshindernisse (220) aufweist.
13. Brennkammerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennkammerkopf (112) zusätzliche Trennwände in Umfangsrichtung zur Segmentierung des Volumens (207) in einzelne voneinander getrennte abgeschlossene Volumina umfasst.
14. Brennkammerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Größe der Austrittsfläche aus den Ausnehmungen (202) um einen Faktor 2-10 größer als die Querschnittsfläche der Ausnehmungen (203) ist.
15. Brennkammerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Brennkammerwand (204) zusätzliche Ausnehmungen (215) ausgebildet sind, welche in eine Nut in der äußeren Seitenwand (212) des Brennerkopfes (212) weisen, welche zur Brennkammer (101) gerichtet ist und/oder dass das Dämpfervolumen (207) durch einen Strömungskanal mit dem Hohlraum (225) verbunden ist, welcher durch eine äußere (226) und eine innere (221) Brennkammerwand gebildet wird.
10. Brennkammerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis

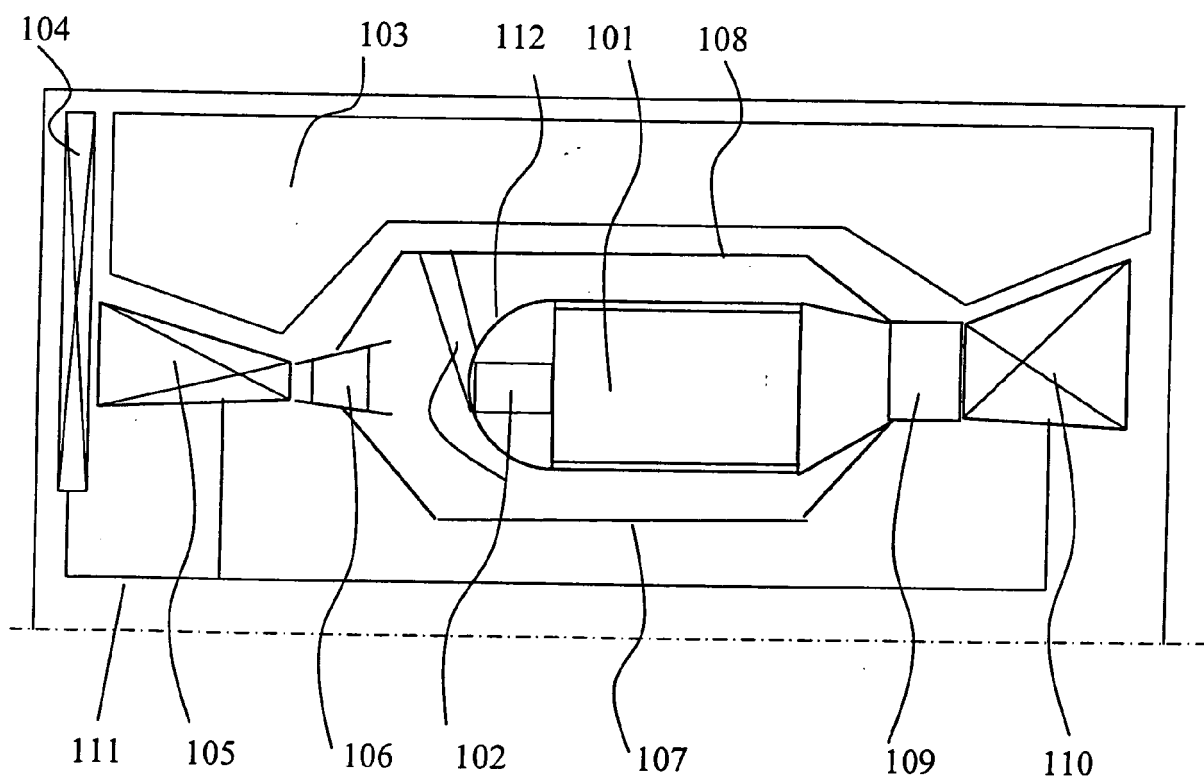


Abbildung 1

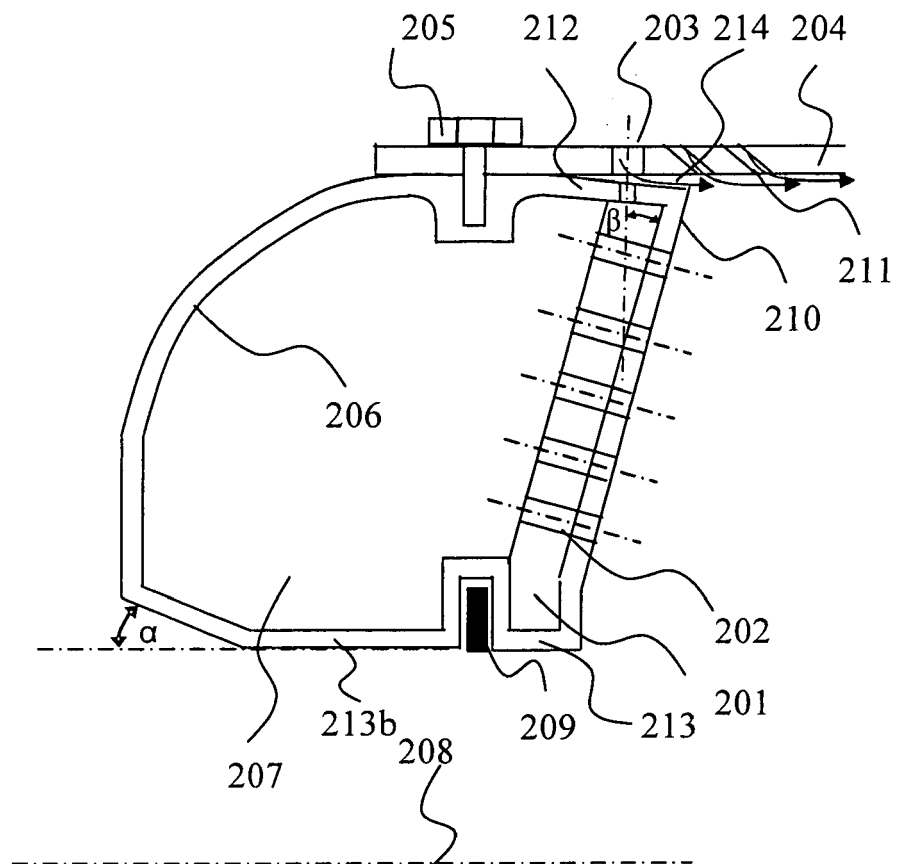


Abbildung 2

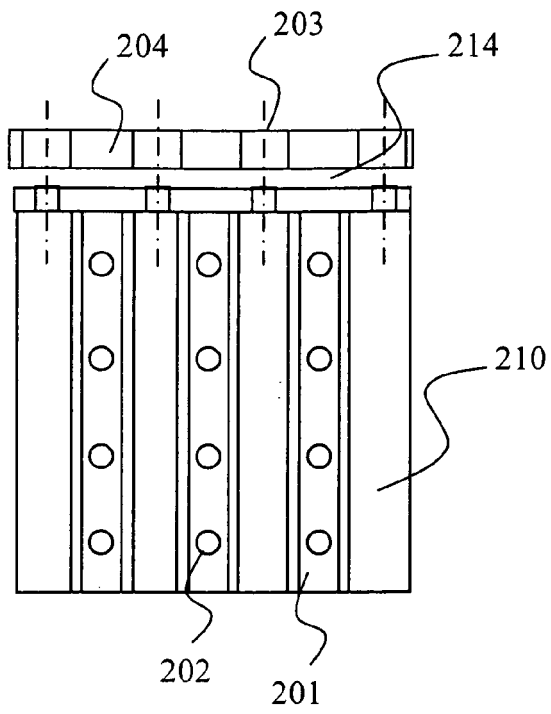


Abbildung 3a

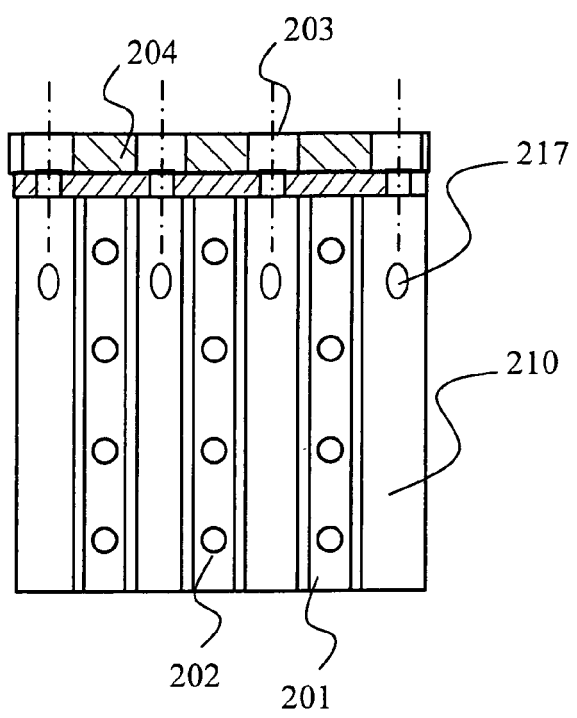


Abbildung 3b

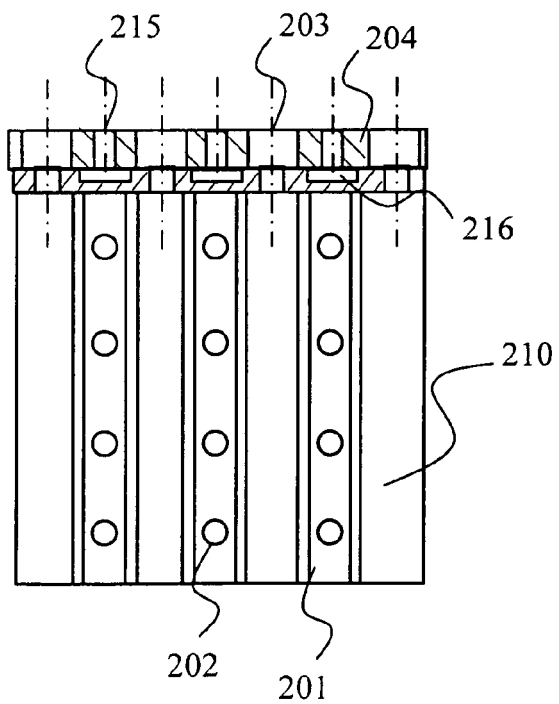


Abbildung 3c

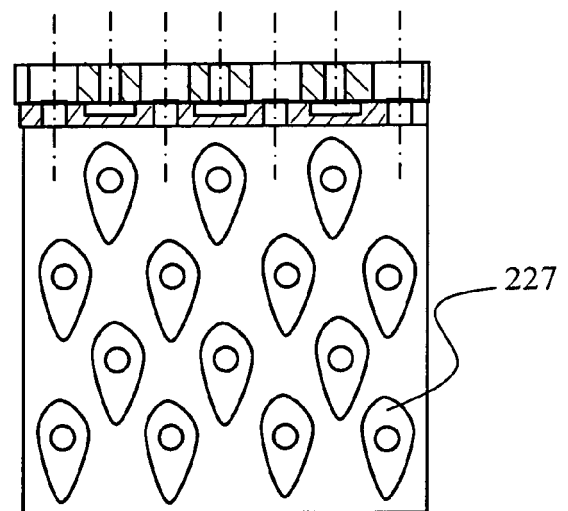


Abbildung 3d

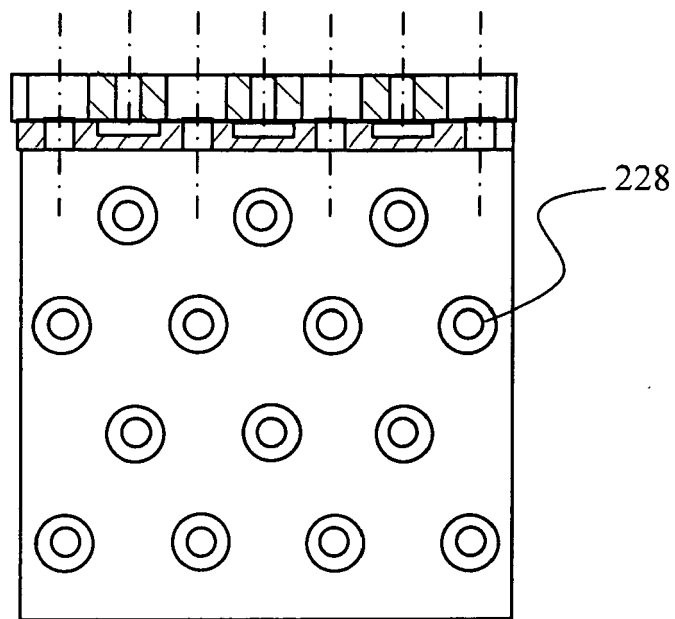


Abbildung 3e

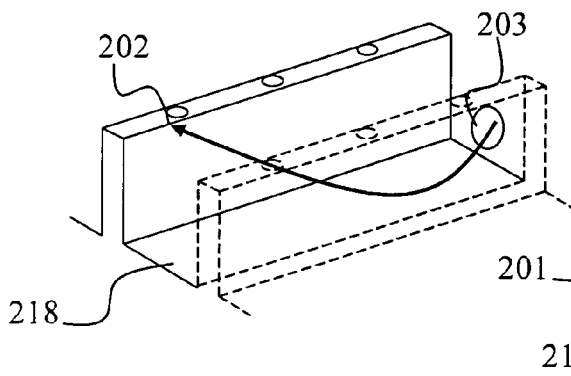


Abbildung 4a

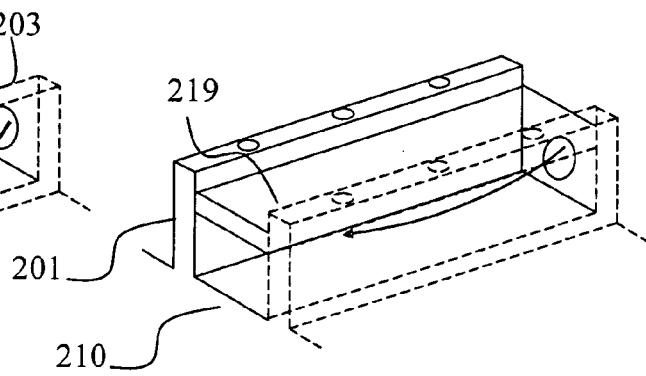


Abbildung 4b

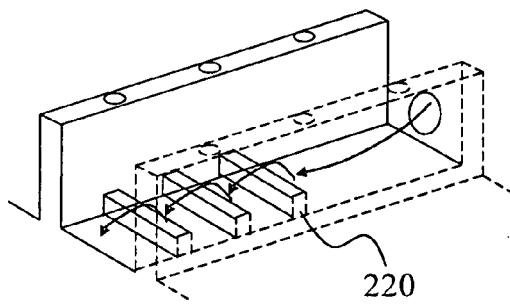


Abbildung 4c

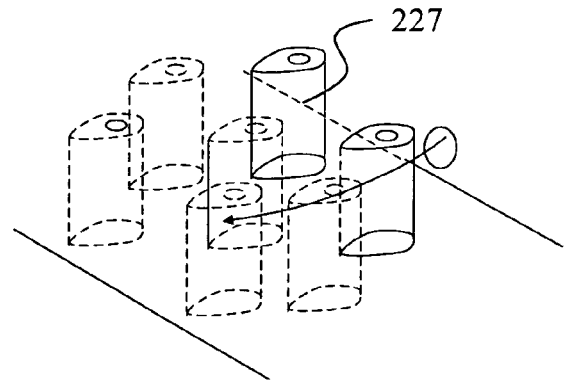


Abbildung 4d

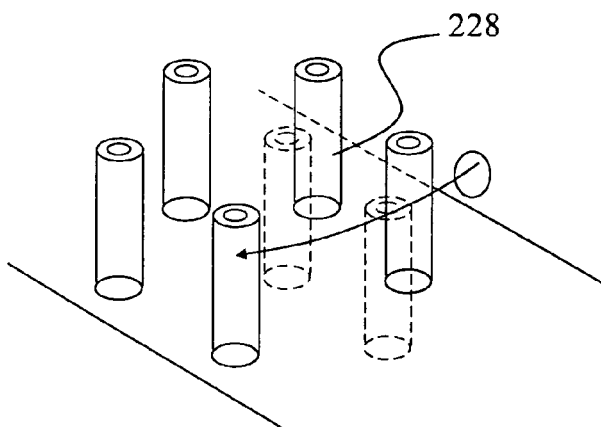


Abbildung 4e

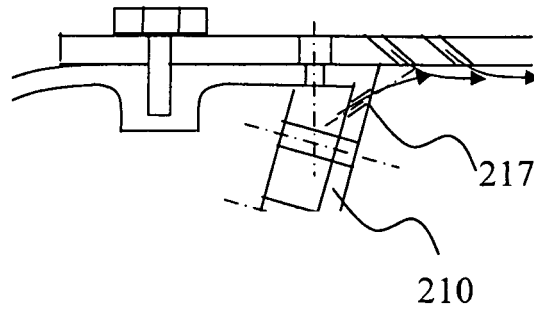


Abbildung 5a

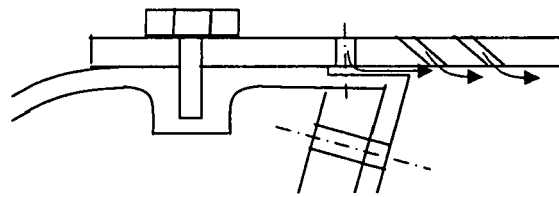


Abbildung 5b

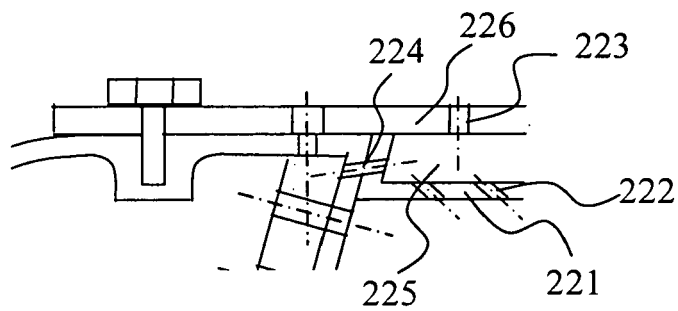


Abbildung 5c

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 4427222 A [0002] [0010] [0012]
- WO 9216798 A [0004] [0010]
- EP 0971172 A [0005] [0010]
- EP 0576717 A [0007] [0010]
- CA 2627627 A [0008]
- US 20070169992 A [0009] [0013]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- The absorption of axial acoustic waves by a perforated liner with bias flow. J. Fluid Mech. Cambridge University Press, 2003, vol. 485, 307-335 [0006]