(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 25 691 A1** 2004.01.22

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **103 25 691.1**
(22) Anmeldetag: **06.06.2003**
(43) Offenlegungstag: **22.01.2004**

(51) Int Cl.[7]: **F23D 14/78**
F23D 14/62, F23R 3/42

(30) Unionspriorität:
02147833 26.06.2002 GB

(71) Anmelder:
ALSTOM (Switzerland) Ltd., Baden, CH

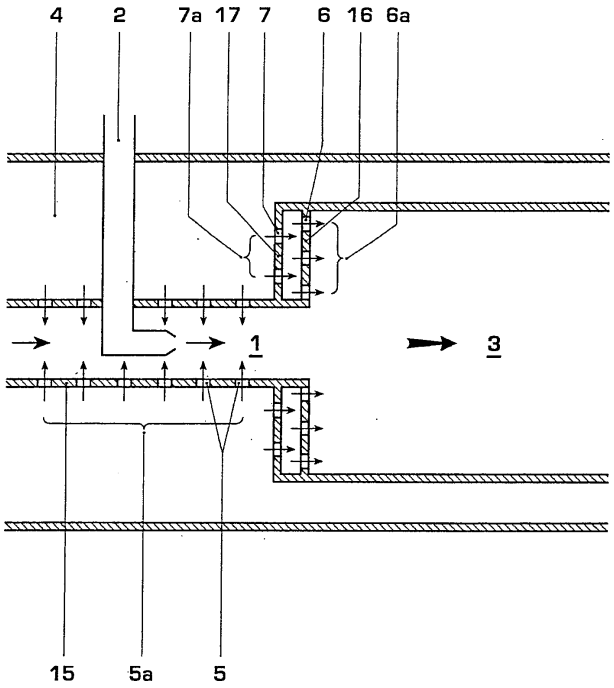
(74) Vertreter:
Rösler, U., Dipl.-Phys.Univ., Pat.-Anw., 81241 München

(72) Erfinder:
Bellucci, Valter, Fislisbach, CH; Flohr, Peter, Dr., Birmenstorf, CH; Paschereit, Christian Oliver, Dr., Baden, CH; Schuermans, Bruno, Basel, CH; Tabacco, Daniele, Baden, CH

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Wiederaufheizverbrennungssystem für eine Gasturbine**

(57) Zusammenfassung: Ein Wiederaufheizverbrennungssystem für eine Gasturbine umfasst ein Mischungsrohr, das gespeist werden kann durch Produkte einer primären Verbrennungszone der Gasturbine und durch Treibstoff, der mittels einer Düse eingespritzt wird, eine Brennkammer, die durch das Mischungsrohr versorgt wird, und mindestens einen perforierten akustischen Schirm. Der eine oder jeder der akustischen Schirme im Inneren des Mischungsrohres oder der Brennkammer ist an einer Stelle angebracht, wo er einer perforierten Wand des Mischungsrohres oder der Brennkammer gegenüber, jedoch in einem Abstand von ihr, steht. Im Betrieb erfährt die perforierte Wand eines Prallkühlung, wenn sie durch die Perforationen des akustischen Schirms hindurch Luft in das Verbrennungssystem hinein strömen lässt, und der akustische Schirm dämpft die akustischen Pulsationen im Mischungsrohr sowie in der Brennkammer.



Beschreibung

[0001] Diese Erfindung betrifft ein Wiederaufheizverbrennungssystem für eine Gasturbine. Insbesondere betrifft die Erfindung ein derartiges System, das eine akustische Dämpfung umfasst.

[0002] Bei modernen industriellen Gasturbinen, die mit Vormischverbrennungsflammen arbeiten, ist es wichtig, Druckpulsationen zu unterdrücken, um die Qualität des Verbrennungsprozesses zu bewahren und die Turbine strukturell unversehrt zu erhalten. Bisher wurden Techniken zur akustischen Dämpfung verwendet, um die Schallleistung zu dissipieren und somit die Druckpulsationen zu reduzieren.

Stand der Technik

[0003] Für herkömmliche Gasturbinen (die nur eine Verbrennungszone haben) ist bekannt, dass niederfrequente Pulsationen durch Helmholtzresonatoren gedämpft werden. Die einfachste Bauform eines Helmholtzresonators umfasst ein Resonanzvolumen mit einem Dämpfungsrohr, durch das das Fluid im Inneren des Resonators mit einem abgeschlossenen Raum, für den der Resonator eingesetzt wird, in Kontakt steht. Der Helmholtzresonator ist bei seiner Resonanzfrequenz in der Lage, einen kleinen Schalldruck an der Mündung des Dämpfungsrohrs zu erzeugen. Wenn die Resonanzfrequenz des Resonators mit einer Eigenfrequenz des abgeschlossenen Raumes übereinstimmt, deren Mode einen hohen Druckwert an dem Ort aufweist, an dem das Dämpfungsrohr liegt, dann ist der Resonator in der Lage, die akustische Mode zu dämpfen.

[0004] Der Vorteil eines Helmholtzresonators ist, dass die Querschnittsfläche des Dämpfungsrohrs bedeutend kleiner sein kann als die Randfläche des abgeschlossenen Raumes. Andererseits können Helmholtzresonatoren nur einzelne Moden mit einer Dämpfungseffizienz, die proportional zum Volumen des Resonanzhohlraums ist, dämpfen. Folglich ist der Einsatz von Helmholtzresonatoren in der Regel auf den Niederfrequenzbereich beschränkt, wo die Frequenzverschiebung zwischen den akustischen Moden relativ groß ist (d.h., die Druckmaxima sind voneinander klar getrennt) und das Resonanzvolumen auch relativ groß ist.

[0005] Als eine Alternative zu Helmholtzresonatoren ist der Einsatz von Viertelwellendämpfern bekannt. Bei solchen Dämpfern werden das Resonanzvolumen und das Dämpfungsrohr eines Helmholtzresonators durch ein einziges Rohr ersetzt.

[0006] Bei einer Gasturbine, die ein Wiederaufheizverbrennungssystem umfasst, wird eine sekundäre Verbrennungszone realisiert, indem Treibstoff in einen Hochgeschwindigkeitsgasstrom, der aus den Produkten der primären Verbrennungszone gebildet wird, eingespritzt wird. Folglich läuft die Verbrennung ab, ohne dass eine Flammenstabilisierung nötig ist, und Hochfrequenzpulsationen werden erzeugt. In einem solchen Fall sind klassische Helmholtzresonatoren für den in Frage kommenden Frequenzbereich nicht optimal.

[0007] Um das in Raketen- und Flugzeugtriebwerken erzeugte Hochfrequenzrauschen zu dämpfen, werden gewöhnlich Schallauskleidungen verwendet. Eine Auskleidung besteht meist aus einem perforierten Schirm, mit dem die Triebwerkskanäle (zum Beispiel die Gebläsekanäle eines Turbogebläsetriebwerks) ausgekleidet sind. Ein nicht perforierter Schirm ist hinter dem perforierten Schirm angeordnet, und im Allgemeinen ist eine Wabenstruktur zwischen den beiden Schirmen vorgesehen.

[0008] Die Aufgabe der Auskleidung besteht darin, eine Wand bereitzustellen, die akustisch nicht voll reflektiert und zum Dämpfen von Pulsationen über einen breiten Frequenzbereich in der Lage ist. Das akustische Verhalten der Auskleidung ist durch ihre Impedanz $Z=R+iX$ gegeben. Dies ist der Quotient aus dem Schalldruck und der Geschwindigkeit des Fluids senkrecht zur Wand, wobei beide in dem Frequenzbereich definiert sind. Der Realteil R der Impedanz ist der Widerstand, der durch dissipative Prozesse gegeben ist, die in den Hohlräumen der Auskleidung ablaufen. Der hauptsächliche dissipative Effekt besteht in der Umwandlung von Schallenergie in eine Ablösung von Wirbeln, die an den Rändern der Perforierungen im Schirm erzeugt, stromab mitgeführt und schließlich durch Turbulenz in Wärme dissipiert werden. Der Imaginärteil X der Impedanz ist die Reaktanz, welche die Trägheit des Fluids darstellt, welches in den Perforierungen und im Hohlraum zwischen den beiden Schirmen unter dem Einfluss des Schallfeldes fluktuiert.

[0009] Zur Dämpfung von Moden höherer Ordnung (d.h. für Hochfrequenzanwendungen) sind die Auskleidungen in der Regel so ausgelegt, dass ihr Widerstand R in der Nähe von ρc liegt (wobei ρ die Fluiddichte und c die Schallgeschwindigkeit im Fluid ist) und ihre Reaktanz X nahezu 0 ist. Es sollte verständlich sein, dass die Bedingungen $R = \rho c$ und $x = 0$ der Bedingung der Nachhallfreiheit entsprechen (d.h. der vollständigen Absorption der Schallenergie einer senkrecht einfallenden ebenen Welle).

[0010] Im Gegensatz zur Situation bei einem Helmholtzdämpfer ist die Effizienz der Auskleidung stark von dem Oberflächenanteil abhängig, der von der Auskleidung bedeckt wird. Folglich wurden verschiedene Ausführungen der Auskleidung vorgeschlagen, mit denen das gedämpfte Frequenzband erweitert wurde, indem eine mehrschichtige Auskleidung oder eine ungleichmäßige Verteilung von wabenförmigen Zellen zwischen den beiden Schirmen verwendet wurde. Die Wände des Brenners und der Brennkammer müssen jedoch durch Kaltluft gekühlt werden, die aus dem Kompressor kommt, und die Schallauskleidungen erleichtern dies nicht gerade.

Aufgabenstellung

[0011] Die vorliegende Erfindung stellt sich die Aufgabe, Mittel zur Dämpfung hochfrequenter Pulsationen für ein Gasturbinen-Wiederaufheizsystem bereitzustellen, mit dem sich gute Kühlcharakteristiken erreichen lassen.

[0012] Dementsprechend stellt die Erfindung ein Wiederaufheizverbrennungssystem für eine Gasturbine bereit, wobei das System Folgendes umfasst: ein Mischungsrohr, das gespeist werden kann durch Produkte einer primären Verbrennungszone der Gasturbine und durch Treibstoff, der mittels einer Düse eingespritzt wird, eine Brennkammer, die durch das Mischungsrohr versorgt wird, und mindestens einen perforierten akustischen Schirm, wobei der oder jeder der akustischen Schirme innerhalb des Mischungsrohres oder der Brennkammer an einer Stelle angebracht ist, wo er einer perforierten Wand des Mischungsrohres oder der Brennkammer gegenüber, jedoch in einem Abstand von ihr steht, so dass die perforierte Wand im Betrieb eine Prallkühlung erfährt, wenn sie durch die Perforationen des akustischen Schirms hindurch Luft in das Verbrennungssystem hinein strömen lässt, und der akustische Schirm die akustischen Pulsationen im Mischungsrohr sowie in der Brennkammer dämpft.

[0013] Eine Frontplatte der Brennkammer kann als eine solche perforierte Wand dienen, und das System kann mit einem akustischen Schirm ausgestattet sein, welcher der Frontplatte gegenüber steht. In einem solchen Falle können sowohl die Brennkammer als auch das Mischungsrohr allgemein zylindrisch und koaxial zueinander angeordnet sein, wobei das Mischungsrohr teilweise in die Brennkammer hineinragt und in seinem Endabschnitt von dem akustischen Schirm, welcher der Frontplatte gegenüber steht, umfasst wird, wobei die Anordnung derart ist, dass von dem akustischen Schirm, welcher der Frontplatte gegenüber steht, der Frontplatte, dem Mischungsrohr und einer zylindrischen Wand der Brennkammer gemeinsam ein im Wesentlichen ringförmiger Hohlraum dazwischen festgelegt wird.

[0014] Alternativ kann eine Frontplatte der Brennkammer als ein solcher akustischer Schirm dienen, und das System kann mit einer perforierten Wand ausgestattet sein, welche der Frontplatte gegenüber steht.

[0015] Eine Wand des Mischungsrohrs kann als eine solche perforierte Wand dienen, und das System kann mit einem akustischen Schirm ausgestattet sein, welcher dem Mischungsrohr gegenüber steht.

[0016] Eine Wand des Mischungsrohrs kann als ein solcher akustischer Schirm dienen, und das System kann mit einer perforierten Wand ausgestattet sein, welche dem Mischungsrohr gegenüber steht.

[0017] Eine Außenwand der Brennkammer kann als ein solcher akustischer Schirm dienen, und das System kann mit einer perforierten Wand ausgestattet sein, welcher der Außenwand der Brennkammer gegenüber steht.

[0018] Eine Außenwand der Brennkammer kann als eine solche perforierte Wand dienen, und das System kann mit einem akustischen Schirm ausgestattet sein, welcher der Außenwand der Brennkammer gegenüber steht.

[0019] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung stellt eine Gasturbine bereit, die eine Wiederaufheizverbrennung umfasst, wie oben dargelegt wurde.

[0020] Demzufolge sind die Ausführungsformen der Erfindung in der Lage, hochfrequente Pulsationen zu dämpfen. Die von der Erfindung bereitgestellten akustischen Schirme haben eine gewisse Ähnlichkeit mit den Auskleidungen, bringen aber im Wiederaufheizverbrennungssystem wesentliche Vorteile mit sich.

[0021] Wie schon bei den Verkleidungen wird auch bei, den erfindungsgemäßen akustischen Schirmen die Nachhallfreiheit angestrebt, um die gesamte Schallenergie einer senkrecht einfallenden ebenen Welle zu absorbieren. Im Gegensatz zu einer Verkleidung ermöglicht die Erfindung jedoch das Aufrechterhalten einer "Grundströmung", was ein Kühlen mit Hilfe von Kaltluft ermöglicht, die vom Kompressor kommt.

[0022] In einer Auskleidung ist der Widerstand R nicht linear, da er von der Mitführung und der Dissipation von akustisch erzeugten Wirbeln durch das Schallfeld selbst abhängt. Das Einstellen von R ist schwierig, da der Widerstand vom Schalldruck vor der Wand (der eine Funktion des einwirkenden R ist) abhängt. Wenn eine Grundströmung durch die Schirmperforationen aufrechterhalten wird, dann gibt es einen linearen Beitrag zu R von der Wirbelmitführung durch die Grundströmung. Der lineare Effekt überwiegt den nicht linearen, wenn die Geschwindigkeit der Grundströmung größer ist als die Schallgeschwindigkeit in der Perforation. In diesem Falle hängt R nur von der Frequenz ab und lässt sich einstellen, indem unabhängig vom Schallfeld auf die Geschwindigkeit der Grundströmung und die Porosität des Schirms Einfluss genommen wird.

[0023] Der akustische Schirm, der einen Teil der Erfindung bildet, erlaubt das Stattfinden einer Prallkühlung, indem der Hohlraum zwischen der perforierten Wand und dem akustischen Schirm verwendet wird (d.h. durch Einstellen der Reaktanz X auf 0 in Abhängigkeit von der zu dämpfenden Frequenz). Es ist zudem so, dass der Druckabfall zwischen der perforierten Wand und dem akustischen Schirm aufgeteilt sein kann. Das ist von Bedeutung, weil bei einem großen Druckabfall die Strahlgeschwindigkeit und die Dissipation beide auch groß sind, wodurch sich der akustische Widerstand einer akustisch vo11 reflektierenden Wand (d.h. ohne Dämpfung) ergibt.

Ausführungsbeispiel

[0024] Ausführungsformen der Erfindung werden nun in Form von Beispielen mit Bezug auf die beige-

fügten Zeichnungen beschrieben, von denen:

[0025] **Fig.** 1 ein Wiederaufheizverbrennungssystem zeigt, das gemäß der Erfindung eine Prallkühlung und einen akustischen Schirm umfasst, welcher der Frontplatte des Brenners zugeordnet ist;

[0026] **Fig.** 2 ein erfindungsgemäßes Wiederaufheizverbrennungssystem mit Prallkühlung und einem akustischen Schirm zeigt, welcher dem Brennermischungsrohr zugeordnet ist;

[0027] **Fig.** 3 ein erfindungsgemäßes Wiederaufheizverbrennungssystem mit Prallkühlung und einem akustischen Schirm zeigt, welcher der Brennkammerauskleidung zugeordnet ist;

[0028] **Fig.** 4a den Betrag des Reflexionskoeffizienten des akustischen Schirms für eine Membran mit der Geschwindigkeit **2**,**5**% und ohne eine Grundströmungsgeschwindigkeit durch die Löcher zeigt;

[0029] **Fig.** 4b die Phase des Reflexionskoeffizienten des akustischen Schirms für eine Membran mit der Geschwindigkeit **2**,5% und ohne eine Grundströmungsgeschwindigkeit durch die Löcher zeigt;

[0030] **Fig.** 5a den Betrag des Reflexionskoeffizienten des akustischen Schirms für eine Membran mit der Geschwindigkeit **2**,**5**% und mit einer Grundströmungsgeschwindigkeit von 8 m/s durch die Löcher zeigt; und

[0031] **Fig.** 5b die Phase des Reflexionskoeffizienten des akustischen Schirms für eine Membran mit der Geschwindigkeit **2**,**5**% und mit einer Grundströmungsgeschwindigkeit von 8 m/s durch die Löcher zeigt.

[0032] Die Figuren sind schematisch, und nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente sind dargestellt. Insbesondere zeigen die Figuren nicht die Hoch- und Tiefdruckturbinen (die stromauf vom Brenner bzw. stromab von der Brennkammer angeordnet sind), das primäre Verbrennungssystem oder den Kompressor. Diese Bestandteile sollten für die betreffenden Fachleute leicht zu verstehen und können herkömmlich sein.

[0033] **Fig.** 1 zeigt einen Brenner **1**, der mit einem vorgemischten Strom von Reaktanten versorgt wird, welcher durch Mischen des in den Brenner **1** eintretenden heißen Sauerstoffstroms (d.h. der Produkte der Primärverbrennung) mit dem durch die Düse **2** eingespritzten Treibstoffs erhalten wird.

[0034] Das Gemisch gelangt in die Brennkammer **3**, wo die Verbrennung stattfindet. Die Wände des Brenners **1** sind perforiert und werden durch Luft gekühlt, die aus dem Behälter **4** zuströmt. Dafür verfügt das Brennermischungsrohr **15** über Perforationsreihen **5**, welche die Luftströme **5a** einlassen. Diese dienen zur Kühlung des Mischungsrohrs **15** vermittels Effusion. Die axial anschließende Frontplatte **17** der Brennkammer **3** ist mit Öffnungen **7a** ausgestattet, die einen Luftstrom **7** einlassen, der die Frontplatte **17** durch Prallkühlung kühlt.

[0035] Im Inneren der Brennkammer **3** in einem Bereich, der axial an die Brennerfrontplatte **17** anschließt, ist ein ringförmiger Schirm **16** vorgesehen, der parallel zur Brennerfrontplatte **17** steht und von ihr durch einen kleinen axialen Abstand getrennt ist. Das Mischungsrohr **15** ragt in die Brennkammer **3** hinein, so dass es an demselben axialen Ort endet wie der akustische Schirm **16**, wodurch zwischen der Brennerfrontplatte **17** und dem Schirm **16** ein ringförmiger Hohlraum gebildet wird.

[0036] Der akustische Schirm **16** ist mit einer weiteren Reihe von Öffnungen **6** versehen, und diese lassen den Strom **7a** als Strom **6a** in die Brennkammer **3** ein.

[0037] Die Porosität des Schirms ist derart., dass der in die Brennkammer **3** eingeleitete Strom **6a** eine akustische Dämpfung gewährleistet, weil er eine Grundströmungsgeschwindigkeit aufweist, mit der die Bedingung $R = \rho c$ erfüllt werden kann. Der ringförmige Hohlraum ist so konfiguriert, dass die Reaktanz 0 oder nahezu 0 ist.

[0038] Akustische Schirme können alternativ oder zusätzlich an anderen Stellen des Brenners **1** angeordnet werden. **Fig.** 2 zeigt z.B. eine weitere Ausführungsform, in der das Mischungsrohr **15** mit einem zylindrischen koaxialen Schirm **18**, der eine Reihe von Perforationen **8** aufweist, ausgestattet ist. Der Fluidstrom **5** aus dem Behälter **4** gewährleistet eine Prallkühlung am Mischungsrohr **15**, und er gelangt nach dem Durchströmen des zylindrischen Hohlraums, der zwischen dem Schirm **18** und dem Mischungsrohr **15** gebildet wird, als Strom **8a** durch die Perforationen **8** hindurch in den Kernbereich des Mischungsrohrs, um dort eine Dämpfung der sich im Brenner **1** fortpflanzenden Schallwellen zu bewirken. In dieser Ausführungsform wird der Strom **7** durch die Frontplatte der Brennkammer **3** zur Effusionskühlung verwendet.

[0039] **Fig.** 3 zeigt eine weitere Ausführungsform, in der die Ströme **5a** und **6a** durch das Mischungsrohr **15** bzw. die Frontplatte des Brenners **16** eine Effusionskühlung bewirken. In diesem Falle ist die Wand der Brennkammer **3** durch Öffnungen **10** perforiert und wird von einer zylindrischen koaxialen Hülle **1a** mit geschlossenen Endwänden umgeben, so dass ein zylindrischer Hohlraum um die Außenseite der Wand der Brennkammer **3** herum gebildet wird. Die ringförmige Hülle **19** wird durch die Perforationen **9** perforiert.

[0040] Der Effekt dieser Anordnung ist, dass das Fluid aus dem Behälter **4** durch die Perforationen **9** als Strom **9a** einströmen kann. Der Strom **9a** verursacht die Prallkühlung. Das Fluid wird dann durch die Perforationen **10** in der Wand der Kammern in die Brennkammer **3** eingelassen, um die akustische Dämpfung zu bewirken. Der Effekt ist folglich wie in den vorigen Ausführungsformen der eines akustischen Schirms.

[0041] Jede der vorigen Ausführungsformen ließe sich zwar so auffassen; als sei der akustische Schirm entweder innerhalb oder außerhalb zum herkömmlichen Brenner **1** angeordnet In der Praxis jedoch ist es weitgehend irrelevant, von welcher Annahme aus-

gegangen wird.

[0042] Entscheidend ist, dass es eine Zweischichtstruktur mit einem eingeschlossenen Hohlraum gibt.

[0043] Die Schirme wurden mit Hilfe eines nummerischen Modells ausgelegt, und die **Fig.** 4 und 5 zeigen einen Vergleich zwischen nummerischer Vorhersage und experimentellen Ergebnissen für Ausführungsformen der perforierten Schirme. Die Ergebnisse zeigen den Betrag und die Phase des Reflexionskoeffizienten $r = (Z + \rho c)/(Z - \rho c)$. Die **Fig.** 4 und 5 veranschaulichen den Reflexionskoeffizienten für denselben Schirm mit bzw. ohne Grundströmung (und folglich mit nicht linearer bzw. linearer Dämpfung). Die Grundströmung erlaubt nicht nur das Einstellen der Resonanzfrequenz, sondern führt auch zu einer größeren akustischen Dämpfung.

[0044] Das Betragsdiagramm zeigt das Absorptionsmaximum bei der Resonanzfrequenz, die durch einen typischen Phasensprung gekennzeichnet ist. Sowohl Betrag als auch Phase zeigen eine gute Übereinstimmung zwischen Vorhersage und Experiment und weisen so die Wirksamkeit der Ausführungsformen nach.

[0045] Viele weitere Abänderungen und Modifikationen liegen für Fachleute auf diesem Gebiet mit Bezug auf die vorstehenden illustrierenden Ausführungsformen nahe, die lediglich als Beispiele dienen sollen und mit denen keine Einschränkung des Geltungsbereichs der sich aus den beigefügten Ansprüchen ergebenden Erfindung beabsichtigt ist.

Patentansprüche

1. Wiederaufheizverbrennungssystem für eine Gasturbine, wobei das System Folgendes umfasst:
ein Mischungsrohr, das gespeist werden kann durch Produkte einer primären Verbrennungszone der Gasturbine und durch Treibstoff, der mittels einer Düse eingespritzt wird,
eine Brennkammer, die durch das Mischungsrohr versorgt wird und
mindestens einen perforierten akustischen Schirm, wobei der eine oder jeder der akustischen Schirme im Inneren des Mischungsrohres oder der Brennkammer an einer Stelle angebracht ist, wo er einer perforierten Wand des Mischungsrohres oder der Brennkammer gegenüber, jedoch in einem Abstand von ihr steht, so dass die perforierte Wand im Betrieb eine Prallkühlung erfährt, wenn sie durch die Perforationen des akustischen Schirms hindurch Luft in das Verbrennungssystem hinein strömen lässt, und der akustische Schirm die akustischen Pulsationen im Mischungsrohr sowie in der Brennkammer dämpft.

2. Wiederaufheizverbrennungssystem nach Anspruch 1, wobei eine Frontplatte der Brennkammer eine solche perforierte Wand bildet und das System mit einem solchen akustischen Schirm ausgestattet ist, welcher der Frontplatte gegenüber steht.

3. Wiederaufheizverbrennungssystem nach Anspruch 2, wobei die Brennkammer und das Mischungsrohr beide allgemein zylindrisch und zueinander koaxial sind, das Mischungsrohr teilweise in die Brennkammer hinein ragt und in seinem Endabschnitt von dem akustischen Schirm, welcher der Frontplatte gegenüber steht, umfasst wird, wobei die Anordnung derart ist, dass der akustische Schirm, welcher der Frontplatte gegenüber steht, die Frontplatte, das Mischungsrohr und eine zylindrische Wand der Brennkammer gemeinsam einen im Wesentlichen ringförmigen Hohlraum festlegen.

4. Wiederaufheizverbrennungssystem nach Anspruch 1, wobei eine Frontplatte der Brennkammer einen solchen akustischen Schirm bildet und das System mit einer perforierten Wand ausgestattet ist, welche der Frontplatte gegenüber steht.

5. Wiederaufheizverbrennungssystem nach einem der. vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Wand des Mischungsrohres eine solche perforierte Wand bildet und das System mit einem akustischen Schirm ausgestattet ist, welcher dem Mischungsrohr gegenüber steht.

6. Wiederaufheizverbrennungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei eine Wand des Mischungsrohres einen solchen akustischen Schirm bildet und das System mit einer perforierten Wand ausgestattet ist, welche dem Mischungsrohr gegenüber steht.

7. Wiederaufheizverbrennungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Außenwand der Brennkammer einen solchen akustischen Schirm bildet und das System mit einer perforierten Wand ausgestattet ist, welche der Außenwand der Brennkammer gegenüber steht.

8. Wiederaufheizverbrennungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei eine Außenwand der Brennkammer eine solche perforierte Wand bildet und das System mit einem akustischen Schirm ausgestattet ist, welcher der Außenwand der Brennkammer gegenüber steht.

9. Gasturbine, die ein Wiederaufheizverbrennungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche umfasst.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

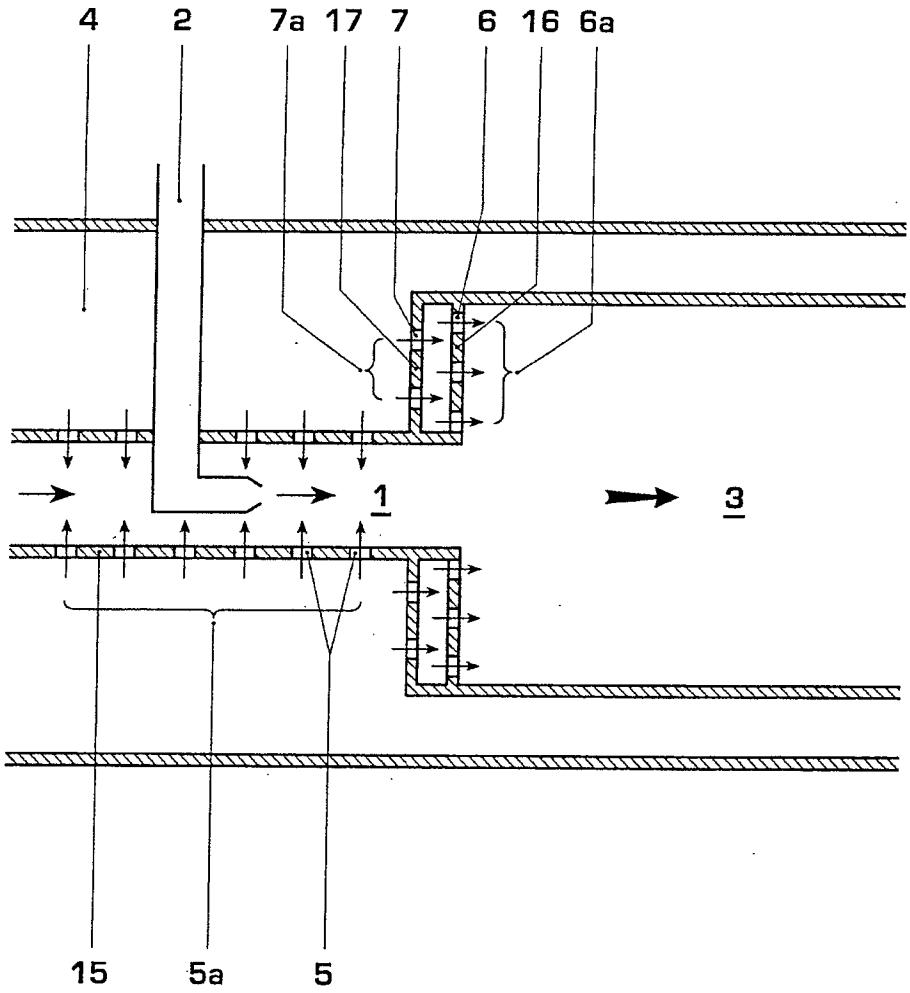


Fig. 1

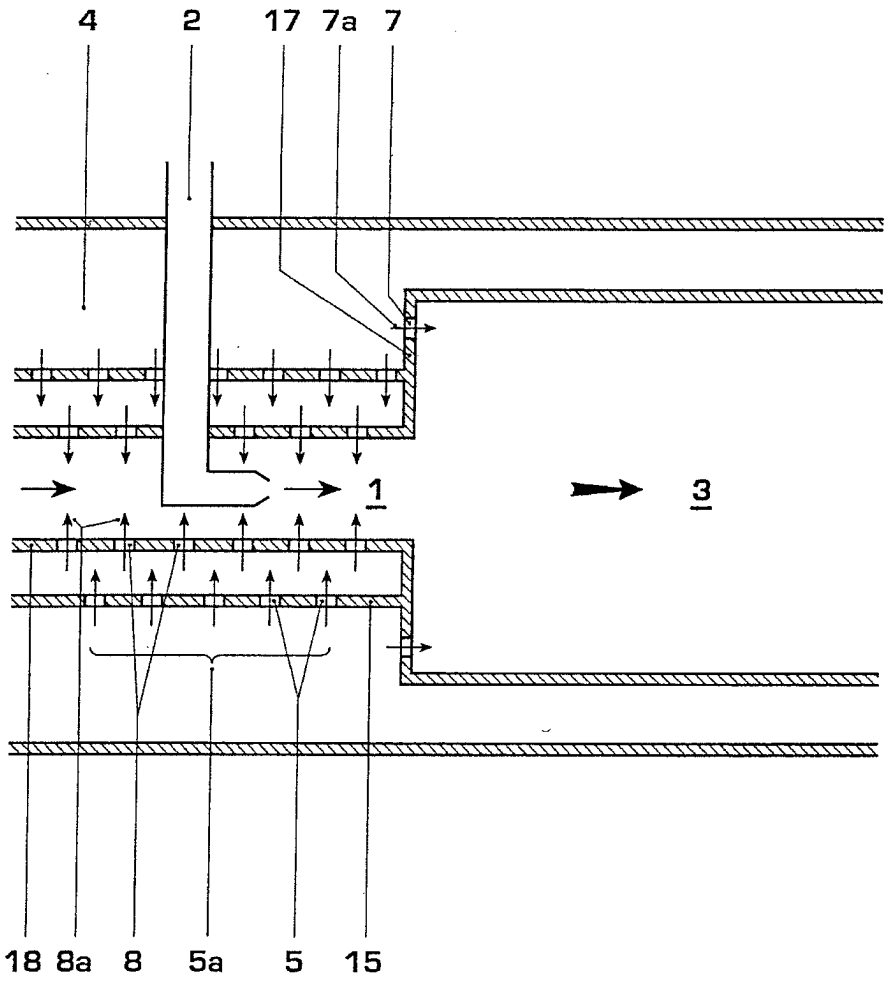


Fig. 2

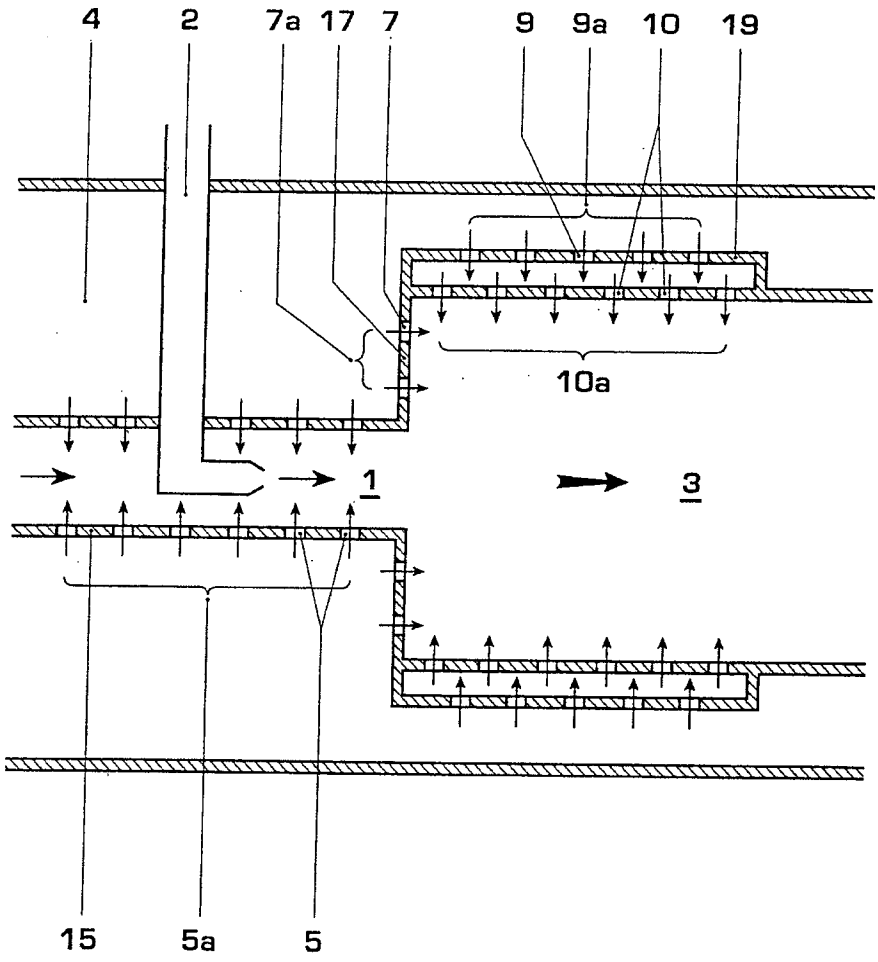


Fig. 3

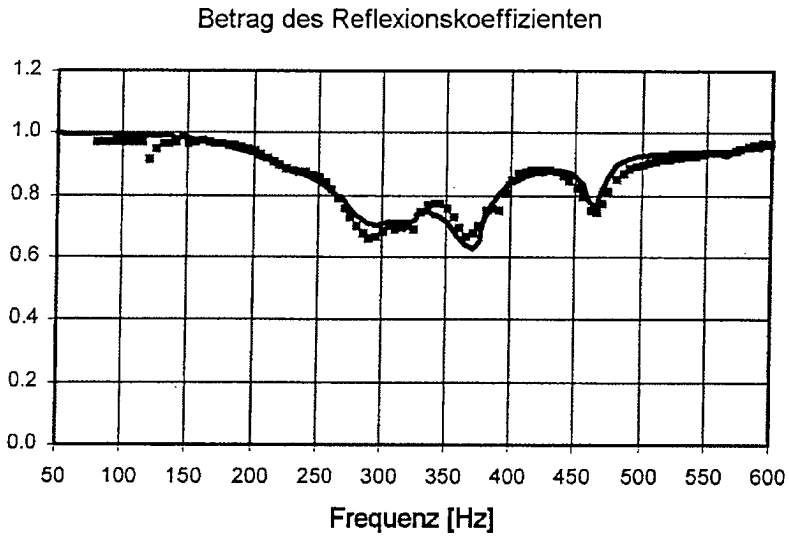

Betrag des Reflexionskoeffizienten
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600
Frequenz [Hz]

Fig. 4a

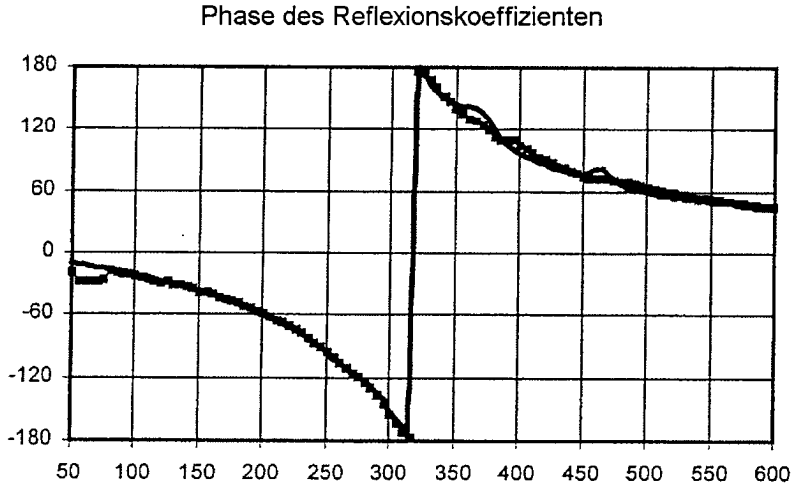

Phase des Reflexionskoeffizienten
180
120
60
0
-60
-120
-180
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600

Fig. 4b

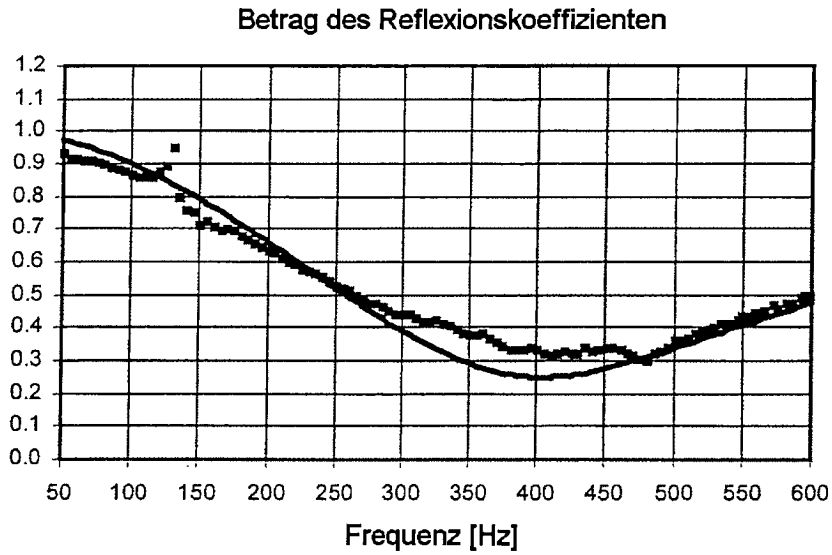

Betrag des Reflexionskoeffizienten
1.2
1.1
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600
Frequenz [Hz]

Fig. 5a

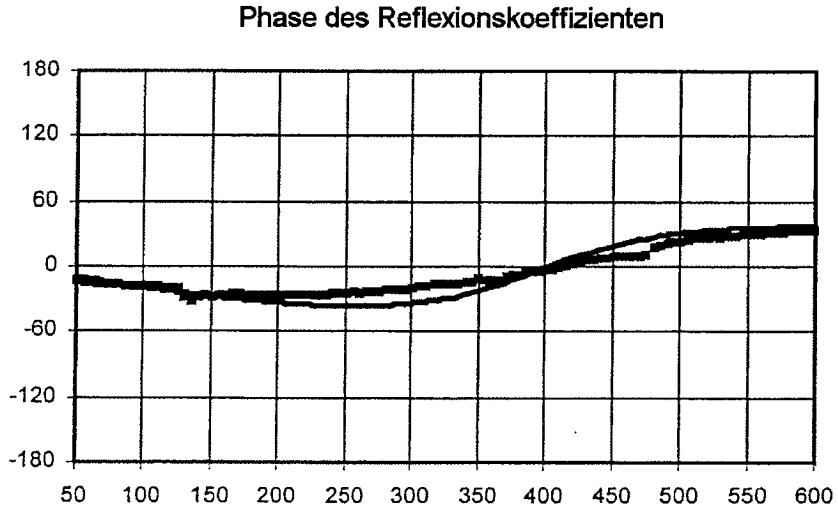

Phase des Reflexionskoeffizienten
180
120
60
0
-60
-120
-180
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600

Fig. 5b