

(19)



(11)

EP 0 745 809 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
12.11.2008 Patentblatt 2008/46

(51) Int Cl.:
F23R 3/16 (2006.01) **F23R 3/04** (2006.01)
F23R 3/26 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **96810314.3**

(22) Anmeldetag: **17.05.1996**

(54) **Wirbelgenerator für Brennkammer**

Vortex generator for combustion chamber

Générateur de tourbillons pour chambre de combustion

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **02.06.1995 DE 19520291**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.12.1996 Patentblatt 1996/49

(73) Patentinhaber: **Alstom Technology Ltd**
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder: **Schulte-Werning, Burkhard, Dr.**
4054 Basel (CH)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 455 487 EP-A- 0 547 808
EP-A- 0 619 456 EP-A- 0 694 740
US-A- 4 292 801

- **ZEITSCHRIFT FÜR FLUGWISSENSCHAFTEN
UND WELTRAUMFORSCHUNG, Bd. 9, Nr. 1,
1. Januar 1985, Seiten 34-42, XP000573338**
**KOEHLER J ET AL: "CALCULATION OF THE
DISTURBANCE TO COMBUSTION CHAMBER
FILM COOLING DUE TO AIR INJECTION
THROUGH A ROW OF JETS"**

EP 0 745 809 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Brennkammer gemäss Oberbegriff des Anspruchs 1. Sie betrifft auch ein Verfahren zum Betrieb einer solchen Brennkammer.

Stand der Technik

[0002] In der Regel muss in Brennkammern von Gasturbinen der über die entsprechenden Brenner strömende und in der Mischzone vor der Turbine durch eine Zumischung des nicht über die Brenner strömenden Massenstromes auf das für die Turbine adäquate Temperaturprofil eingestellt werden. Die Qualität aus dieser Zumischung wird üblicherweise über die Dimensionierung des Querschnittes und der Anzahl der Lufteintrittsöffnungen gesteuert. Diese Lufteintrittsöffnungen, die zugleich als Mischlufterdüsen wirken, sorgen gleichzeitig sowohl für die nötige Eindringtiefe der dort durchströmenden und kälteren Luft in die Heissgasströmung und erzeugen damit die für eine schnelle Mischung notwendige makroskopische Turbulenz als auch für eine ausreichende gleichmässige Verteilung der kälteren Luftzufuhr über die Brennkammerwand. Da diese beiden Effekte an sich gegenläufig sind, denn grössere Düsen führen zu grösserer Eindringtiefe und schlechterer Gleichverteilung und damit zu heissen bzw. kalten Strahlen in der Heissgasströmung, sind den erreichbaren Gleichmässigkeiten der Mischung Grenzen gesetzt, welche sich in einer Zunahme der Schadstoff-Emissionen und einer Minderung des Wirkungsgrades niederschlagen.

[0003] Aus der Schrift US-A-4,292,801 ist beispielsweise eine Brennkammer mit zwei Verbrennungszonen bekannt.

Darstellung der Erfindung

[0004] Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Der Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, liegt die Aufgabe zugrunde bei einer Brennkammer und ein Verfahren der eingangs genannten Art eine Verbesserung der Zumischungsqualität und Herabminderung der kalorischen Belastung der Brennkammer zu erzielen, gleichzeitig soll Aufgabe der Erfindung sein, eine Minimierung der Schadstoff-Emissionen und Maximierung des Wirkungsgrades zu gewährleisten.

[0005] Die Verbesserung dieser Zumischungsqualität, welche die übrigen Aufgabenziele auslöst, wird erreicht, indem die beiden oben genannten Effekte so voneinander getrennt werden, dass sie jeweils für sich betrachtet eine Optimierung erfahren.

[0006] Die Erzeugung der makroskopischen Wirbelbewegungen in der Heissgasströmung wird durch wirbelerzeugende Elemente, nachfolgend nur noch Wirbelgeneratoren genannt, erzielt, welche vorzugsweise an

der Brennkammerwand oder den Brennkammerwänden in der Mischstrecke, stromab der Primärzone, fixiert sind. Diese Wirbelgeneratoren dienen der Erzeugung der nötigen intensiven grossräumigen Mischbewegung zwischen Heissgasen und der einzumischenden Mischluft in Form einer Sekundärströmung, welche sich, im Gegensatz zum üblichen Vorgehen, unabhängig gegenüber dem Mischluftstrahl verhalten.

[0007] Die Mischluft wird nun über eine Anzahl kleiner Bohrungen in der Brennkammerwand gleichmässig dem Heissgas so zugeführt, dass eine überkritische Ausblasrate angestrebt wird, welche gleichzeitig eine Effusionskühlung gewährleistet. Auf Grund der angestrebten überkritischen Ausblasrate dringt die Mischluft in die Randzonen der durch die Wirbelgeneratoren initiierten Wirbel ein, wird durch diese Wirbel von der Wand fortgetragen und vermischt sich demnach rasch mit den Heissgasen. Da die Wirbelgeneratoren direkt den Heissgasen ausgesetzt sind, ist die damit erzielbare ausreichende Kühlung eine unabdingbare Voraussetzung einer derartigen Mischsektion.

[0008] Der Effusionskühleffekt beruht hauptsächlich auf der inneren konvektiven Kühlung beim Durchgang der Mischluft durch die Durchflussöffnungen und auf der möglichen Ausbildung eines Kühlluftfilms auf der Heissgasseite.

Wenn das Verhältnis zwischen Impuls des Mischluftstrahls und demjenigen der Heissgasströmung klein genug ist, wird auf der Heissgasseite die Strömungsgrenzschicht von der Mischluft nicht durchstossen und ein Kühlluftfilm kann sich optimal ausbilden. Ueberschreitet diese Ausblasrate einen kritischen Wert, so dringt der Mischluftstrahl ohne Ausbildung eines Kühlluftfilms in die Heissgasströmung ein. Bei geeigneter Auslegung wächst mit steigender Ausblasrate aber gleichzeitig der wandinnere Kühleffekt so an, dass die Gesamtkühlwirkung in etwa konstant gehalten werden kann.

[0009] Im überkritischen Bereich kann die Eindringtiefe des Mischluftstrahls in die Heissgasströmung nahe den Wirbelgeneratoren gering gehalten werden, mindestens eine Grössenordnung kleiner als bei den üblichen Lufteintrittsöffnungen, da sie lediglich so gross sein muss, dass die Mischluft zwar in die Wirbel eindringt, nicht aber der Mischluftstrahl selbst für die nötige grossskalige Turbulenz sorgen muss. Daher sind keine grossen Durchmesser erforderlich und die Zuführung der Mischluft kann grossflächig erfolgen.

[0010] Die vorgeschlagene Mischsektion lässt sich auch an verschiedene Lastzustände der Gasturbine anpassen. Wenn das für die Einmischung zur Verfügung stehende Druckgefälle variabel gestaltet wird, beispielsweise über eine einstellbare Vordrossel, so lässt sich auch der einzumischende Mischluftstrom kontrollieren. Wechselt dabei die Ausblasrate vom über- in den unterkritischen Bereich, ist trotz grosser Variation des Mischluftstroms eine gleichbleibende Wirkung der Effusionskühlung über einen grossen Lastbereich gegeben. Auf diese Weise wird sowohl die einzumischende Luft

grossflächig dem Mischprozess zugeführt und damit insgesamt die Mischqualität gesteigert, als auch die Wand der Mischsektion unabhängig von der Mischleistung vor zu hohen Temperaturen geschützt.

[0011] Eine derartige variable Mischsektion lässt sich sowohl in den üblichen Diffusions- und Vormischbrennkammern als auch in Brennkammerkonzepten mit gestufter Verbrennung einsetzen.

[0012] Vorteilhafte und zweckmässige Weiterbildungen der erfindungsgemässen Aufgabenlösung sind in den Vorrichtungsasprüchen gekennzeichnet.

[0013] Im folgenden werden anhand der Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt und näher erläutert. Alle für das unmittelbare Verständnis der Erfindung nicht erforderlichen Elemente sind weggelassen worden. Die Strömungsrichtung der Medien ist mit Pfeilen angegeben. Gleiche Elemente sind in den verschiedenen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen .

[0014] Es zeigt:

- Fig. 1 eine Brennkammer, als Ringbrennkammer konzipiert, mit einer Primärzone, einer Mischstrecke und einer Sekundärstufe,
- Fig. 2 eine Ansicht durch die Schittebene II-II, wobei die Wirbelgeneratoren an der Innen- und Aussenwand der Brennkammer fixiert sind,
- Fig. 3 eine Anordnung der Wirbelgeneratoren an der Innenwand fixiert,
- Fig. 4 eine perspektivische Darstellung eines Wirbelgenerators,
- Fig. 5 eine Ausführungsvariante des Wirbelgenerators,
- Fig. 6 eine Anordnungsvariante des Wirbelgenerators nach Fig. 5,
- Fig. 7 einen Wirbelgenerator in der Mischstrecke.
- Fig. 8-14 Varianten über die Zuführung einer Mischluft über die Wirbelgeneratoren und
- Fig. 15 einen allseitig perforierten Wirbelgenerator.

Wege zur Ausführung der Erfindung, gewerbliche Verwertbarkeit

[0015] Fig. 1 zeigt, wie aus der eingezeichneten Wellenachse 15 hervorgeht, dass es sich hier als Brennkammer um eine Ringbrennkammer 100 handelt, welche im wesentlichen die Form eines zusammenhängenden an-

nularen oder quasi-annularen Zylinders aufweist. Darüber hinaus kann eine solche Brennkammer auch aus einer Anzahl axial, quasi-axial oder schraubenförmig angeordneter und einzeln in sich abgeschlossener Brenn-
 5 räume bestehen. An sich kann die Brennkammer auch aus einem einzigen Rohr bestehen. Des weiteren kann diese Brennkammer die einzige Verbrennungsstufe einer Gasturbine oder eine Verbrennungsstufe einer sequentiell befeuerten Gasturbine sein. Die Ringbrennkammer 100 gemäss Fig. 1 besteht in Anströmungsrichtung aus einer Primärzone 1, dieser schliesst sich dann eine Mischstrecke 2 an, und dieser nachgeschaltet wirkt dann eine Sekundärstufe 3, die vorzugsweise als Zuströmung zu einer Turbine ausgebildet ist. Der Brenner sowie
 10 die Brennstoffzuführung und die Primärluftzuführung sind im wesentlichen am Anfang der Primärzone 1 plaziert und sind in vorliegender Fig. 1 mit Pfeil 13 versinnbildlicht. Die Primärzone 1 ist mit einem beabstandeten konzentrischen Rohr 11 ummantelt; dazwischen fliesst
 15 in Gegenströmrichtung eine Kühlluftmenge 12, welche eine Konvektivkühlung der Primärzone 1 gewährleistet. Diese Luft kann dann nach abgeschlossenem Durchlauf beispielsweise durch die Brenner gehen. Die Heissgase 4 aus der Primärzone 1 strömen in die Mischstrecke 2;
 20 die Innenwand 6 und die Aussenwand 5 dieser Mischstrecke 2 sind mit einer Reihe von Wirbelgeneratoren 200 bestückt, welche verschiedentlich in Umfangsrichtung der genannten Wände unterschiedlich angeordnet sein können. Auf die verschiedenen Formen, Wirkungsweisen und Anordnungen der Wirbelgeneratoren 200 wird weiter unten näher eingegangen. Im Bereich der
 25 Wirbelgeneratoren 200 ist die Mischstrecke 2 durch eine Kammer 10 ummantelt, in welche eine Mischluft 8 über Regelungsorgane 9 einströmt und sich dann dort über die verschiedenen Oeffnungen in der Innenwand 6 und Aussenwand 5 als auch durch die Wirbelgeneratoren 200 verteilt, um anschliessend in die Mischstrecke 2 zu strömen. Die erwähnten Oeffnungen sind beispielsweise in
 30 Fig. 8, 10, 12, 14 und 15 ersichtlich; diese Figuren werden weiter unten noch näher zur Erläuterung kommen. Die Mischluft 8 ist an sich von grösserer Menge, beispielsweise bis zu 50% und mehr des Gesamtmassenstromes. Bei einer solchen Mischluftmenge ist die Ausblasrate in die Mischstrecke 2 überkritisch, weshalb sich ein Kühlfilm entlang der Wände 5, 6 an sich nicht ausbilden kann. Selbstverständlich ist es so, dass bei starker Drosselung der Mischluft 8 über die Regelorgane 9 die möglich eingemischte Luft 8 deutlich sinkt, weshalb dann die Menge des Heissgasstromes 4 ansteigt. Erreicht diese Mischluftmenge 8 einmal die unterkritische Ausblasrate, so bildet sich dann immer noch ein Kühlfilm entlang der Wände
 35 5, 6, wodurch eine ausreichende Wandkühlung immer noch gewährleistet ist. An sich wird aber bestimmungsgemäss eine überkritische Ausblasrate angestrebt, weil dann die Mischluft 8 in die Randzonen der durch die dort angeordneten Wirbelgeneratoren 200 ausgelösten Wirbel eindringt. Durch diese Wirbel wird die einströmende Mischluft 8 von den Wänden 5, 6 fortgetragen, womit sie

sich rasch mit den durch die Brennkammer 100 strömenden Heissgasen 4 vermischt. Allseitige Oeffnungen durch die Wirbelgeneratoren 200 (Vgl. unten Fig. 15) bilden zudem eine ausreichende Kühlung der letztgenannten gegen die Heissgase 4. Die überkritische Ausblasrate sorgt auch dafür, dass die Eindringtiefe der Mischluft 8 in die Heissgase 4 im Bereich der Wirbelgeneratoren 200 klein gehalten werden kann. Sie muss lediglich so gross sein, dass die Mischluft 8 zwar in die von den Wirbelgeneratoren 200 ausgelösten Wirbel eindringt, nicht aber, dass die einströmende Mischluft 8 für eine grossskalige Turbulenz sorgen muss. Von daher weisen die Oeffnungen auch keinen grossen Querschnitt resp. Durchmesser auf, wobei die Einbringung der Mischluft 8 innerhalb der Mischstrecke 2 grossflächig erfolgen kann. Selbstverständlich lässt sich die Einbringung der Mischluft 8 in die Mischstrecke 2 in Abhängigkeit zur Last der Anlage regeln. Die senkrechte Verbindungskante (Vgl. 4-7, Pos. 216) der Wirbelgeneratoren 200 bildet zugleich den Uebergang von der Mischstrecke 2 zur Sekundärstufe 3, wobei hier eine Einschnürung der Mischzone 2 resultiert, welche dann zu einem unmittelbaren Querschnittsprung 14 am Anfang der Sekundärstufe 3 führt. Die variable Aufteilung der Massenströme 4, 8 bewirkt, dass je nach Lastzustand der Anlage die Kühlwirkung der Mischluft 8 beim Wanddurchtritt entweder durch den Wärmeübergang im Inneren der Oeffnungen alleine oder durch eine Kombination mit dem Kühlfilm erzielt wird. Beim ersten Fall handelt es sich um einen überkritischen Fall mit hohem Massenstrom und hohem Vordruck, beim zweiten Fall geht es um einen unterkritischen Fall mit geringem Massenstrom und geringem Vordruck. Demnach ist die so gebildete Mischkonfiguration variabel in dem Sinne, als der Mischluftstrom 8 stark lastabhängig sein darf, ohne dass eine Ueberhitzung des Materials, insbesondere der Wirbelgeneratoren 200 und der Wände 5, 6, auftritt. Auslegungskriterium betreffend Eindüsungsgeometrie ist demnach eine über einen grösseren Bereich nur schwach vom Mischluftstrom 8 abhängige Kühleffektivität. Eine derartige so konzipierte Mischstrecke 2 findet sowohl ihre Anwendung bei gestufter Verbrennung als auch bei Brennern, wobei es hier darum geht, trotz veränderlicher Last mit konstantem Brennstoff-Luft-Verhältnis fahren zu können.

[0016] Fig. 2 ist ein Ausschnitt aus der Schnittebene II-II von Fig. 1 und zeigt eine Konfiguration von Wirbelgeneratoren 200, welche sowohl an der Aussenwand 5 als auch an der Innenwand 6 fixiert sind. Sie sind in Umfangsrichtung zueinander anliegend, wobei der Durchfluss der Heissgase 4 durch den Freiraum aus der radialen Beabstandung der gegenüberliegenden Spitzen der Wirbelgeneratoren 200 sowie aus den Zwischenräumen der frei umströmten Flächen gegeben ist. Die in dieser Figur ersichtlichen gekrümmten Linien wollen die von den Wirbelgeneratoren 200 ausgelösten Wirbel darstellen.

[0017] Fig. 3 entspricht weitgehend Fig. 2, wobei hier die Wirbelgeneratoren 200 nur an der Innenwand 6 fixiert

sind.

[0018] In den Figuren 4, 5 und 6 ist die eigentliche Mischstrecke 2 nicht dargestellt. Dargestellt ist hingegen durch einen Pfeil die Strömung der Heissgase 4, womit auch die Strömungsrichtung vorgegeben ist. Gemäss diesen Figuren besteht ein Wirbelgenerator 200, 201, 202 im wesentlichen aus drei frei umströmten dreieckigen Flächen. Es sind dies eine Dachfläche 210 und zwei Seitenflächen 211 und 213. In ihrer Längserstreckung verlaufen diese Flächen unter bestimmten Winkeln in Strömungsrichtung. Die Seitenwände der Wirbelgeneratoren 200, 201, 202, welche vorzugsweise aus rechtwinkligen Dreiecken bestehen, sind mit ihren Längsseiten mindestens auf der bereits angesprochenen Kanalwand 6 fixiert, vorzugsweise gasdicht. Sie sind so orientiert, dass sie an ihren Schmalseiten einen Stoss bilden unter Einschluss eines Pfeilwinkels α . Der Stoss ist als scharfe Verbindungskante 216 ausgeführt und steht senkrecht zu jeder Kanalwand 5, 6, mit welcher die Seitenflächen bündig sind. Die beiden den Pfeilwinkel α einschliessenden Seitenflächen 211, 213 sind in Fig. 4 symmetrisch in Form, Grösse und Orientierung, sie sind beidseitig einer Symmetrieachse 217 angeordnet, welche gleichgerichtet wie die Kanalachse ist.

Die Dachfläche 210 liegt mit einer quer zum durchströmten Kanal verlaufenden und sehr schmal ausgebildeten Kante 215 an der gleichen Kanalwand 6 an wie die Seitenflächen 211, 213. Ihre längsgerichteten Kanten 212, 214 sind bündig mit den in den Strömungskanal hineinragenden, längsgerichteten Kanten der Seitenflächen 211, 213. Die Dachfläche 210 verläuft unter einem Anstellwinkel Θ zur Kanalwand 6, deren Längskanten 212, 214 bilden zusammen mit der Verbindungskante 216 eine Spitze 218. Selbstverständlich kann der Wirbelgenerator 200, 201, 202 auch mit einer Bodenfläche versehen sein, mit welcher er auf geeignete Weise an der Kanalwand 6 befestigt ist. Eine derartige Bodenfläche steht indessen in keinem Zusammenhang mit der Wirkungsweise des Elementes.

[0019] Die Wirkungsweise des Wirbelgenerators 200, 201, 202 ist die folgende: Beim Umströmen der Kanten 212 und 214 wird die Hauptströmung in ein Paar gegenläufiger Wirbel umgewandelt, wie dies in den Figuren schematisch skizziert ist. Die Wirbelachsen liegen in der Achse der Hauptströmung. Die Drallzahl und der Ort des Wirbelaufplatzens (Vortex Breakdown), sofern letzteres angestrebt wird, werden durch entsprechende Wahl des Anstellwinkels Θ und des Pfeilwinkels α bestimmt. Mit steigenden Winkeln wird die Wirbelstärke bzw. die Drallzahl erhöht, und der Ort des Wirbelaufplatzens verschiebt sich stromaufwärts bis hin in den Bereich des Wirbelgenerators 200, 201, 202 selbst. Je nach Anwendung sind diese beiden Winkel Θ und α durch konstruktive Gegebenheiten und durch den Prozess selbst vorgegeben. Angepasst werden müssen diese Wirbelgeneratoren nur noch bezüglich Länge und Höhe, wie dies weiter unten unter Fig. 7 noch detailliert zur Ausführung gelangen wird.

[0020] In Fig. 4 bildet die Verbindungskante 216 der beiden Seitenflächen 211, 213 die stromabwärtsseitige Kante des Wirbelgenerators 200. Die quer zum durchströmten Kanal verlaufende Kante 215 der Dachfläche 210 ist somit die von der Kanalströmung zuerst beaufschlagte Kante.

[0021] In Fig. 5 ist ein sogenannter halber "Wirbelgenerator" auf der Basis eines Wirbelgenerators nach Fig. 4 gezeigt. Beim hier gezeigten Wirbelgenerator 201 ist nur die eine der beiden Seitenflächen mit dem Pfeilwinkel $\alpha/2$ versehen. Die andere Seitenfläche ist gerade und in Strömungsrichtung ausgerichtet. Im Gegensatz zum symmetrischen Wirbelgenerator wird hier nur ein Wirbel an der gepfeilten Seite erzeugt, wie dies in der Figur versinnbildlicht wird. Demnach liegt stromab dieses Wirbelgenerators kein wirbelneutrales Feld vor, sondern der Strömung wird ein Gesamtdrall aufgezwungen.

[0022] Fig. 6 unterscheidet sich gegenüber Fig. 4 insoweit, als hier die scharfe Verbindungskante 216 des Wirbelgenerators 202 jene Stelle ist, welche von der Kanalströmung zuerst beaufschlagt wird. Das Element ist demnach um 180° gedreht. Wie aus der Darstellung ersichtlich ist, haben die beiden gegenläufigen Wirbel ihren Drehsinn geändert.

[0023] Fig. 7 zeigt die grundsätzliche Geometrie eines in der Mischstrecke 2 eingebauten Wirbelgenerators 200. In der Regel wird man die Höhe h der Verbindungskante 216 mit der Kanalhöhe H , oder der Höhe des Kanalteils, welchem dem Wirbelgenerator zugeordnet ist, so abstimmen, dass der erzeugte Wirbel unmittelbar stromab des Wirbelgenerators 200 bereits eine solche Grösse erreicht, dergestalt, dass damit die volle Kanalhöhe H ausgefüllt wird. Dies führt zu einer gleichmässigen Geschwindigkeitsverteilung in dem beaufschlagten Querschnitt. Ein weiteres Kriterium, das Einfluss auf das zu wählende Verhältnis der beiden Höhen h/H nehmen kann, ist der Druckabfall, der beim Umströmen des Wirbelgenerators 200 auftritt. Es versteht sich, dass mit grösserem Verhältnis h/H auch der Druckverlustbeiwert ansteigt.

[0024] Die Wirbelgeneratoren 200, 201, 202 werden hauptsächlich und vorzugsweise dort eingesetzt, wo es darum geht, zwei Strömungen miteinander zu mischen. Die Hauptströmung 4 als Heissgase attackiert in Pfeilrichtung die quergerichtete Kante 215, respektiv die Verbindungskante 216. Die Mischluft 8 (Vgl. Fig. 1), weist eine Menge auf, die bis zu 50% und mehr der Hauptströmung 4 beträgt. Diese Mischluftströmung 8 wird im vorliegenden Fall stromauf und stromab der Wirbelgenerator sowie durch die Wirbelgeneratoren selbst in die Hauptströmung 4 eingeleitet, wie dies aus Fig. 1 besonders gut hervorgeht.

[0025] In den dargestellten Beispielen gemäss Fig. 2 und 3 sind die Wirbelgeneratoren bündig zueinander platziert; selbstverständlich können diese Wirbelgeneratoren mit einem Abstand zueinander über den Umfang der Mischstrecke 2 verteilt sein. Für die Wahl der Geometrie, Anzahl und Anordnung der Wirbelgeneratoren ist letztlich

der zu erzeugenden Wirbel massgebend.

[0026] Die Figuren 8-15 zeigen weitere Wirbelgeneratoren mit verschiedenen Konfigurationen hinsichtlich der Durchflussöffnungen oder Bohrungen für die Einstromung der Mischluft in die Hauptströmung. Wahlweise können diese Durchgänge auch zur Einbringung eines weiteren oder anderen Mediums, beispielsweise eines Brennstoffes, in die Mischstrecke benutzt werden.

[0027] Fig. 10 zeigt Kanalwandbohrungen 220, die sich stromabwärts der Wirbelgeneratoren befinden, sowie weitere Wandbohrungen 221, die sich unmittelbar neben der Seitenflächen 211, 213 und in deren Längserstreckung in der gleichen Kanalwand 6 befinden, an der die Wirbelgeneratoren fixiert sind. Die Einleitung der Mischluftströmung durch die Wandbohrungen 221 verleiht den erzeugten Wirbeln einen zusätzlichen Impuls und Kühlwirkung, was die Lebensdauer des Wirbelgenerators verlängert.

[0028] In Fig. 9, 10 wird die Mischluftströmung über einen Schlitz 222 oder über Wandbohrungen 223 eingedüst, wobei sich beide Vorkehrungen unmittelbar vor der quer zum durchströmten Kanal verlaufenden Kante 215 der Dachfläche 210 und in deren Längserstreckung in der gleichen Kanalwand 6 befinden, an der die Wirbelgeneratoren angeordnet sind. Die Geometrie der Wandbohrungen 223 oder des Schlitzes 222 ist so gewählt, dass die Mischluft, allenfalls ein anderes Medium, unter einem bestimmten Eindüsungswinkel in die Hauptströmung 4 eingegeben wird und den nachplazierten Wirbelgenerator als Schutzfilm gegen die heisse Hauptströmung 4 durch Umströmung weitgehend abschirmt.

[0029] In den nachstehend beschriebenen Beispielen wird die Mischluftströmung, wie aus Fig. 1 ersichtlich, ins hohle Innere der Wirbelgeneratoren eingeleitet. Damit wird, ohne weitere Dispositiven vorzusehen, die angestrebte Mischungsmechanik gegenüber der Hauptströmung 4 sowie die eminent wichtige Kühlmöglichkeit für die Wirbelgeneratoren selbst geschaffen.

[0030] Selbstverständlich kann die Mischluftströmung anhand einer Kombination der bereits beschriebenen Einblas-Möglichkeiten (Fig. 8-10) sowie anhand der weiteren Möglichkeiten gemäss den nachfolgend zur Beschreibung gelangenden Figuren 11-15 eingebracht werden. Zur Wahrung einer gewissen Uebersichtlichkeit sind die gepfeilten Durchflussöffnungen in den verschiedenen Figuren 8-14 nur qualitativ gezeigt, womit es ohne weiteres möglich ist, die betreffenden oder alle Flächen des Wirbelgenerators ganz mit zueinander beabstandeten Durchflussöffnungen zu versehen, wie dies aus Fig. 15 ersichtlich ist.

[0031] In Fig. 11 wird die Mischluftströmung über Bohrungen 224 eingedüst, welche die Dachfläche 210 belegen, wobei die Einstromung der Mischluftströmung quer zum durchströmten Kanal resp. zur Kante 215 geschieht. Die Kühlung des Wirbelgenerators erfolgt hier mehr extern als intern. Die austretende Mischluftströmung entfaltet bei unterkritischer Ausblasrate beim Umströmen der Dachfläche 210 eine diese gegen die heisse Haupt-

strömung 4 abschirmende Schutzschicht, ansonsten, bei überkritischer Ausblasrate, entsteht die Mischwirkung, wie sie unter Fig. 1 beschrieben worden ist.

[0032] In Fig. 12 wird die Mischluftströmung über Bohrungen 225 eingedüst, welche innerhalb der Dachfläche 210 mindestens entlang der Symmetrielinie 217 gestaffelt angeordnet sind. Mit dieser Variante werden die Kanalwände 6 besonders gut vor der heissen Hauptströmung 4 geschützt, da die Mischluftströmung zunächst am Aussenumfang der Wirbel eingeführt wird.

[0033] In Fig. 13 wird die Mischluftströmung über Bohrungen 226 eingedüst, die sich mindestens in den längsgerichteten Kanten 212, 214 der Dachfläche 210 befinden. Diese Lösung gewährleistet eine gute Kühlung des Wirbelgenerators, da die Mischluftströmung an dessen Extremitäten austritt und somit die Innenwandungen des Elementes voll umspült. Die Mischluftströmung wird hier direkt in den entstehenden Wirbel hineingegeben, was bei überkritischer Ausblasrate zu einer definierten Mischung innerhalb der Hauptströmung führt.

[0034] In Fig. 14 geschieht die Eindüsung der Mischluftströmung über Bohrungen 227, die sich in den Seitenflächen 211 und 213 befinden, einerseits im Bereich der Längskanten 212 und 214, andererseits im Bereich der Verbindungskante 216. Diese Variante ist wirkungsähnlich wie jene aus Fig. 8 (Bohrungen 221) und aus Fig. 13 (Bohrungen 226).

Bezugszeichenliste

[0035]

1	Primärzone
2	Mischstrecke, Kanal
3	Sekundärstufe
4	Heissgase, Hauptströmung
5	Aussenwand der Brennkammer, Kanalwand
6	Innenwand der Brennkammer, Kanalwand
7	Heissgase zur Beaufschlagung einer Strömungsmaschine
8	Mischluft, Mischluftströmung, Sekundärströmung
9	Regelorgane
10	Verteilkammer
11	Konzentrisches Rohr
12	Kühlluft
13	Brenner, Brennstoffzuführung
14	Wellenachse
100	Brennkammer
200,	201, 202 Wirbelgeneratoren
210	Dachfläche
211, 213	Seitenflächen
212, 214	Längsgerichtete Kanten
215	Querverlaufende Kante
216	Verbindungskante
217	Symmetrieachse
218	Spitze

220-227 Durchflussöffnungen oder Bohrungen zur Eindüsung der Mischluft in die Hauptströmung

L, h, Abmessungen des Wirbelgenerators

5 H Höhe des Kanals

α Pfeilwinkel

θ Anstellwinkel

10 Patentansprüche

1. Brennkammer, welche im wesentlichen aus einer Primärzone (1), einer in Strömungsrichtung nachgeschalteten Sekundärstufe (3) besteht, wobei die beiden Stufen (1, 3) durch eine Hauptströmung (4) durchströmt sind und für eine Verbrennung in einer Wirkverbindung zueinander stehen, **dadurch gekennzeichnet, dass** intermediär zwischen der Primärzone und der Sekundärstufe eine Mischstrecke (2) angeordnet ist, dass die Mischstrecke mit Wirbelgeneratoren (200, 201, 202) bestückt ist, welche querschnittsverengend in die Mischstrecke (2) hineinragen, und dass Mischstrecke und Wirbelgeneratoren Durchlassöffnungen (220, 221, 223; 225, 226, 227) aufweisen, über welche eine Mischluftmenge (8) in die Hauptströmung (4) eindüsbar ist.

2. Brennkammer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Wirbelgenerator (200) drei frei umströmte Flächen aufweist, die sich in Strömungsrichtung erstrecken, von denen eine die Dachfläche (210) und die beiden anderen die Seitenflächen (211, 213) bilden, dass die Seitenflächen (211, 213) mit einem gleichen Wandsegment des Kanals (2) bündig sind und miteinander den Pfeilwinkel (α) einschliessen, dass die Dachfläche (210) mit einer quer zum durchströmten Kanal (2) verlaufende Kante (215) am gleichen Wandsegment (5, 6) des Kanals (2) anliegt wie die Seitenflächen (211, 213), und dass längsgerichtete Kanten (212, 214) der Dachfläche (210) bündig mit den in den Kanal (2) hineinragenden längsgerichteten Kanten der Seitenflächen (211, 213) sind und unter einem Anstellwinkel (θ) zum Wandsegment des Kanals (5) verlaufen.

3. Brennkammer nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Pfeilwinkel (α) einschliessenden Seitenflächen (211, 213) des Wirbelgenerators (200) symmetrisch um eine Symmetrieachse (217) angeordnet sind.

4. Brennkammer nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden den Pfeilwinkel (α , $\alpha/2$) einschliessenden Seitenflächen (211, 213) eine Verbindungskante (216) miteinander umfassen, welche zusammen mit den längsgerichteten Kanten (212, 214) der Dachfläche (210) eine Spitze (218) bilden, und dass die Verbindungskante (216) in der Radiale

des Kanals (2) liegt.

5. Brennkammer nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungskante (216) und/oder die längsgerichteten Kanten (212, 214) der Dachfläche (210) zumindest annähernd scharf ausgebildet ist.
6. Brennkammer nach den Ansprüchen 1, 2, 3, 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Symmetrieachse (217) des Wirbelgenerators (200) parallel zur Kanalachse verläuft, dass die Verbindungskante (216) der beiden Seitenflächen (211, 213) die stromabwärtige Kante des Wirbelgenerators (200) bildet, und dass die quer zum durchströmten Kanal (2) verlaufende Kante (215) der Dachfläche (210) die von der Hauptströmung (4) zuerst beaufschlagte Kante ist.
7. Brennkammer nach den Ansprüchen 1 und 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungskante (216) den Übergang zwischen Mischstrecke (2) und Sekundärstufe (3) bildet.
8. Brennkammer nach einem der Ansprüche 1-7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wirbelgenerator (220, 201, 202) integral über alle Flächen (210, 211, 213) und über die Verbindungskante (216) Durchflussöffnungen (225, 226, 227) aufweist.
9. Brennkammer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis Höhe (h) des Wirbelgenerators (200) zur Höhe (H) des Kanals (2) so gewählt ist, dass der erzeugte Wirbel unmittelbar stromab des Wirbelgenerators (200) die volle Höhe (H) des Kanals (2) und die volle Höhe (h) des dem Wirbelgenerator (200) zugeordneten Kanalteils ausfüllt.
10. Brennkammer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkammer eine Ringbrennkammer ist.
11. Brennkammer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strecke abströmungsseitig der Wirbelgeneratoren (200, 201, 202) venturiförmig ausgebildet ist, und dass ein weiterer Brennstoff im Bereich der grössten Einschnürung der venturiförmigen Strecke eindüsbar ist.
12. Brennkammer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wirbelgeneratoren (200, 201, 202) mindestens an einer Kanalwand (5, 6) der Mischstrecke (2) fixiert sind.
13. Brennkammer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Primärzone (1) stromab und die Sekundärstufe (3) stromauf von Strömungsmaschinen angeordnet sind.

14. Brennkammer nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungsmaschine stromab der Sekundärstufe (3) eine Turbine ist.

- 5 15. Verfahren zum Betrieb einer Brennkammer nach Anspruch 1, welche im wesentlichen aus einer Primärzone, einer in Strömungsrichtung nachgeschalteten Sekundärstufe besteht, wobei die beiden Stufen für eine Verbrennung in einer Wirkverbindung zueinander stehen, **dadurch gekennzeichnet, dass** in eine intermediär zwischen Primärzone (1) und Sekundärstufe (3) angeordnete Mischstrecke (2) eine Mischluft (8) in eine Hauptströmung (4) eingedüst wird, dass die Menge dieser Mischluft (8) gegenüber der Hauptströmung (4) bei überkritischer Einblasrate lediglich in die von Wirbelgeneratoren (200, 201, 202) erzeugten Wirbel eindringt, und dass bei unterkritischer Einblasrate eine Filmkühlung mindestens entlang der Mischstrecke (2) ausgelöst wird.

Claims

1. Combustion chamber, which essentially comprises a primary zone (1) and a secondary stage (3) arranged downstream in the direction of flow, the two stages (1, 3) being traversed by a main flow (4) and being in operative connection with one another for combustion, **characterized in that** a mixing section (2) is arranged intermediately between the primary zone and the secondary stage, **in that** the mixing section is fitted with vortex generators (200, 201, 202) which project into the mixing section (2) so as to narrow its cross section, and **in that** mixing section and vortex generators have passage openings (220, 221, 223; 225, 226, 227) via which a quantity of mixing air (8) can be injected into the main flow (4).
2. Combustion chamber according to claim 1, **characterized in that** a vortex generator (200) has three surfaces around which flow occurs freely and which extend in the direction of flow and of which one forms the top surface (210) and the other two form the side surfaces (211, 213), **in that** the side surfaces (211, 213) are flush with an identical wall segment of the duct (2) and enclose between themselves the sweepback angle (α), **in that** the top surface (210), with an edge (215) running transversely to the duct (2) through which flow occurs, bears against the same wall segment (5, 6) of the duct (2) as the side surfaces (211, 213), and **in that** longitudinally directed edges (212, 214) of the top surface (210) are flush with the longitudinally directed edges of the side surfaces (211, 213) projecting into the duct (2) and run at a setting angle (H) to the wall segment (5) of the duct.
3. Combustion chamber according to claim 2, **characterized in that** the top surface (210) is formed by a curved surface, the side surfaces (211, 213) being formed by two curved surfaces, the sweepback angle (α) being defined by the intersection of the two side surfaces (211, 213) and the top surface (210).

terized in that the two side surfaces (211, 213), enclosing sweepback angle (α), of the vortex generator (200) are arranged symmetrically around a symmetry axis (217).

4. Combustion chamber according to claim 2, **characterized in that** the two side surfaces (211, 213) enclosing the sweepback angle (α , $\alpha/2$) enclose between themselves a connecting edge (216) which together with the longitudinally directed edges (212, 214) of the top surface (210) form a point (218), and **in that** the connecting edge (216) lies in the radial line of the duct (2).
5. Combustion chamber according to claim 4, **characterized in that** the connecting edge (216) and/or the longitudinally directed edges (212, 214) of the top surface (210) are designed to be at least more or less sharp.
6. Combustion chamber according to claims 1, 2, 3, 4, **characterized in that** the symmetry axis (217) of the vortex generator (200) runs parallel to the duct axis, **in that** the connecting edge (216) of the two side surfaces (211, 213) forms the downstream edge of the vortex generator (200), and **in that** the edge (215) of the top surface (210) running transversely to the duct (2) through which flow occurs is the edge acted upon first by the main flow (4).
7. Combustion chamber according to claims 1 and 4, **characterized in that** the connecting edge (216) forms the transition between mixing section (2) and secondary stage (3).
8. Combustion chamber according to one of claims 1 to 7, **characterized in that** the vortex generator (220, 201, 202) has passage openings (225, 226, 227) integrally over all surfaces (210, 211, 213) and over the connecting edge (216).
9. Combustion chamber according to claim 1, **characterized in that** the ratio of height (h) of the vortex generator (200) to height (H) of the duct (2) is selected in such a way that the vortex produced fills the full height (H) of the duct (2) and the full height (h) of the duct part allocated to the vortex generator (200) directly downstream of the vortex generator (200).
10. Combustion chamber according to claim 1, **characterized in that** the combustion chamber is an annular combustion chamber.
11. Combustion chamber according to claim 1, **characterized in that** the section on the outflow side of the vortex generators (200, 201, 202) is designed in a venturi shape, and **in that** a further fuel can be in-

jected in the region of the greatest constriction of the venturi-shaped section.

12. Combustion chamber according to claim 1, **characterized in that** the vortex generators (200, 201, 202) are fixed at least to one duct wall (5, 6) of the mixing section (2).
13. Combustion chamber according to claim 1, **characterized in that** the primary zone (1) is arranged downstream of fluid flow machines and the secondary stage (3) is arranged upstream of fluid flow machines.
14. Combustion chamber according to claim 13, **characterized in that** the fluid flow machine downstream of the secondary stage (3) is a turbine.
15. Method of operating a combustion chamber according to claim 1, which essentially comprises a primary zone and a secondary stage arranged downstream in the direction of flow, the two stages being in operative connection with one another for combustion, **characterized in that** mixing air (8) is injected into a mixing section (2), arranged intermediately between primary zone (1) and secondary stage (3), into a main flow (4), **in that** the quantity of this mixing air (8) relative to the main flow (4), at supercritical injection rate, only penetrates the vortices produced by vortex generators (200, 201, 202), and **in that** film cooling is initiated at least along the mixing section (2) at subcritical injection rate.

35 Revendications

1. Chambre de combustion, constituée essentiellement d'une zone primaire (1), d'un étage secondaire (3) monté en aval dans la direction d'écoulement, les deux étages (1, 3) étant parcourus par un écoulement principal (4) et étant en liaison fonctionnelle l'un avec l'autre en vue de la combustion, **caractérisée en ce qu'**entre la zone primaire et l'étage secondaire est disposée une section de mélange (2), **en ce que** la section de mélange est munie de générateurs de tourbillons (200, 201, 202) qui pénètrent dans la section de mélange (2) en réduisant sa section transversale, et **en ce que** la section de mélange et les générateurs de tourbillons présentent des ouvertures de passage (220, 221, 223 ; 225, 226, 227) par le biais desquelles une quantité d'air de mélange (8) peut être injectée dans l'écoulement principal (4).
2. Chambre de combustion selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'**un générateur de tourbillon (200) présente trois surfaces librement parcourues par l'écoulement, qui s'étendent dans la direction de

- l'écoulement, dont une forme la surface de recouvrement (210) et les deux autres les surfaces latérales (211, 213), **en ce que** les surfaces latérales (211, 213) sont en affleurement avec un même segment de paroi du canal (2) et forment ensemble l'angle de flèche (α), **en ce que** la surface de recouvrement (210) s'applique avec une arête (215) s'étendant transversalement au canal (2) parcouru par l'écoulement, contre le même segment de paroi (5, 6) du canal (2) que les surfaces latérales (211, 213), et **en ce que** les arêtes orientées longitudinalement (212, 214) de la surface de recouvrement (210) sont en affleurement avec les arêtes orientées longitudinalement des surfaces latérales (211, 213), pénétrant dans le canal, et s'étendent suivant un angle d'inclinaison (θ) par rapport au segment de paroi (5) du canal.
3. Chambre de combustion selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** les deux surfaces latérales (211, 213) du générateur de tourbillon (200) formant l'angle de flèche (α) sont disposées symétriquement par rapport à un axe de symétrie (217).
 4. Chambre de combustion selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** les deux surfaces latérales (211, 213) formant l'angle de flèche (α , $\alpha/2$) forment l'une avec l'autre une arête de connexion (216) qui forme avec les arêtes (212, 214) orientées longitudinalement de la surface de recouvrement (210), une pointe (218) et **en ce que** l'arête de connexion (216) se situe dans la radiale du canal (2).
 5. Chambre de combustion selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** l'arête de connexion (216) et/ou les arêtes (212, 214) orientées longitudinalement de la surface de recouvrement (210) sont au moins approximativement vives.
 6. Chambre de combustion selon les revendications 1, 2, 3, 4, **caractérisée en ce que** l'axe de symétrie (217) du générateur de tourbillon (200) s'étend parallèlement à l'axe du canal, **en ce que** l'arête de connexion (216) des deux surfaces latérales (211, 213) forme l'arête aval du générateur de tourbillon (200), et **en ce que** l'arête (215) de la surface de recouvrement (210) s'étendant transversalement au canal (2) parcouru par l'écoulement est l'arête sollicitée en premier par l'écoulement principal (4).
 7. Chambre de combustion selon les revendications 1 et 4, **caractérisée en ce que** l'arête de connexion (216) forme la transition entre la section de mélange (2) et l'étage secondaire (3).
 8. Chambre de combustion selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisée en ce que** le générateur de tourbillon (220, 201, 202) présente des ouvertures de passage (225, 226, 227) intégralement sur toutes les surfaces (210, 211, 213) et sur l'arête de connexion (216).
 9. Chambre de combustion selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le rapport entre la hauteur (h) du générateur de tourbillon (200) et la hauteur (H) du canal (2) est choisi de telle sorte que le tourbillon produit remplisse directement en aval du générateur de tourbillon (200) toute la hauteur (H) du canal (2) et toute la hauteur (h) de la partie du canal associée au générateur de tourbillon (200).
 10. Chambre de combustion selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la chambre de combustion est une chambre de combustion annulaire.
 11. Chambre de combustion selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la section du côté de la sortie de l'écoulement des générateurs de tourbillons (200, 201, 202) est réalisée en forme de venturi, et **en ce que** un combustible supplémentaire peut être injecté dans la région de la constriction maximale de la section en forme de venturi.
 12. Chambre de combustion selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les générateurs de tourbillon (200, 201, 202) sont fixés au moins à une paroi de canal (5, 6) de la section de mélange (2).
 13. Chambre de combustion selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la zone primaire (1) est disposée en aval des turbomachines et l'étage secondaire (3) en amont.
 14. Chambre de combustion selon la revendication 13, **caractérisée en ce que** la turbomachine en aval de l'étage secondaire (3) est une turbine.
 15. Procédé pour faire fonctionner une chambre de combustion selon la revendication 1, qui se compose essentiellement d'une zone primaire, d'un étage secondaire monté en aval dans la direction de l'écoulement, les deux étages étant en liaison fonctionnelle l'un avec l'autre en vue de la combustion, **caractérisé en ce que** un air de mélange (8) est injecté dans un écoulement principal (4) dans une section de mélange (2) disposée entre la zone primaire (1) et l'étage secondaire (3), **en ce que** la quantité de cet air de mélange (8) par rapport à l'écoulement principal (4) dans le cas d'un taux de soufflage sur-critique ne pénètre que dans le tourbillon produit par les générateurs de tourbillons (200, 201, 202), et **en ce que** dans le cas d'un taux de soufflage sous-critique, un refroidissement par film est déclenché au moins le long de la section de mélange (2).

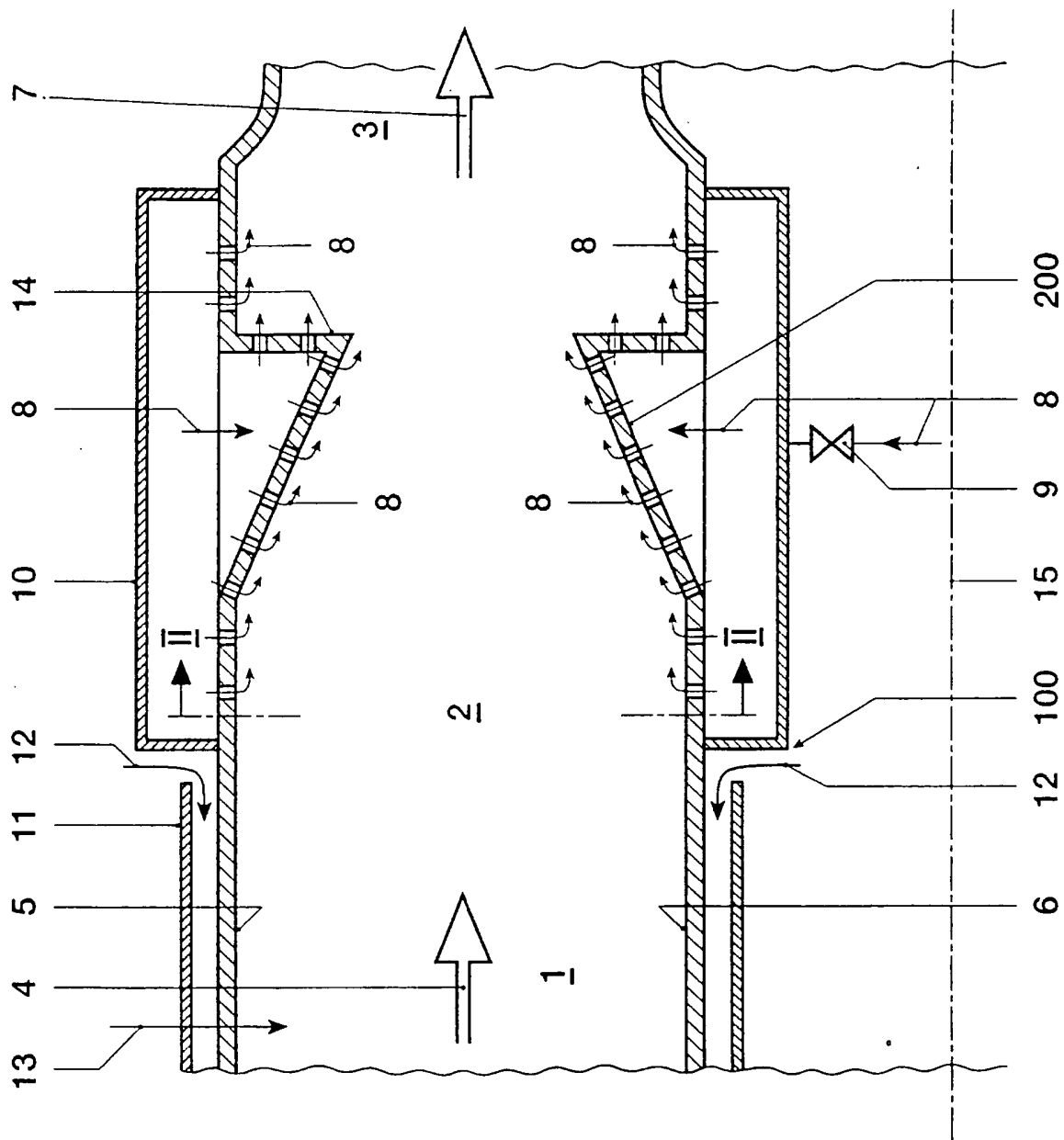


FIG. 1

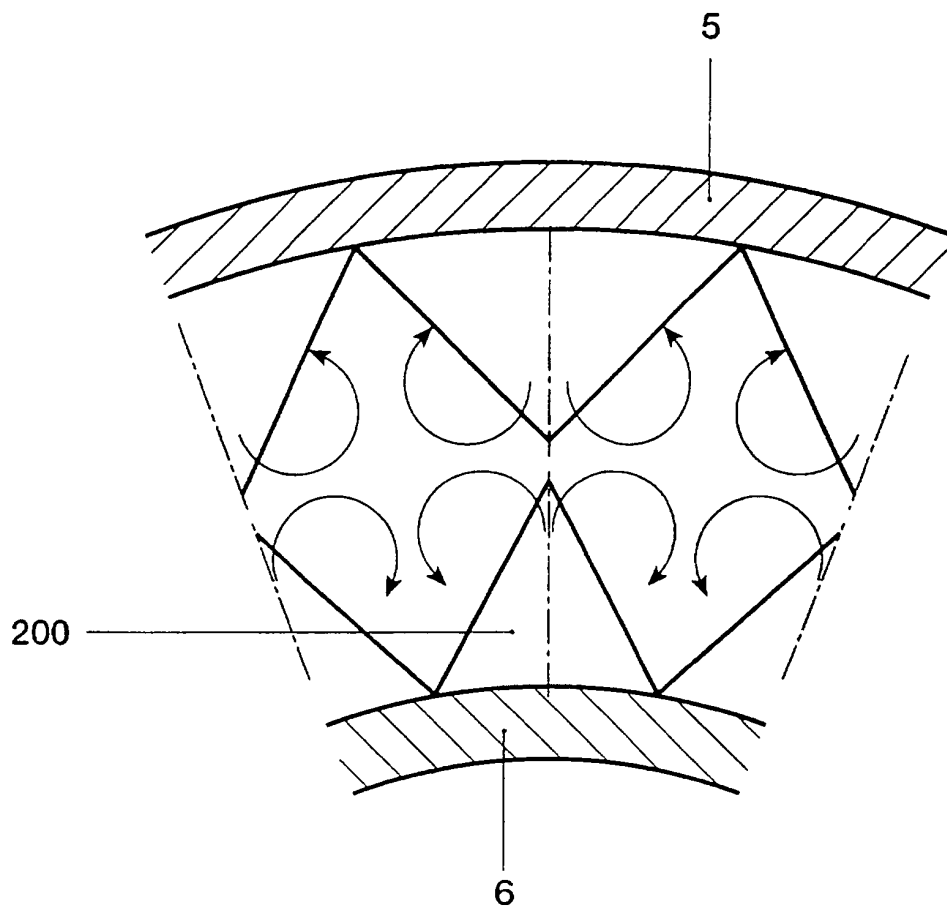


FIG. 2

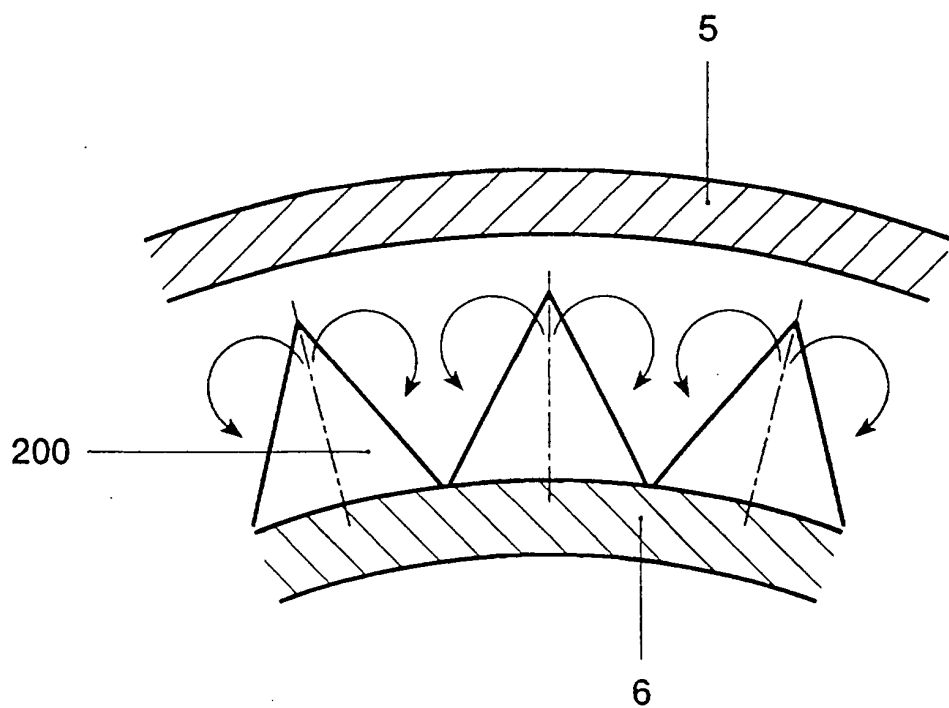


FIG. 3

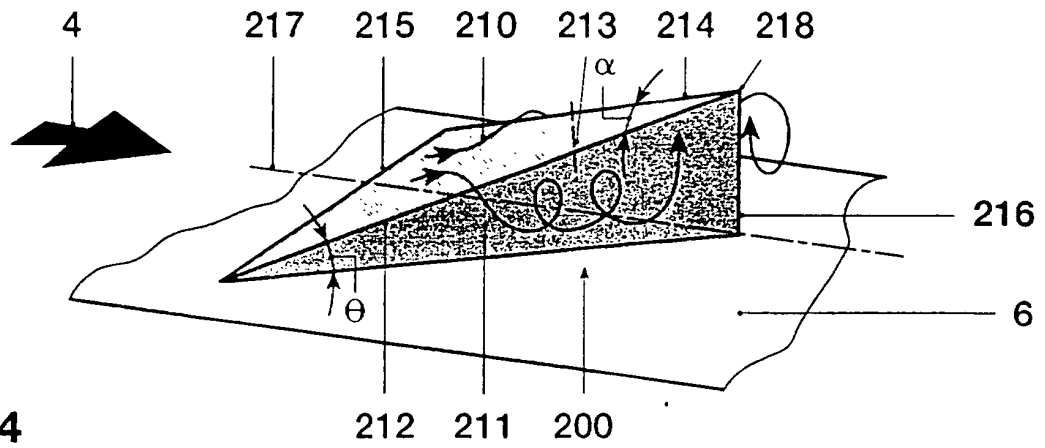


FIG. 4

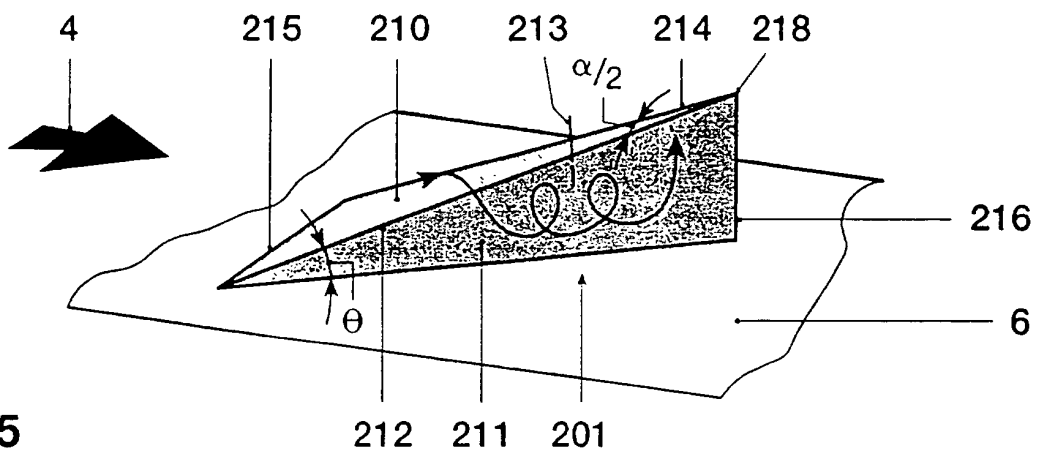


FIG. 5

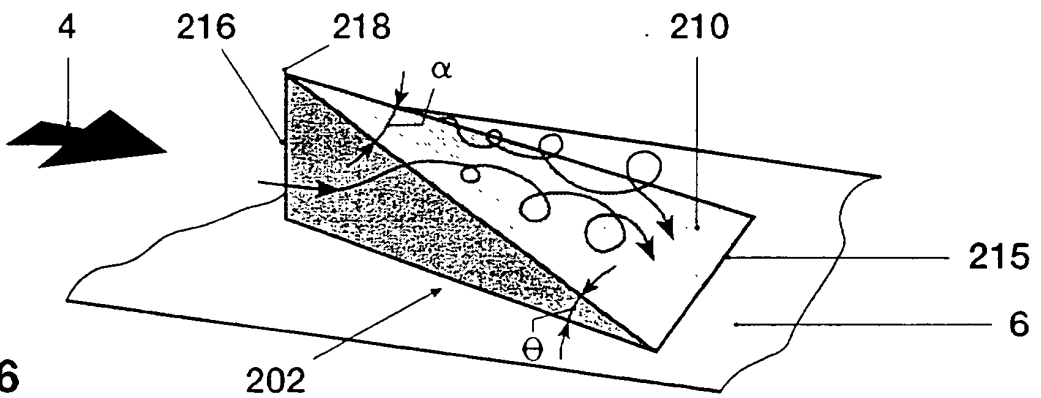


FIG. 6

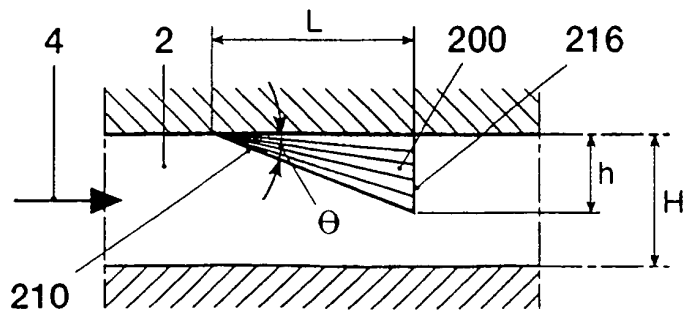


FIG. 7

FIG. 9

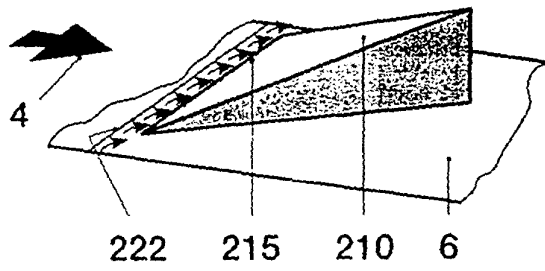


FIG. 8

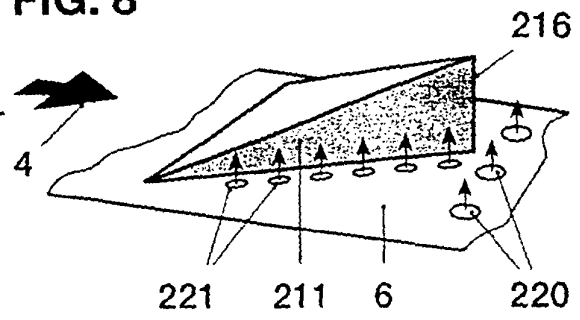


FIG. 11

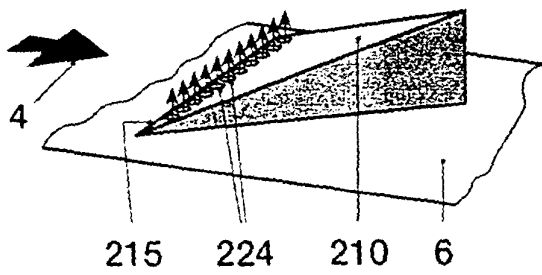


FIG. 10

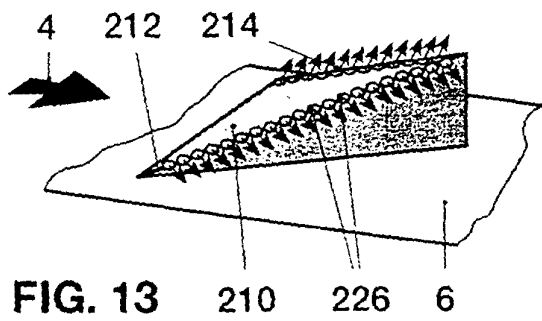
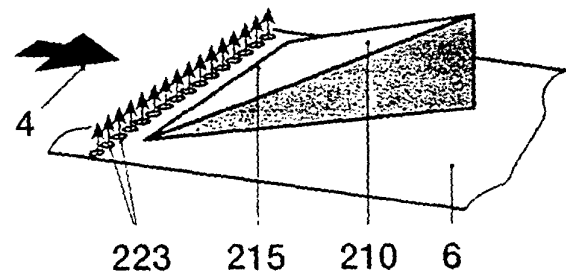


FIG. 12

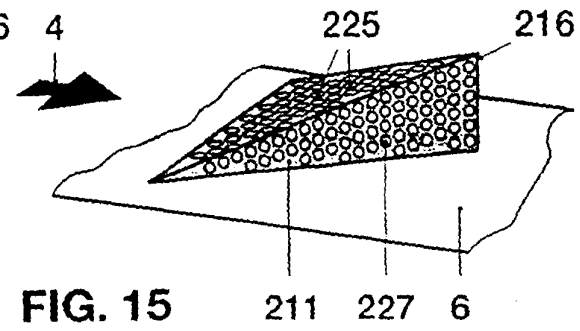
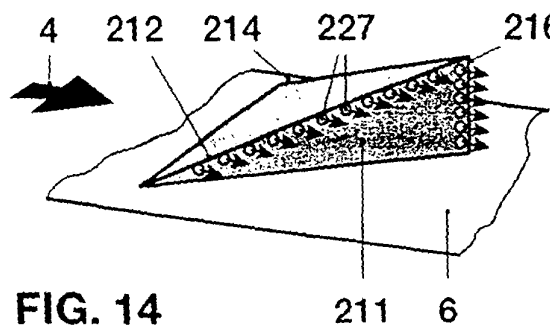
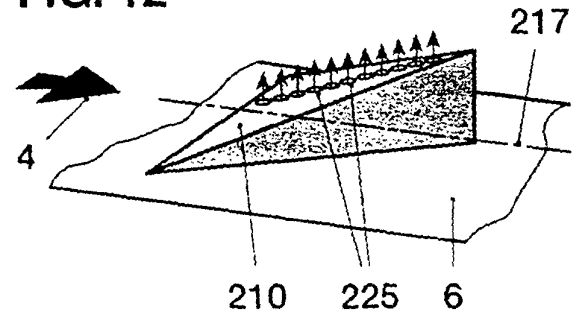


FIG. 15

FIG. 14

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

- US 4292801 A [0003]