



①



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ **CH 687 827 A5**⑤① Int. Cl.⁶: **F 02 C 003/02****Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT A5**

②① Gesuchsnummer: 01089/93

②② Anmeldungsdatum: 08.04.1993

②④ Patent erteilt: 28.02.1997

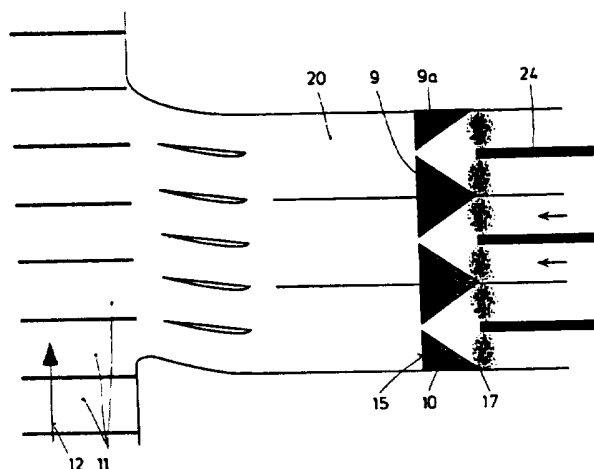
④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 28.02.1997

⑦③ Inhaber:
ASEA BROWN BOVERI AG, Haselstrasse 16,
5401 Baden (CH)

⑦② Erfinder:
Chyou, Yau-Pin, Dottikon (CH)
Eroglu, Adnan, Untersiggenthal (CH)
Walraven, Frederic, Niederrohrdorf (CH)

⑤④ **Gasturbinenanlage mit einer Druckwellenmaschine.**

⑤⑦ Bei einer Gasturbinenanlage ist zwischen einem Verdichter und einer Gasturbine eine Druckwellenmaschine angeordnet. Diese besteht im wesentlichen aus einem Zellenrotor (110) mit Rotorzellen (111), sowie einem den Zellenrotor (110) am Umfang und an den Stirnseiten umschliessenden Gehäuse, wobei das Gehäuse über mindestens einen Niederdruckluft-Einlasskanal (20) mit dem Verdichter verbunden ist. Die im Verdichter aufbereitete Luft wird im Niederdruckluft-Einlasskanal mit Brennstoff (24) gemischt, worauf das Brennstoff/Luft-Gemisch in die am Ende des Niederdruckluft-Einlasskanals vorbeidrehenden Rotorzellen (111) eingeleitet wird und darin verbrannt wird. Die Luft wird in dem Niederdruckluft-Einlasskanal (20) über eine Mehrzahl von Wirbel-Generatoren (9) geführt. Deren Höhe beträgt mindestens 50% der Höhe des durchströmten Kanals. Der Brennstoff wird im unmittelbaren Bereich der Wirbel-Generatoren (9) in den Kanal (20) eingeleitet.



Beschreibung

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft eine Gasturbinenanlage mit einer zwischen einem Verdichter und einer Gasturbine angeordneten Druckwellenmaschine, welche im wesentlichen aus einem Zellenrotor mit Rotorzellen besteht, sowie einem den Zellenrotor am Umfang und an den Stirnseiten umschliessenden Gehäuse, wobei die Gehäuse über mindestens einen Niederdruckluft-Einlasskanal mit dem Verdichter und über mindestens einen Kanal mit der Gasturbine verbunden sind, und wobei die im Verdichter aufbereitete Luft in den Niederdruckluft-Einlasskanal mit Brennstoff gemischt wird, worauf das Brennstoff/Luft-Gemisch in die am Ende des Niederdruckluft-Einlasskanals vorbeidrehenden Rotorzellen eingeleitet wird und darin verbrannt wird.

Stand der Technik

Derartige Gasturbinenanlagen sind beispielsweise aus der EP-A1 0 468 083 bekannt und werden später zu Fig. 1 und 2 beschrieben. Der Brennstoff, dort Erdgas, wird im Niederdruckluft-Einlasskanal in die vom Verdichter heranströmende Niederdruckluft über eine Reihe von Injektordüsen eingespritzt. Diese sind über den ganzen Vormischkanal gleichmässig verteilt. Damit die Anforderungen eines Teillastbetriebes erfüllt werden können, sind die Injektordüsen als Brennstoffverteiler stufenweise zuschaltbar. Diese Betriebsweise ist auch im Hinblick auf niedrige Emissionen hinsichtlich $\text{NO}_x/\text{CO}/\text{UHC}$ sehr wichtig.

Um eine verlässliche Zündung des Gemischs in der Zelle und einen genügenden Ausbrand zu erzielen, ist eine innige Mischung des Brennstoffs mit der Luft erforderlich. Eine gute Durchmischung trägt auch dazu bei, sogenannte «hot spots» in der Zelle zu vermeiden, die unter anderem zur Bildung des unerwünschten NO_x führen.

Die oben erwähnte Eindüsung des Brennstoffs über klassische Mittel wie beispielsweise Querstahlmischer ist schwierig, da der Brennstoff selbst einen ungenügenden Impuls aufweist, um die erforderliche gross-skalige Verteilung und die feinskalige Mischung zu erreichen.

Darstellung der Erfindung

Die Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine Druckwellenmaschine der eingangs genannten Art mit einer Vorrichtung auszustatten, mit der im durchströmten Niederdruckluft-Einlasskanal Längswirbel ohne Rezirkulationsgebiet erzeugt werden können.

Erfindungsgemäss wird dies dadurch erreicht, dass die Luft in dem Niederdruckluft-Einlasskanal über Wirbel-Generatoren geführt wird, von denen über der Breite oder dem Umfang des durchströmten Kanals mehrere nebeneinander angeordnet sind, und deren Höhe h mindestens 50% der Höhe H des durchströmten Kanals beträgt, und dass der Brennstoff im unmittelbaren Be-

reich der Wirbel-Generatoren in den Kanal eingeleitet wird.

Mit dem neuen statischen Mischer, den die 3-dimensionalen Wirbel-Generatoren darstellen, ist es möglich, am Eintritt in die Druckwellenmaschine ausserordentlich kurze Mischstrecken bei gleichzeitig geringem Druckverlust zu erzielen. Bereits nach einer vollen Wirbelumdrehung ist eine grobe Durchmischung der beiden Ströme vollzogen, während eine Feinmischung infolge von turbulenter Strömung nach einer Strecke vorliegt, die einigen wenigen Kanalhöhen entspricht.

Ein Wirbel-Generator zeichnet sich dadurch aus, – dass er drei frei umströmte Flächen aufweist, die sich in Strömungsrichtung erstrecken und von denen eine die Dachfläche und die beiden andern die Seitenflächen bilden, – dass die Seitenflächen mit einer gleichen Kanalwand bündig sind und miteinander den Pfeilwinkel α einschliessen, – dass die Dachfläche mit einer quer zum durchströmten Kanal verlaufenden Kante an der gleichen Kanalwand anliegt wie die Seitenwände, – und dass die längsgerichteten Kanten der Dachfläche, die bündig sind mit den in den Strömungskanal hineinragenden längsgerichteten Kanten der Seitenflächen unter einem Anstellwinkel θ zur Kanalwand verlaufen.

Der Vorteil eines solchen Elementes ist in seiner besonderen Einfachheit in jeder Hinsicht zu sehen. Fertigungstechnisch ist das aus drei umströmten Wänden bestehende Element völlig problemlos. Die Dachfläche kann mit den beiden Seitenflächen auf verschiedenste Arten zusammengefügt werden. Auch die Fixierung des Elementes an ebenen oder gekrümmten Kanalwänden kann im Falle von schweiszbaren Materialien durch einfache Schweissnähte erfolgen. Vom strömungstechnischen Standpunkt her weist das Element beim Umströmen einen sehr geringen Druckverlust auf und es erzeugt Wirbel ohne Totwassergebiet. Schliesslich kann das Element durch seinen in der Regel hohlen Innenraum auf die verschiedensten Arten und mit diversen Mitteln gekühlt werden.

Es ist angebracht, das Verhältnis Höhe h der Verbindungskante der beiden Seitenflächen zur Kanalhöhe H so zu wählen, dass der erzeugte Wirbel unmittelbar stromabwärts des Wirbel-Generators die volle Kanalhöhe oder die volle Höhe des dem Wirbel-Generators zugeordneten Kanalteils ausfüllt. Die erzeugten gross-skaligen Wirbel sorgen dafür, dass in jeder Ebene hinter dem Wirbel-Generator die gleiche Geschwindigkeitsverteilung vorliegt.

Dadurch, dass über der Breite des durchströmten Kanals mehrere Wirbel-Generatoren ohne Zwischenräume nebeneinander angeordnet sind, wird bereits kurz hinter den Wirbel-Generatoren der ganze Kanalquerschnitt von den Wirbeln voll beaufschlagt.

Es ist sinnvoll, wenn die beiden den Pfeilwinkel α einschliessenden Seitenflächen symmetrisch um eine Symmetrieachse angeordnet sind. Damit werden drallgleiche Wirbel erzeugt.

Wenn die beiden den Pfeilwinkel α einschliessenden Seitenflächen eine zumindest annähernd schar-

fe Verbindungskante miteinander bilden, die mit den Längskanten der Dachfläche zusammen eine Spitze bildet, wird der Durchströmquerschnitt kaum durch Sperrung beeinträchtigt.

Ist die Verbindungskante die austrittsseitige Kante des Wirbel-Generators und verläuft sie senkrecht zu jener Kanalwand, mit welcher die Seitenflächen bündig sind, so ist die Nichtbildung eines Nachlaufgebietes von Vorteil. Eine senkrechte Verbindungskante führt überdies zu ebenfalls senkrecht auf der Kanalwand stehenden Seitenflächen, was dem Wirbel-Generator die einfachste mögliche und fertigungstechnisch günstigste Form verleiht.

Weitere Vorteile der Erfindung, insbesondere im Zusammenhang mit der Anordnung der Wirbel-Generatoren und der Einführung des Brennstoffs ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

In der Zeichnung sind mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung schematisch dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 ein Schaltschema einer Gasturbinenanlage mit einer Druckwellenmaschine mit integrierter Verbrennung bei festem Volumen;

Fig. 2 einen schematischen Verlauf des Druckwellenprozesses in der Druckwellenmaschine;

Fig. 3 eine perspektivische Darstellung eines Wirbel-Generators;

Fig. 4 eine Ausführungsvariante des Wirbel-Generators;

Fig. 5 eine Anordnungsvariante des Wirbel-Generators nach Fig. 3;

Fig. 6a–c die gruppenweise Anordnung von Wirbel-Generatoren in einem Kanal im Längsschnitt, in einer Draufsicht und in einer Hinteransicht;

Fig. 7a–c eine Ausführungsvariante einer gruppenweisen Anordnung von Wirbel-Generatoren in gleicher Darstellung wie Fig. 3 mit einer Variante der Brennstoffführung;

Fig. 8 einen Niederdruckluft-Einlasskanal im Längsschnitt;

Fig. 9 einen Niederdruckluft-Einlasskanal in Vorderansicht.

Die Strömungsrichtung der Arbeitsmittel ist mit Pfeilen bezeichnet. In den verschiedenen Figuren sind die gleichen Elemente jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Erfindungsunwesentliche Elemente wie Gehäuse, Befestigungen, Leitungsdurchführungen und dergleichen sind fortgelassen.

Weg zur Ausführung der Erfindung

Bei der in Fig. 1 schematisch dargestellten Gasturbinenanlage liefert ein Niederdruckverdichter 101 vorverdichtete Luft über eine Niederdruckleitung 102 in eine Druckwellenmaschine 105. Die Niederdruckleitung 102 mündet vorerst in einen Vormischkanal 20, in welchem ein Brennstoff 104 zugeführt wird. Wie zu Fig. 2 noch ausgeführt wird, wird eine Hochdruck-Turbine 107 und eine Niederdruck-Turbine 109 durch entsprechende in der Druckwellenma-

schine 105 aufbereitete Gase beaufschlagt, einmal über eine Hochdruck-Treibgasleitung 106 und einmal über eine Niederdruck-Treibgasleitung 108. Selbstverständlich kann die Gasturbinenanlage auch durch eine vereinfachte Variante ohne Niederdruckturbine 109 charakterisiert sein. Eine solche Vereinfachung käme in erster Linie bei Kombiprozessen zur Anwendung, wo die hohe Abgastemperatur zur Frischdampfaufbereitung eingesetzt wird.

Fig. 2 zeigt eine Abwicklung des Zellenrotors 110 der Druckwellenmaschine 105 in halber Zellenhöhe, soweit sie zur Erklärung des Druckwellenprozesses gebraucht wird. Vom Zellenrotor 110 sind nur einzelne Zellen 11 dargestellt, die hier in der Fig. 2 rechtwinklig zur Drehrichtung 112 des Zellenrotors 110 verlaufen. Der Zellenrotor 110 selbst läuft mit sehr kleinem Spiel in einem nur andeutungsweise gezeigten Gehäuse 122a, 122b, wobei die beiden Rotorstirnseiten des Gehäuses 122a, 122b mit verschiedenen Kanälen 20, 20a; 106, 106a; 108, 108a versehen sind. Der Zellenrotor 110 durchläuft in Drehrichtung 112 zwei diametral entgegengesetzte und symmetrisch angeordnete Prozesse, wie die zweifach gezeigten Verbrennungszonen im Bereich der Zündbügel 113A, 113B und 121A und 121B andeuten. Diese Konfiguration ist deshalb gewählt, um eine gleichförmige Temperaturverteilung des Rotors zu erzielen. Die Symmetrie des Prozesses wird auch dadurch angezeigt, dass im Beispielsfall die gegenständlichen und verfahrenstechnischen Komponenten der beiden Prozesse die gleiche Numerierung tragen und sich lediglich durch Buchstabenzusätze unterscheiden. Im folgenden wird lediglich ein Zyklusteil des Prozesses beschrieben. Die vom Verdichter kommende Niederdruckluft durchströmt den Niederdruckluft-Einlasskanal 20, die als Vormischstrecke ausgebildet ist. In ihr wird der Luft Brennstoff zugesetzt. Das Brennstoff/Luftgemisch gelangt dann in die Rotorzellen 111. Wenn hier von Niederdruckluft gesprochen wird, so ist dies nicht absolut zu verstehen, sondern niedrig nur im Vergleich zu den übrigen Druckniveaus der Anlage. Diese Luft tritt also durch den vorderen Teil des Vormischkanals 20 in die Zellen 111 ein. Dabei erhalten die am Vormischkanal 20 vorbeidrehenden Zellen 111 eine Mengeneinfüllung des entsprechenden Brennstoff/Luft-Gemisches. Die Füllung der Zellen 111 zu einem konstanten Volumen wird durch die Schliesskante des Vormischkanals 20 im Gehäuse 122a vorgegeben. Mit 114 ist der Verlauf der Stosswelle zwischen Schliesskante des Vormischkanals 20 im Gehäuse 122a und Schliesskante der Niederdruck-Treibgasleitung 108 im Gehäuse 122b gekennzeichnet. Die Zündung des in den Zellen 111 zu einem konstanten Volumen eingefangenen Gemisches erfolgt entlang des durch den Gehäusekörper 122a, 122b stirnseitig abgeschlossenen Rotors 110 und wird mit einer Reihe von Zündbügeln 113A, 113B resp. 121A, 121B (auf der Gegenseite) ausgelöst, wobei diese Zündbügel eine Überbrückung mehrerer Zellen 111 parallel zur Drehrichtung 112 des Rotors 110 entwickeln. In Fig. 2 sind beispielsweise 5 einzelne Zündbügel, n01–n05, dargestellt, die in regelmässigen Abständen die ganze Breite des Rotors 110 abdecken und eine entspre-

chende Anzahl Zündstufen ergeben. Das Treibgas, das in einer geschlossenen Zelle bei konstantem Volumen durch die Verbrennung des Gemisches entsteht, gelangt im darauffolgenden Zyklusteil durch eine Hochdruck-Treibgasleitung 106a in den Hochdruckteil der Gasturbine (Vgl. hierzu Fig. 1). Die durch die Verbrennung gebildeten Treibgase treten im weiteren Bereich 115a durch eine Niederdruck-Treibgasleitung 108a und gelangen in den Niederdruckteil der Gasturbine (Fig. 1). Darin werden diese Treibgase auf Atmosphärendruck entspannt. Der Richtungswechsel der Geschwindigkeit gewährleistet, dass die im Treibgas laufenden Expansionswellen 120a, 117a nicht zu hohe Strömungsgeschwindigkeiten und trotzdem ein genügend starkes Druckgefälle erzeugen. Von einer Öffnungskante der Niederdruck-Treibgasleitung 108a im Gehäuse 122a läuft die Expansionswelle zur Schliesskante des Hochdruck-Treibgasleitung 106a im Gehäuse 122b und expandiert das Treibgas von einem Druck p_2 auf Druck p_1 , worauf es über die Niederdruck-Treibgasleitung 108a dem Niederdruckteil der Gasturbine zugeführt wird. (Fig. 1). Die Mediengrenze 116a, die von der Öffnungskante des Vormischkanals 20a im Gehäuse 122b zur Schliesskante des Niederdruck-Treibgaskanals 108a im Gehäuse 122a verläuft, erstreckt sich dabei über die ganze Breite des Rotors 110, wobei diese Mediengrenze 116a nicht von Expansionswellen gekreuzt wird. Das bedeutet, dass das Treibgas ganz aus den Zellen 111 gedrängt und zur Abströmung gebracht wird. Anschliessend beginnt ein neuer Zyklus, indem wie oben, die vorbeidrehenden Zellen 111 über den Vormischkanal 20a mit dem Brennstoff/Luft-Gemisch gefüllt werden. Die Zelle 111 stellt demnach an sich eine durch ein konstantes Volumen charakterisierte «Brennkammer» dar, die so auszulegen ist, dass die in ihr erzeugten Treibgase bei maximaler Last gerade die zulässige Beschauelungs-Grenztemperatur am Eintritt des Hochdruckteils der Gasturbine erreichen. Nach dem Hochdruckteil wird dem teilentspannten und entsprechend abgekühlten Treibgas das – unter Umständen – heissere Treibgas mit Druck p_1 aus der Niederdruck-Treibgasleitung 108 resp. 108a zugemischt, und zwar derart, dass das aufgeheizte Treibgasgemisch wiederum gerade die Grenztemperatur der ersten Stufe des Niederdruckteils der Gasturbine erreicht (Fig. 1).

Soweit sind Gasturbinanlagen mit Druckwellenmaschinen bekannt, beispielsweise aus der eingangs genannten EP-A1 0 468 083. Bevor auf den Einbau der neuen Mischvorrichtung in der Druckwellenmaschine eingegangen wird, wird zunächst der für die Wirkungsweise der Erfindung wesentliche Wirbel-Generator beschrieben.

In den Fig. 3 bis 5 ist der eigentliche Kanal, der von einer mit grossem Pfeil symbolisierten Hauptströmung durchströmt wird, nicht dargestellt. Gemäss diesen Figuren besteht ein Wirbel-Generator 9,9a im wesentlichen aus drei frei umströmten dreieckigen Flächen. Es sind dies eine Dachfläche 10 und zwei Seitenflächen 11 und 13. In ihrer Längserstreckung verlaufen diese Flächen unter bestimmten Winkeln in Strömungsrichtung.

In sämtlichen gezeigten Beispielen stehen die beiden Seitenflächen 11 und 13 senkrecht auf der Kanalwand 21, wobei angemerkt wird, dass dies nicht zwingend ist. Die Seitenwände, welche aus rechtwinkligen Dreiecken bestehen, sind mit ihren Längsseiten auf dieser Kanalwand 21 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 16 ausgeführt und steht ebenfalls senkrecht zu jener Kanalwand 21, mit welcher die Seitenflächen bündig sind. Die beiden den Pfeilwinkel α einschliessenden Seitenflächen 11, 13 sind symmetrisch in Form, Grösse und Orientierung und sind beidseitig einer Symmetrieachse 17 angeordnet (Fig. 6b, 7b). Diese Symmetrieachse 17 ist gleichgerichtet wie die Kanalachse.

Die Dachfläche 10 liegt mit einer quer zum durchströmten Kanal verlaufenden und sehr spitz ausgebildeten Kante 15 an der gleichen Kanalwand 21 an wie die Seitenwände 11, 13. Ihre längsgerichteten Kanten 12, 14 sind bündig mit den in den Strömungskanal hineinragenden längsgerichteten Kanten der Seitenflächen. Die Dachfläche verläuft unter einem Anstellwinkel θ zur Kanalwand 21. Ihre Längskanten 12, 14 bilden zusammen mit der Verbindungskante 16 eine Spitze 18.

Selbstverständlich kann der Wirbel-Generator auch mit einer Bodenfläche versehen sein, mit welcher er auf geeignete Art an der Kanalwand 21 befestigt ist. Eine derartige Bodenfläche steht indes in keinem Zusammenhang mit der Wirkungsweise des Elementes.

In Fig. 3 bildet die Verbindungskante 16 der beiden Seitenflächen 11, 13 die stromabwärtige Kante des Wirbel-Generators. Die quer zum durchströmten Kanal verlaufende Kante 15 der Dachfläche 10 ist somit die von der Kanalströmung zuerst beaufschlagte Kante.

Die Wirkungsweise des Wirbel-Generators 9 ist folgende: Beim Umströmen der Kanten 12 und 14 wird die Hauptströmung in ein Paar gegenläufiger Wirbel umgewandelt. Deren Wirbelachsen liegen in der Achse der Hauptströmung. Es liegt ein drallneutrales Strömungsbild vor, bei welchem der Drehsinn der beiden Wirbel im Bereich der Verbindungskante aufsteigend ist. Die Drallzahl und der Ort des Wirbelaufplatzens (vortex break down), sofern letzteres überhaupt gewünscht wird, werden bestimmt durch entsprechende Wahl des Anstellwinkels θ und des Pfeilwinkels α . Mit steigenden Winkeln wird die Wirbelstärke bzw. die Drallzahl erhöht und der Ort des Wirbelaufplatzens wandert stromaufwärts bis hin in den Bereich des Wirbel-Generators selbst. Je nach Anwendung sind diese beiden Winkel θ und α durch konstruktive Gegebenheiten und durch den Prozess selbst vorgegeben. Angepasst werden müssen dann nur noch die Höhe h der Verbindungskante 16 (Fig. 6a).

In den Fig. 6a und 6b, in welchen der durchströmte Kanal mit 20 bezeichnet ist, ist erkennbar, dass der Wirbel-Generator unterschiedliche Höhen gegenüber der Kanalhöhe H aufweisen kann. In der Regel wird man die Höhe h der Verbindungskante 16 so mit der Kanalhöhe H abstimmen, dass der

erzeugte Wirbel unmittelbar stromabwärts des Wirbel-Generators bereits eine solche Grösse erreicht, dass die volle Kanalhöhe H ausgefüllt wird, was zu einer gleichmässigen Geschwindigkeitsverteilung in dem beaufschlagten Querschnitt führt. Ein weiteres Kriterium, welches Einfluss auf das zu wählende Verhältnis h/H nehmen kann, ist der Druckabfall, der beim Umströmen des Wirbel-Generators auftritt. Es versteht sich, dass mit grösserem Verhältnis h/H auch der Druckverlustbeiwert ansteigt.

In Fig. 4 ist ein sogenannter halber «Wirbel-Generator» 9a auf der Basis eines Wirbel-Generators 9 nach Fig. 3 gezeigt, bei welchen nur die eine der beiden Seitenflächen mit dem Pfeilwinkel $\alpha/2$ versehen ist. Die andere Seitenfläche ist gerade und in Strömungsrichtung ausgerichtet. Im Gegensatz zum symmetrischen Wirbel-Generator 9 wird hier nur ein Wirbel an der gepfeilten Seite erzeugt. Es liegt demnach stromabwärts des Wirbel-Generators 9a kein wirbelneutrales Feld vor, sondern der Strömung wird ein Drall aufgezwungen sofern der Wirbel-Generator 9a in Alleinstellung ist.

Im Gegensatz zu Fig. 3 ist in Fig. 5 die scharfe Verbindungskante 16 des Wirbel-Generators 9 jene Stelle, die von der Kanalströmung zuerst beaufschlagt wird. Das Element ist um 180° gedreht. Wie aus der Darstellung erkennbar, haben die beiden gegenläufigen Wirbel ihren Drehsinn geändert.

In Fig. 6 ist gezeigt, wie über der Breite des durchströmten Kanals 20 mehrere, hier 3 Wirbel-Generatoren 9 ohne Zwischenräume nebeneinander angeordnet sind. Der Kanal 20 hat in diesem Fall Rechteckform, was jedoch erfindungsunwesentlich ist.

Eine Ausführungsvariante mit 2 vollen (9) und beidseitig daran angrenzenden 2 halben (9a) Wirbel-Generatoren ist in Fig. 7 gezeigt. Bei gleicher Kanalhöhe H und gleichem Anstellwinkel θ der Dachfläche 10 wie in Fig. 6 unterscheiden sich die Elemente insbesondere durch ihre grössere Höhe h . Bei gleichbleibendem Anstellwinkel führt dies zwangsläufig zu einer grösseren Länge L des Elementes und demzufolge auch – wegen der gleichen Teilung – zu einem kleineren Pfeilwinkel α . Im Vergleich mit Fig. 6 werden die erzeugten Wirbel eine geringere Drallstärke aufweisen, jedoch in kürzerem Intervall den Kanalquerschnitt voll ausfüllen. Falls in beiden Fällen ein Wirbelaufplatzen beabsichtigt ist, beispielsweise zum Stabilisieren der Strömung, wird dies beim Wirbel-Generator nach Fig. 7 später erfolgen als bei jenem nach Fig. 6.

Die in den Fig. 6 und 7 dargestellten Kanäle stellen rechteckige Niederdruck-Luftkanäle dar. Es wird noch einmal darauf hingewiesen, dass die Form des durchströmten Kanals für die Wirkungsweise der Erfindung nicht wesentlich ist. Statt des gezeigten Rechtecks könnte es sich beim Kanal auch um ein Ringsegment handeln, d.h. die Wände 21a und 21b wären gekrümmt. Die obige Aussage, dass die Seitenflächen senkrecht auf der Kanalwand stehen, muss in einem solchen Fall selbstverständlich relativiert werden. Massgebend ist, dass die auf der Symmetrielinie 17 liegende Verbindungskante 16 senkrecht auf der entsprechenden Wand steht. Im

Fall von ringförmigen Wänden würde die Verbindungskante 16 somit radial ausgerichtet sein.

In den bereits beschriebenen Fig. 6 und 7 werden mit Hilfe der Wirbel-Generatoren 9, 9a zwei Strömungen miteinander gemischt. Die Hauptströmung in Form von Brennluft attackiert in Pfeilrichtung die querverrichteten Eintrittskanten 15. Die Sekundärströmung in Form von Brennstoff weist einen wesentlich kleineren Massenstrom auf als die Hauptströmung und wird im unmittelbaren Bereich der Wirbel-Generatoren in die Hauptströmung eingeleitet.

Gemäss Fig. 6 geschieht diese Eindüsung über Einzelbohrungen 22a, die in der Wand 21a angebracht sind. Bei der Wand 21a handelt es sich um jene Wandung, an der die Wirbel-Generatoren angeordnet sind. Die Bohrungen 22a befinden sich auf der Symmetrielinie 17 stromabwärts hinter der Verbindungskante 16 jedes Wirbel-Generators. Bei dieser Konfiguration wird der Brennstoff in die bereits bestehenden gross-skaligen Wirbel eingegeben.

Die Fig. 7 zeigt eine Ausführungsvariante eines Niederdruck-Luftkanals, bei der der Brennstoff ebenfalls über Wandbohrungen 22b eingedüst wird. Diese befinden sich stromabwärts der Wirbel-Generatoren in jener Wand 21b, an der die Wirbel-Generatoren nicht angeordnet sind, also an der der Wand 21a gegenüberliegenden Wand. Die Wandbohrungen 22b sind jeweils mittig zwischen den Verbindungskanten 16 zweier benachbarter Wirbel-Generatoren angebracht, wie aus Fig. 4 ersichtlich. Auf diese Weise gelangt der Brennstoff auf die gleiche Art in die Wirbel wie bei der Ausführung nach Fig. 6. Allerdings mit dem Unterschied, dass er nicht mehr in die Wirbel eines von einem gleichen Wirbel-Generator erzeugten Wirbelpaares eingemischt wird, sondern in je einen Wirbel zweier benachbarter Wirbel-Generatoren. Da die benachbarten Wirbel-Generatoren indes ohne Zwischenraum angeordnet sind und Wirbelpaare mit gleichem Drehsinn erzeugen, sind die Eindüsungen nach den Fig. 6 und 7 wirkungsgleich.

In Fig. 8 und 9, in denen die Vormischstrecke Teils des Niederdruckluft-Einlasskanals 20 ist, sind in dem rechteckigen Kanal insgesamt 4 volle und 4 halbe Wirbel-Generatoren 9 resp. 9a über der Kanalbreite angeordnet. In Abweichung zu der in Fig. 7 gezeigten Lage liegen hier jedoch die Wirbel-Generatoren paarweise mit ihren Bodenflächen aneinander. Ferner entspricht die Höhe des einzelnen Elementes der halben Kanalhöhe, so dass je zwei gegenüberliegende Wirbel-Generatoren die volle Kanalhöhe ausfüllen. In weiterer Abweichung ist es hier die jeweilige Verbindungskante 16, die von der Kanalströmung zuerst beaufschlagt wird. Die Elemente sind im Vergleich mit Fig. 7 um 180° gedreht. Wie aus der Darstellung erkennbar, haben die beiden gegenläufigen Wirbel ihren Drehsinn geändert. Sie rotieren oberhalb der Dachfläche des Wirbel-Generators entlang und streben der Bodenfläche des erzeugenden Wirbel-Generators zu. Diese Lösung bietet an sich für den Einbau von zentralen Lanzen 24, deren Mündungen sich stromaufwärts der Wirbel-Generatoren im Bereich deren

Verbindungskanten 17 befinden. Gegenüber diesen Verbindungskanten sind die Einspritzdüsen der Lanzen um eine halbe Teilung versetzt. Der Brennstoff gelangt dadurch direkt in die in dieser Achse gegen die Wand aufsteigenden Wirbel von zwei benachbarten Elementen.

Der eingedüste Brennstoff wird von den Wirbeln mitgeschleppt und mit der Luft vermischt. Er folgt dem schraubenförmigen Verlauf der Wirbel und wird stromabwärts der Wirbel in der Kammer gleichmässig feinverteilt. Dadurch reduziert sich die – bei der bisher üblichen radialen Eindüsung von Brennstoff in eine unverwirbelte Strömung – Gefahr von Aufprallstrahlen an der gegenüberliegenden Wand und die Bildung von sogenannten «hot spots».

Da der hauptsächliche Mischprozess in den Wirbeln erfolgt und weitgehend unempfindlich gegen den Eindüsungsimpuls des Brennstoffs ist, kann die Brennstoffeinspritzung flexibel gehalten werden und an andere Grenzbedingungen angepasst werden. So kann im ganzen Lastbereich der gleiche Eindüsungsimpuls beibehalten werden. Da das Mischen durch die Geometrie der Wirbel-Generatoren bestimmt wird, und nicht durch die Maschinenlast, im Beispielsfall die Gasturbinenleistung, arbeitet die so konfigurierte, als Brennkammer dienende Druckwellenmaschine auch bei Teillastbedingungen optimal.

Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf die beschriebenen und gezeigten Beispiele beschränkt. Bezüglich der Anordnung der Wirbel-Generatoren im Verbund sind viele Kombinationen möglich, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen. Auch die Einführung der Sekundärströmung in die Hauptströmung kann auf vielfältige Weise vorgenommen werden.

Bezugszeichenliste

- 101 Niederdruckverdichter
- 102 Niederdruckluftleitung,
- 20, 20a Vormischkanal = Niederdruckluft-Einlasskanal
- 104 Brennstoff
- 105 Druckwellenmaschine
- 106, 106a Hochdruck-Treibgasleitung
- 107 Hochdruckturbine
- 108, 108a Niederdruck-Treibgasleitung
- 109 Niederdruckturbine
- 110 Zellenrotor
- 111 Rotorzelle
- 112 Drehrichtung des Zellenrotors
- 113A, 113B Zündbügel (nicht dargestellt)
- 114, 114a Stosswellen
- 115, 115a Bereiche vor Niederdruck-Treibgasleitungen
- 116, 116a Mediengrenze
- 117, 117a Expansionswelle
- 120, 120a Expansionswelle
- 121A, 121B Zündbügel (nicht dargestellt)
- 122a, 122b Gehäuse
- n01–n05 Zündstufen
- 9, 9a Wirbel-Generator
- 10 Dachfläche
- 11 Seitenfläche

- 12 Längskante
- 13 Seitenfläche
- 14 Längskante
- 15 quer verlaufenden Kante von 10
- 5 16 Verbindungskante
- 17 Symmetrielinie
- 18 Spitze
- 20, a Kanal
- 21, a, b Kanalwand
- 10 22, a– Wandbohrung
- 24 Brennstofflanze
- θ Anstellwinkel
- α Pfeilwinkel
- h Höhe von 16
- 15 H Kanalhöhe
- L Länge des Wirbel-Generators

Patentansprüche

- 20 1. Gasturbinenanlage mit einer zwischen einem Verdichter (101) und einer Gasturbine (107, 109) angeordneten Druckwellenmaschine (105), welche im wesentlichen aus einem Zellenrotor (110) mit Rotorzellen (111) besteht, sowie einem den Zellenrotor (110) am Umfang und an den Stirnseiten umschliessenden Gehäuse (122a, 122b), wobei die Gehäuse über mindestens einen Niederdruckluft-Einlasskanal (20, 20a) mit dem Verdichter (101) und über mindestens einen Kanal (106, 106a; 108, 108a) mit der Gasturbine (107, 109) verbunden sind, und wobei die im Verdichter (1) aufbereitete Luft in den Niederdruckluft-Einlasskanal mit Brennstoff (104) gemischt wird, worauf das Brennstoff/Luft-Gemisch in die am Ende des Niederdruckluft-Einlasskanals vorbeidrehenden Rotorzellen (111) eingeleitet wird und darin verbrannt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Luft in dem Niederdruckluft-Einlasskanal (20, 20a) über Wirbel-Generatoren (9) geführt wird, von denen über der Breite oder dem Umfang des durchströmten Kanals mehrere nebeneinander angeordnet sind, und deren Höhe (h) mindestens 50% der Höhe (H) des durchströmten Kanals oder des den Wirbel-Generatoren zugeordneten Kanalteils beträgt, und dass der Brennstoff im unmittelbaren Bereich der Wirbel-Generatoren (9) in den Kanal (20) eingeleitet wird.
- 25 2. Gasturbinenanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
- dass ein Wirbel-Generator (9) drei frei umströmte Flächen aufweist, die sich in Strömungsrichtung erstrecken und von denen eine die Dachfläche (10) und die beiden andern die Seitenflächen (11, 13) bilden,
- dass die Seitenflächen (11, 13) mit einer gleichen Kanalwand (21) bündig sind und miteinander den Pfeilwinkel (α , α_h) einschliessen,
- dass die Dachfläche (10) mit einer quer zum durchströmten Kanal (20) verlaufenden Kante (15) an der gleichen Kanalwand (21) anliegt wie die Seitenwände,
- und dass die längsgerichteten Kanten (12, 14) der Dachfläche, die bündig sind mit den in den Strömungskanal hineinragenden längsgerichteten Kanten der Seitenflächen unter einem Anstellwinkel (θ) zur Kanalwand (21) verlaufen.
- 65

3. Gasturbinenanlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis Höhe (h) des Wirbel-Generators (9, 9a) zur Kanalhöhe (H) so gewählt ist, dass der erzeugte Wirbel unmittelbar stromabwärts des Wirbel-Generators die volle Kanalhöhe oder die volle Höhe des dem Wirbel-Generators zugeordneten Kanalteils ausfüllt. 5
4. Gasturbinenanlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden den Pfeilwinkel (α) einschliessenden Seitenflächen (11, 13) des Wirbel-Generators (9) symmetrisch um eine Symmetrieachse (17) angeordnet sind. 10
5. Gasturbinenanlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass nur die eine der beiden Seitenflächen des Wirbel-Generators (9a) mit einem Pfeilwinkel (α_h) versehen ist, während die andere Seitenfläche gerade ist und in Strömungsrichtung ausgerichtet ist. 15
6. Gasturbinenanlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden den Pfeilwinkel (α) einschliessenden Seitenflächen (11, 13) eine Verbindungskante (16) miteinander umfassen, welche zusammen mit den längsgerichteten Kanten (12, 14) der Dachfläche (10) eine Spitze (18) bilden, und dass die Verbindungskante vorzugsweise senkrecht zu jener Kanalwand (21) verläuft, mit welcher die Seitenflächen bündig sind. 20 25
7. Gasturbinenanlage nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungskante (16) und/oder die längsgerichteten Kanten (12, 14) der Dachfläche zumindest annähernd scharf ausgebildet sind. 30
8. Gasturbinenanlage nach Anspruch 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Symmetrieachse (17) des Wirbel-Generators (9, 9a) parallel zur Kanalachse verläuft, wobei die Verbindungskante (16) der beiden Seitenflächen (11, 13) die die von der Luft zuerst beaufschlagte Kante ist, und wobei die quer zum durchströmten Kanal (20) verlaufende Kante (15) der Dachfläche (10) die stromabwärtige Kante des Wirbel-Generators bildet. 35 40
9. Gasturbinenanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Brennstoff über zentrale Brennstoffflanzen (24) eingedüst wird, deren Mündungen sich in der Ebene der stromaufwärtigen Verbindungskanten (16) der nebeneinander angeordneten Wirbel-Generatoren (9, 9a) befinden. 45

50

55

60

65

7

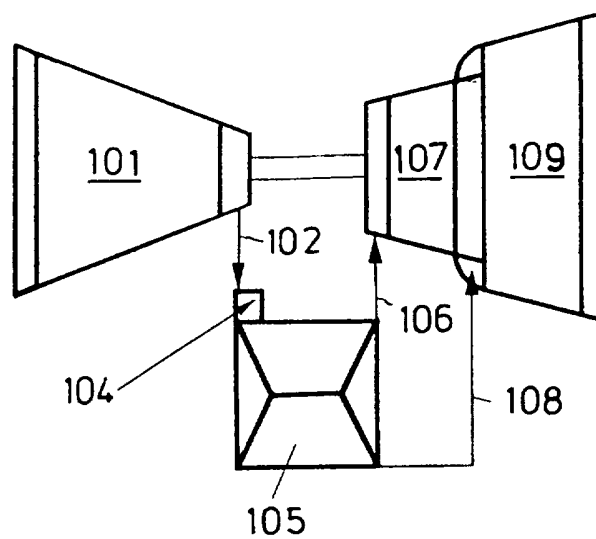


FIG. 1

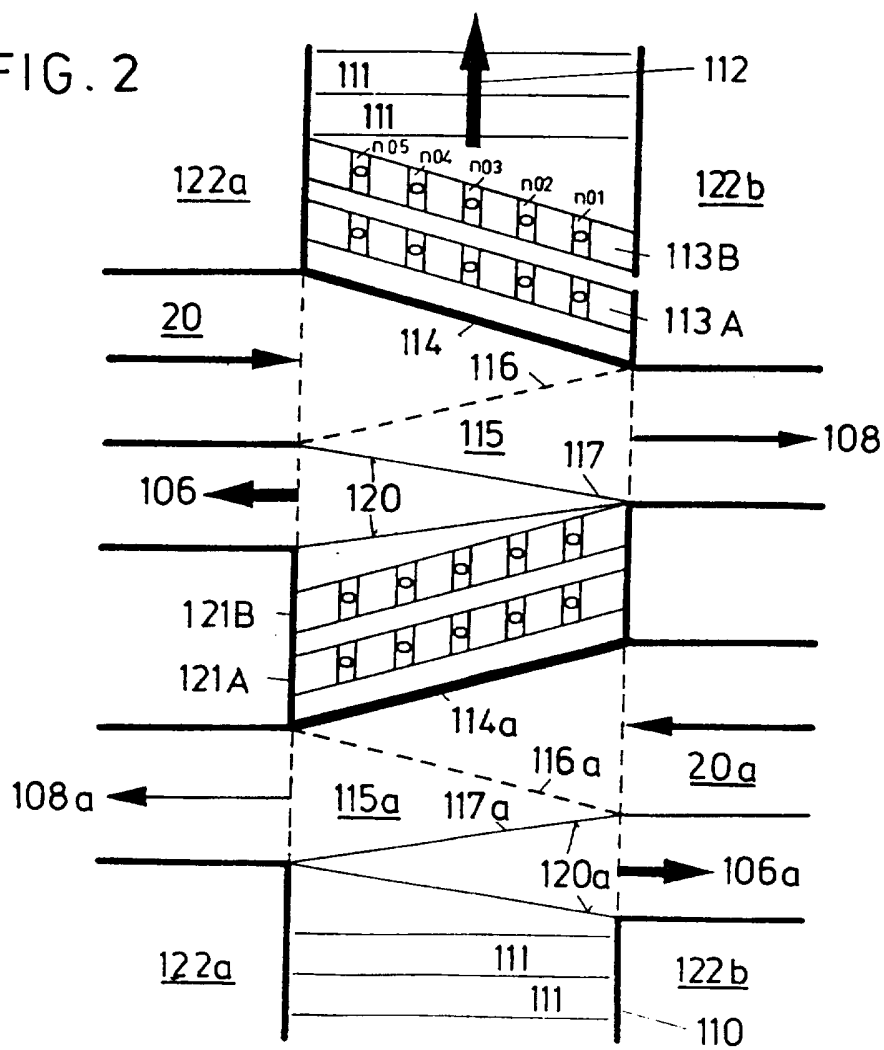


FIG. 2

FIG. 3

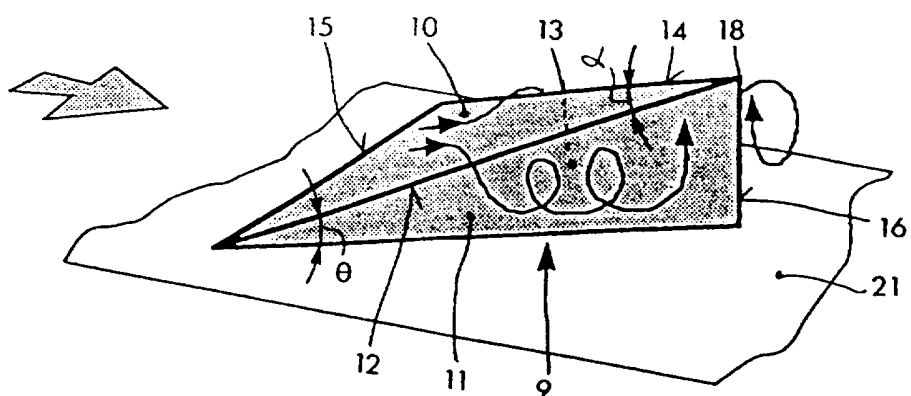


FIG. 4

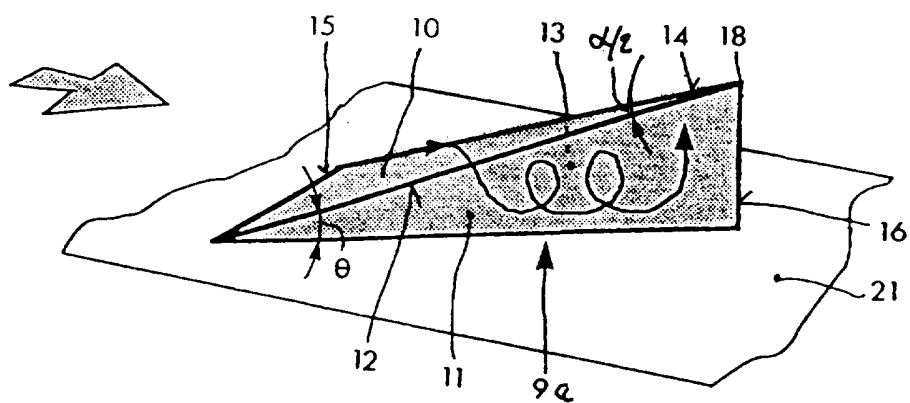
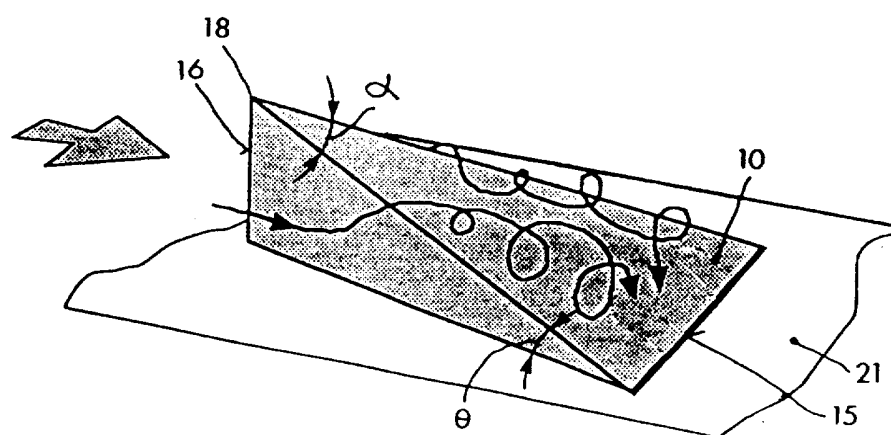


FIG. 5



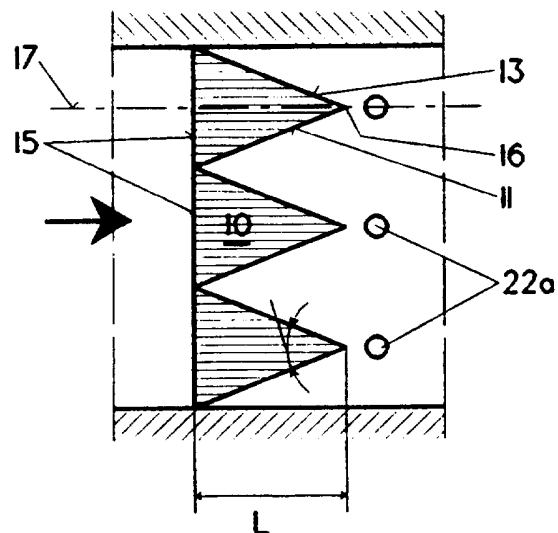
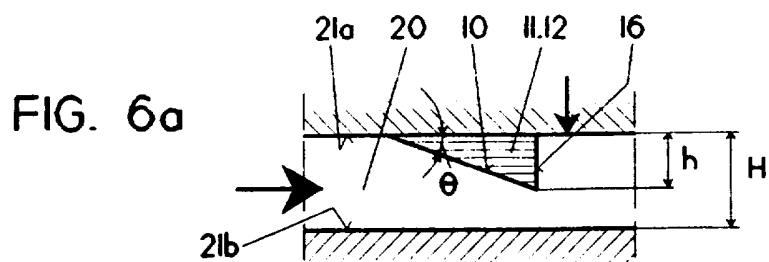


FIG. 6c

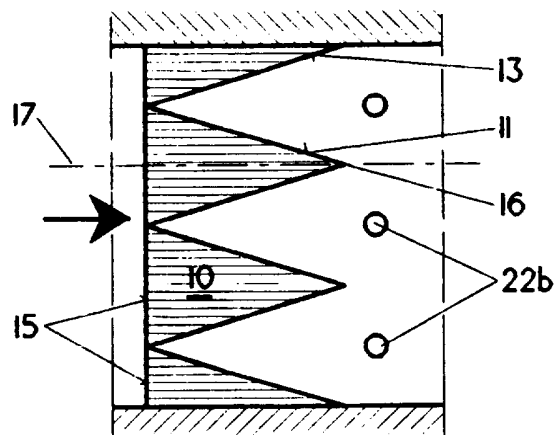
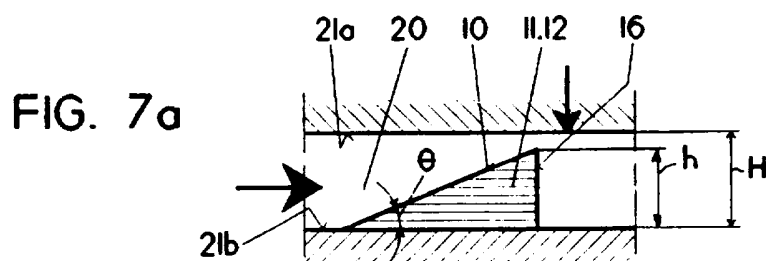
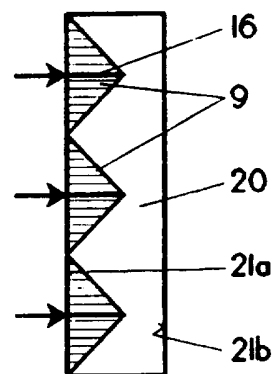
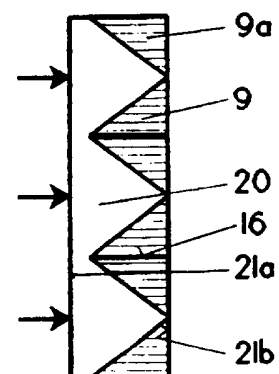


FIG. 7c



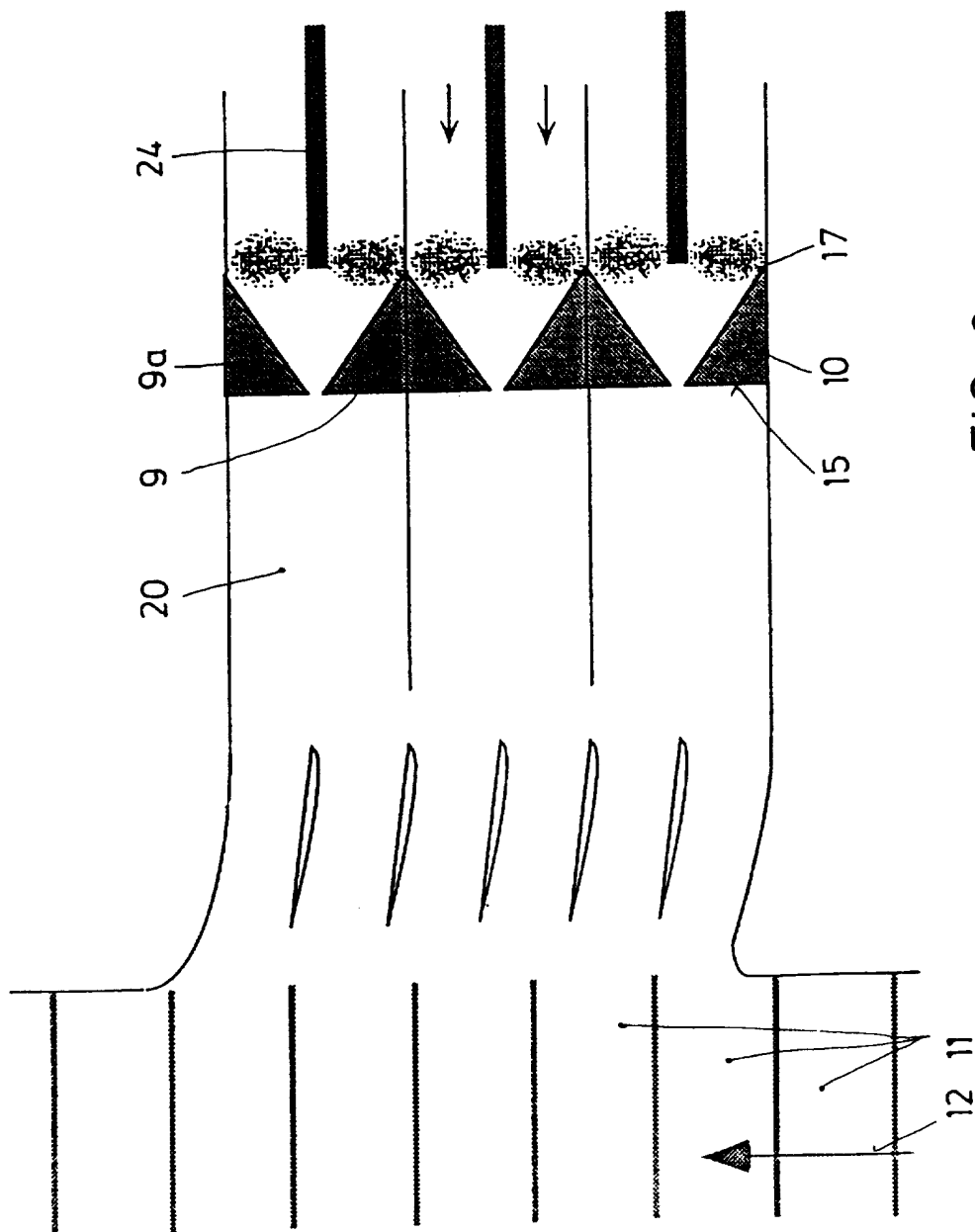


FIG. 8

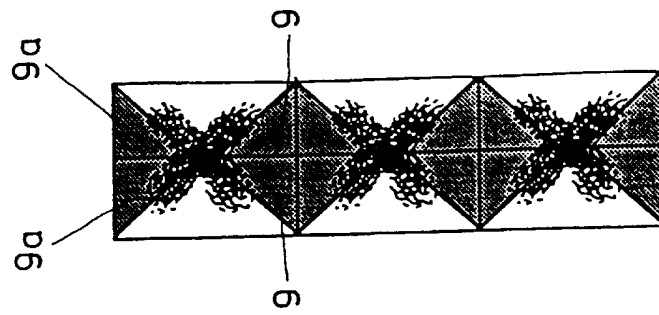


FIG. 9