

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 002 992 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
29.09.2004 Patentblatt 2004/40

(51) Int Cl.7: **F23C 7/00**

(21) Anmeldenummer: **98811144.9**

(22) Anmeldetag: **18.11.1998**

(54) **Brenner**

Burner

Brûleur

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE GB

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.05.2000 Patentblatt 2000/21

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

(72) Erfinder:
• **Paschereit, Christian Oliver, Dr.**
5400 Baden (CH)

- **Weisenstein, Wolfgang**
5453 Remetschwil (CH)
- **Gutmark, Ephraim, Prof.**
Baton Rouge, CA 70810 (US)
- **Döbbeling, Klaus, Dr.**
5210 Windisch (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 851 172 EP-A- 0 866 268
US-A- 3 879 939 US-A- 4 257 224
US-A- 5 169 302 US-A- 5 375 995

EP 1 002 992 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Brenner zum Betrieb eines Aggregats zur Erzeugung eines Heißgases.

Stand der Technik

[0002] Thermoakustische Schwingungen stellen eine Gefahr für jede Art von Verbrennungsanwendungen dar. Sie führen zu Druckschwankungen hoher Amplitude, zu einer Einschränkung des Betriebsbereiches und können die mit der Verbrennung verbundenen Emissionen erhöhen. Diese Probleme treten besonders in Verbrennungssystemen mit geringer akustischer Dämpfung, wie sie moderne Gasturbinen oft darstellen, auf. Ein solcher Brenner zum Betrieb einer Gasturbine ist aus der EP 0 851 172 A bekannt.

[0003] In herkömmlichen Brennkammern wirkt die in die Brennkammer einströmende Kühlluft schalldämpfend und trägt damit zur Dämpfung von thermoakustischen Schwingungen bei. Um niedrige NO_x -Emissionen zu erzielen, wird in modernen Gasturbinen ein zunehmender Anteil der Luft durch die Brenner selbst geleitet und der Kühlluftstrom reduziert. Durch die damit einhergehende geringere Schalldämpfung treten die eingangs angesprochenen Probleme in modernen Brennkammern demnach verstärkt auf.

[0004] Eine Möglichkeit der Schalldämpfung besteht im Ankoppeln von Helmholtz-Dämpfern in der Brennkammerhaube oder im Bereich der Kühlluftzuführung. Bei engen Platzverhältnissen, wie sie für moderne, kompakt gebaute Brennkammern typisch sind, kann die Unterbringung solcher Dämpfer jedoch Schwierigkeiten bereiten und ist mit großem konstruktiven Aufwand verbunden.

[0005] Eine weitere Möglichkeit besteht in einer Kontrolle thermoakustischer Schwingungen durch aktive akustische Anregung. Dabei wird die sich im Bereich des Brenners ausbildende Scherschicht akustisch angeregt. Bei geeigneter Phasenlage zwischen den thermoakustischen Schwingungen und der Anregung läßt sich dadurch eine Dämpfung der Brennkammerschwingungen erreichen. Eine solche Lösung erfordert allerdings den Anbau zusätzlicher Elemente im Bereich der Brennkammer.

[0006] Desgleichen eignet sich die Modulierung des Brennstoffmassenstroms. Hierbei wird Brennstoff phasenverschoben zu gemessenen Signalen in der Brennkammer (beispielsweise dem Druck) in den Brenner eingedüst, so daß bei einem Druckminimum zusätzlich Wärme freigesetzt wird. Dadurch wird die Amplitude der Druckschwingungen reduziert.

Darstellung der Erfindung

[0007] Hier setzt die Erfindung an. Der Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zu schaffen, die eine

wirkungsvolle Unterdrückung thermoakustischer Schwingungen ermöglicht und mit möglichst geringem konstruktiven Aufwand verbunden ist. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch den Brenner gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0008] Kohärente Strukturen spielen eine entscheidende Rolle bei Mischungsvorgängen zwischen Luft und Brennstoff. Die räumliche und zeitliche Dynamik dieser Strukturen beeinflusst die Verbrennung und die Wärmefreisetzung. Der Erfindung liegt nun die Idee zugrunde, die Ausbildung von kohärenten Wirbelstrukturen zu stören um dadurch die periodische Wärmefreisetzungsschwankung und damit die Amplitude der thermoakustischen Schwankungen zu reduzieren.

[0009] Ein erfindungsgemäßer Brenner zum Betrieb eines Aggregats zur Erzeugung eines Heißgases, besteht im wesentlichen aus mindestens zwei hohlen, in Strömungsrichtung ineinandergeschachtelten Teilkörpern, deren Mittelachsen zueinander versetzt verlaufen, dergestalt, daß benachbarte Wandungen der Teilkörper tangentiale Lufteintrittskanäle für die Einströmung von Verbrennungsluft in einen von den Teilkörpern vorgegebenen Innenraum bilden. Der Brenner weist zumindest eine Brennstoffdüse auf. Zur Kontrolle von Strömungsinstabilitäten im Brenner weist die Innenseite des Brenneraustritts entlang des Umfangs des Brenneraustritts eine Mehrzahl von Düsen zum Einbringen axialer Wirbelstärke in die Strömung auf, wobei die Düsen zur Eindüsung von Luft angeordnet sind.

[0010] Die Erfindung beruht also auf dem Gedanken, die Ausbildung kohärenter Wirbelstrukturen durch das Einbringen von Wirbelstärke in axialer Richtung zu stören. Bei einem gattungsgemäßen Brenner wird die Wirbelstärke erfindungsgemäß dadurch eingebracht, daß über eine Mehrzahl von Düsen Luft eingedüst wird. Diese Luftaustrittsdüsen sind dabei möglichst dicht am Brenneraustritt angebracht um ihre Wirkung möglichst voll entfalten zu können.

[0011] Die relative Lage von Strömungsrichtung und Eindüsungsrichtung der Luft kann durch zwei Winkel φ , α vollständig beschrieben werden (Figuren 2,3). φ stellt dabei den Winkel zwischen der Eindüsungsrichtung der Luft und einer Ebene senkrecht zur Strömungsrichtung dar, α den Winkel zwischen der Eindüsungsrichtung der Luft und der radial zur Mittelachse weisenden Richtung. Die Luftaustrittsdüsen sind vorteilhaft so angeordnet, daß φ bei etwa 0° liegt und α bei etwa 0° liegt. Die Eindüsung der Luft erfolgt also in einer Ebene senkrecht zur Strömungsrichtung radial zur Mittelachse nach innen.

[0012] Der Querschnitt der Luftaustrittsdüsen kreisförmig ist.

[0013] Die Strömungsinstabilitäten im Brenner weisen zumeist eine dominante Mode auf. Die Dämpfung dieser dominanten Mode ist für die Unterdrückung thermoakustischer Schwingungen vordringlich. Die Wellenlänge λ der dominanten Mode der Instabilität ergibt sich aus ihrer Frequenz f und der Konvektionsgeschwindig-

keit u_c über $\lambda = u_c/f$. Die relevanten Frequenzen liegen zwischen einigen 10 Hz und einigen kHz. Die Konvektionsgeschwindigkeit hängt vom Brenner ab und beträgt typischerweise einige 10 m/s, beispielsweise 30 m/s.

[0014] Es wurde nun gefunden, daß die dominante Mode besonders wirkungsvoll unterdrückt wird, wenn die Abstände s benachbarter Luftaustrittsdüsen entlang des Umfangs des Brenneraustritts kleiner oder etwa gleich der halben Wellenlänge der dominanten Mode sind, also s .

[0015] Weiter wurde gefunden eine besonders wirkungsvolle Unterdrückung gefunden, wenn der Durchmesser D der Luftaustrittsdüsen größer als etwa ein Viertel der Grenzschichtdicke δ im Bereich der Düsen ist. Die Grenzschichtdicke beträgt für eine typischen Brenner etwa 1 mm. Ferner hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn der Durchmesser D der Düsen kleiner als etwa ein Fünftel des Abstands s benachbarter Düsen ist. Obwohl eine signifikante Unterdrückung der thermoakustischen Schwingungen bereits bei der Erfüllung einer der drei genannten Bedingungen erreicht wird, erfüllt eine beson-, ders bevorzugte Ausführungsform alle Bedingung zugleich.

[0016] Falls die Randbedingungen wie etwa der vorhandene Luftmassenstrom oder das zur Verfügung stehende Platzangebot es erfordern, können die Abstände und die Durchmesser der Düsen jedoch auch an diese Randbedingungen angepaßt werden.

[0017] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen, Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung der Ausführungsbeispiele und der Zeichnungen. Die Erfindung soll nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Es sind jeweils nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente dargestellt. Dabei zeigt

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Brenners in perspektivischer Darstellung entsprechend aufgeschnitten;

Fig. 2 eine schematische Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Brenners aus Richtung II-II von Fig. 1;

Fig. 3 eine schematische Vorderansicht eines erfindungsgemäßen Brenners aus Richtung III-III von Fig. 2;

Fig. 4 eine Vorderansicht eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Brenners;

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0018] Figur 1 zeigt einen erfindungsgemäßen Brenner, der aus zwei halben hohlen Teilkegelkörpern 1, 2, besteht, die versetzt zueinander angeordnet sind. Die Versetzung der jeweiligen Mittelachse der Teilkegelkör-

per 1, 2 zueinander schafft auf beiden Seiten in spiegelbildlicher Anordnung jeweils einen tangentialen Luft Eintrittskanal 5, 6, durch welchen die Verbrennungsluft 7 in den Innenraum 8 des Brenners strömt. Die Teilkegelkörper 1, 2 weisen zylindrische Anfangsteile 9, 10 auf, die eine Brennstoffdüse 11 beinhalten durch die flüssiger Brennstoff 12 eingedüst wird. Weiter weisen die Teilkegelkörper 1, 2 nach Bedarf je eine Brennstoffleitung 13, 14 auf, die mit Öffnungen 15 versehen sind, durch welche gasförmiger Brennstoff 16 der durch die tangentialen Luft eintrittskanäle 5, 6 strömenden Verbrennungsluft 7 zugemischt wird.

[0019] Brennraumseitig 17 weist der Brenner eine kragenförmige, als Verankerung für die Teilkegelkörper 1, 2 dienende Frontplatte 18 mit einer Anzahl von Bohrungen 19 auf, durch welche bei Bedarf Verdünnungsluft oder Kühlluft 20 dem vorderen Teil des Brennraumes bzw. dessen Wand zugeführt werden kann.

[0020] Bei der Brennstoffeindüsung kann es sich um eine luftunterstützte Düse oder um eine nach dem Druckzerstäubungsprinzip arbeitende Düse handeln. Das kegelige Spraybild wird von den tangential einströmenden Verbrennungsluftströmen 7 umschlossen. Die Konzentration des eingedüsten Brennstoffs 12 wird in Strömungsrichtung 30 fortlaufend durch die Verbrennungsluftströme 7 abgebaut. Wird ein gasförmiger Brennstoff 16 im Bereich der tangentialen Luft eintrittskanäle 5, 6 eingebracht, beginnt die Gemischbildung mit der Verbrennungsluft 7 bereits in diesem Bereich. Beim Einsatz eines flüssigen Brennstoffs 12 wird im Bereich des Wirbelaufplatzens, also im Bereich der Rückströmzone 24 am Ende des Vormischbrenners die optimale, homogene Brennstoffkonzentration über den Querschnitt erreicht. Die Zündung des Brennstoffverbrennungsluft-Gemisches beginnt an der Spitze der Rückströmzone 24. Erst an dieser Stelle kann eine stabile Flammenfront 25 entstehen.

[0021] An der Innenseite des Brenneraustritts 17 ist eine Mehrzahl von Luftaustrittsdüsen 32 mit kreisförmigen Querschnitt angeordnet. Durch die Luftaustrittsdüsen 32 wird Luft 34 rechtwinklig zur Strömungsrichtung 30 in einer Ebene senkrecht zur Strömungsrichtung eingedüst. Figuren 2 und 3 zeigen die Definitionen der Winkel φ und α , durch die die relative Lage der Strömungsrichtung und der Eindüsungsrichtung vollständig beschrieben werden kann. Dabei stellt φ den Winkel zwischen der Eindüsungsrichtung der Luft und einer Ebene senkrecht zur Strömungsrichtung dar und α den Winkel zwischen der Eindüsungsrichtung der Luft und der radial zur Mittelachse nach innen weisenden Richtung. Figur 4 zeigt den erfindungsgemäßen Brenner, bei dem φ und α jeweils etwa 0° betragen. Die Strömungsrichtung der aus den in Fig. 4 nicht gezeigten Luftaustrittsdüsen 32 austretenden Störluft 34 weist in diesem Ausführungsbeispiel radial nach innen.

Bezugszeichenliste

[0022]

1,2	Teilkegelkörper
5,6	Luft Eintrittskanal
7	Verbrennungsluft
8	Innenraum
9,10	zylindrische Anfangsteile
11	Brennstoffdüse
12	flüssiger Brennstoff
13,14	Brennstoffleitung
15	Öffnungen
16	gasförmiger Brennstoff
17	Brennraum
18	Frontplatte
19	Bohrungen
20	Kühlluft
24	Rückströmzone
25	Flammenfront
30	Strömungsrichtung
32	Luftaustrittsdüsen
34	Störluft

Patentansprüche

1. Brenner zum Betrieb eines Aggregats zur Erzeugung eines Heißgases, wobei der Brenner im wesentlichen aus mindestens zwei hohlen, in Strömungsrichtung (30) ineinandergeschachtelten Teilkörpern (1, 2) besteht, deren Mittelachsen zueinander versetzt verlaufen, dergestalt, daß benachbarte Wandungen der Teilkörper (1, 2) tangentiale Luft Eintrittskanäle (5, 6) für die Einstromung von Verbrennungsluft (7) in einen von den Teilkörpern (1, 2) vorgegebenen Innenraum (8) bilden, und wobei der Brenner zumindest eine Brennstoffdüse (11) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Kontrolle von Strömungsinstabilitäten im Brenner die Innenseite des Brenneraustritts (17) entlang des Umfangs des Brenneraustritts (17) eine Mehrzahl von Luftaustrittsdüsen (32) aufweist, und die Luftaustrittsdüsen (32) (34) unter einem Winkel zur Strömungsrichtung (30) angeordnet sind, welcher Winkel zwischen der Strömungsrichtung (30) und der Eindüsungsrichtung der Luft (34) durch Winkel (φ , α) gegeben ist, wobei φ den Winkel zwischen der Eindüsungsrichtung der Luft (34) und einer Ebene senkrecht zur Strömungsrichtung darstellt, und α den Winkel zwischen der Eindüsungsrichtung der Luft (34) und der radial zur jeweiligen Mittelachse nach innen weisenden Richtung darstellt, und die Düsen (32) so angeordnet sind, daß φ bei etwa 0° liegt, und α bei etwa 0° liegt.

2. Brenner nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Querschnitt der Luftaustrittsdüsen (32) kreisförmig ist.
3. Brenner nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungsinstabilitäten eine dominante Mode aufweisen und die Abstände s benachbarter Luftaustrittsdüsen (32) entlang des Umfangs des Brenneraustritts (17) kleiner oder etwa gleich der halben Wellenlänge der dominanten Mode sind.
4. Brenner nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Durchmesser D der Luftaustrittsdüsen (32) größer als etwa ein Viertel der Grenzscheidendicke δ im Bereich der Luftaustrittsdüsen (32) ist.
5. Brenner nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Durchmesser D der Luftaustrittsdüsen (32) kleiner als etwa ein Fünftel des Abstands s benachbarter Luftaustrittsdüsen (32) ist.

Claims

1. Burner for operating a unit for generating a hot gas, the burner consisting essentially of at least two hollow partial bodies (1, 2) which are interleaved in the flow direction (30) and whose centre lines extend offset relative to one another in such a way that adjacent walls of the partial bodies (1, 2) form tangential air inlet ducts (5, 6) for the inlet flow of combustion air (7) into an internal space (8) prescribed by the partial bodies (1, 2), and the burner having at least one fuel nozzle (11), **characterized in that** in order to control flow instabilities in the burner, the inside of the burner outlet (17) has a plurality of air outlet nozzles (32) along the periphery of the burner outlet (17), and the air outlet nozzles (32) being arranged at an angle to the flow direction (30), which angle between the flow direction (30) and the injection direction of the air (34) is given by angles (φ , α), where φ represents the angle between the injection direction of the air (34) and a plane at right angles to the flow direction, and α represents the angle between the injection direction of the air (34) and the direction pointing radially inwards towards the respective centre line, and where the nozzles (32) are arranged in such a way that φ is approximately 0° , and α is approximately 0° .
2. Burner according to Claim 1, **characterized in that** the cross section of the air outlet nozzles (32) is circular.

3. Burner according to Claim 1, **characterized in that** the flow instabilities have a dominant mode and the distances s between adjacent air outlet nozzles (32) along the periphery of the burner outlet (17) are smaller than or approximately equal to half the wavelength of the dominant mode. 5
4. Burner according to Claim 2, **characterized in that** the diameter D of the air outlet nozzles (32) is greater than approximately a quarter of the boundary layer thickness δ in the region of the air outlet nozzles (32). 10
5. Burner according to Claim 2, **characterized in that** the diameter D of the air outlet nozzles (32) is smaller than approximately a fifth of the distance s between adjacent air outlet nozzles (32). 15

sortie d'air (32) voisines le long de la périphérie de la sortie, du brûleur (17) sont inférieures ou approximativement égales à la demi-longueur d'onde du mode dominant.

4. Brûleur selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le diamètre D des buses de sortie d'air (32) est supérieur à environ un quart de l'épaisseur de la couche limite δ dans la région des buses de sortie d'air (32).
5. Brûleur selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le diamètre D des buses de sortie d'air (32) est inférieur à environ un cinquième de la distance s entre les buses de sortie d'air (32) voisines.

Revendications

20

1. Brûleur pour le fonctionnement d'une unité pour la production d'un gaz chaud, le brûleur se composant essentiellement d'au moins deux corps partiels (1, 2) creux, emboîtés l'un dans l'autre dans la direction de l'écoulement (30), dont les axes médians s'étendent de manière décalée l'un par rapport à l'autre, de telle sorte que des parois voisines des corps partiels (1, 2) forment des canaux d'entrée d'air tangentiels (5, 6) pour l'entrée d'air de combustion (7) dans un espace interne (8) prédéfini par les corps partiels (1, 2), et le brûleur présentant au moins une buse de combustible (11),
caractérisé en ce que
pour le contrôle des instabilités d'écoulement dans le brûleur, le côté interne de la sortie du brûleur (17) le long de la périphérie de la sortie du brûleur (17) présente une pluralité de buses de sortie d'air (32) et les buses de sortie d'air (32) sont disposées suivant un certain angle par rapport à la direction de l'écoulement (30), lequel angle entre la direction de l'écoulement (30) et la direction d'injection de l'air (34) est donné par l'angle (φ, α) , où φ représente l'angle entre la direction d'injection de l'air (34) et un plan perpendiculaire à la direction d'écoulement, et α représente l'angle entre la direction d'injection de l'air (34) et la direction tournée vers l'intérieur radialement par rapport à l'axe médian respectif, et les buses (32) sont disposées de telle sorte que φ se situe à environ 0° et α se situe à environ 0° . 25 30 35 40 45 50
2. Brûleur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la section transversale des buses de sortie d'air (32) est circulaire. 55
3. Brûleur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les instabilités d'écoulement présentent un mode dominant et les distances s entre les buses de

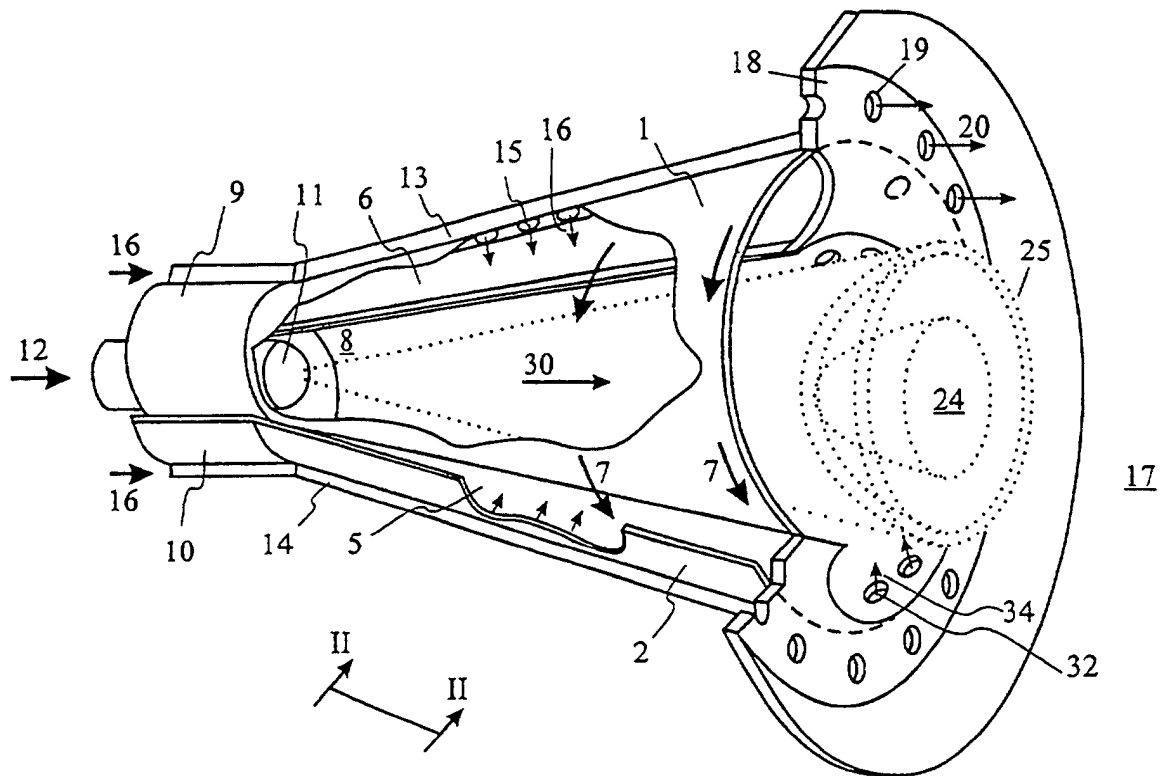


Fig. 1

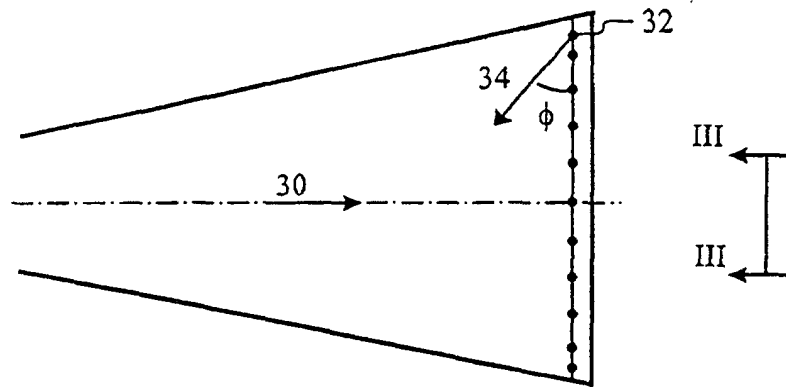


Fig. 2

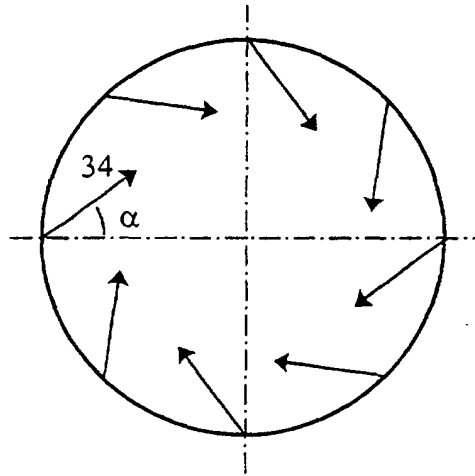


Fig. 3

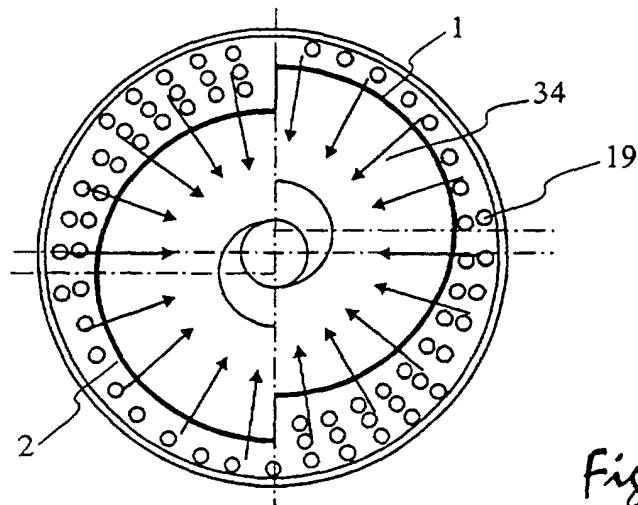


Fig. 4