

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 319 895 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.06.2003 Patentblatt 2003/25

(51) Int Cl. 7: F23R 3/28, F23R 3/34

(21) Anmeldenummer: 02023428.2

(22) Anmeldetag: 19.10.2002

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG
15827 Dahlewitz (DE)

(72) Erfinder: von der Bank, Ralf Sebastian
15834 Rangsdorf (DE)

(30) Priorität: 12.12.2001 DE 10160997

(54) **Magervormischbrenner für eine Gasturbine sowie Verfahren zum Betrieb eines Magervormischbrenners**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf einen Magervormischbrenner für eine Gasturbine, mit zumindest einem mit Brennstoff-Primärdüsen 8 versehenen Brennstoff-

Versorgungsring 4, dadurch gekennzeichnet, dass an dem Brennstoff-Versorgungsring 4 zusätzliche Brennstoff-Sekundärdüsen 9 vorgesehen sind, sowie ein Verfahren zum Betrieb dieses Magervormischbrenners.

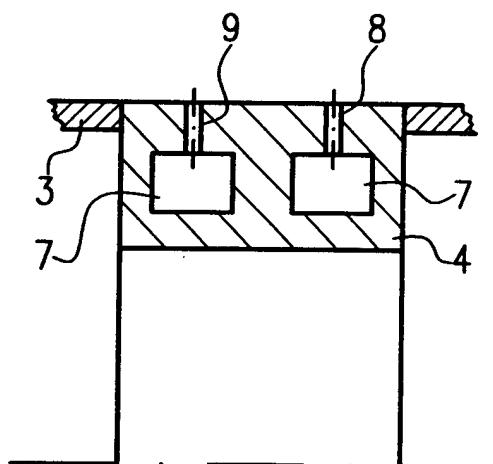


Fig.3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Magervormischbrenner für eine Gasturbine mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Hauptanspruchs sowie auf ein Verfahren zum Betrieb eines Magervormischbrenners.

[0002] Im Einzelnen bezieht sich die Erfindung auf einen Magervormischbrenner mit zumindest einem mit Brennstoff-Primärdüsen versehenen Brennstoff-Versorgungsring.

[0003] Ein derartiger Magervormischbrenner kann entweder als LPP-Modul oder als Swirlcup ausgebildet sein.

[0004] Magervormischbrenner sind aus dem Stand der Technik in unterschiedlichsten Ausgestaltungsformen bekannt.

[0005] Magervormischbrenner wurden unter anderem entwickelt, um die Bildung von Stickoxiden zu vermeiden. Hierfür wird das Luft-Brennstoff-Verhältnis verfahrensbedingt hoch eingestellt, sodass ein sehr mageres Gemisch entsteht. Dieses erzeugt in der Hauptabbrandzone relativ niedrige Verbrennungstemperaturen.

[0006] Als nachteilig kann sich erweisen, dass durch die relativ niedrigen Verbrennungstemperaturen die Verbrennung selbst nicht so vollständig ist, wie sie bei höheren Temperaturen wäre. Somit entstehen unverbrannte Kohlenwasserstoff- und Kohlenmonoxid-Emissionen.

[0007] Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass durch das sehr magere Gemisch eine Verbrennungsführung erzielt wird, welche unter normalen Umständen nicht sehr viel weiter zu vermagern ist, ohne Instabilitäten zu erzeugen. Eine weitere Vermagerung führt schließlich zum Verlöschen der Flamme. Hieraus ergibt sich, dass zum sicheren, luftfahrttüchtigen Betrieb zusätzliche sogenannte Pilotbrenner vorhanden sein müssen. Diese Pilotbrenner gewährleisten eine hohe lokale Verbrennungstemperatur. Dies wiederum führt zu einer hohen Flammenstabilität. Nachteilig beim Betrieb der Pilotbrenner erweist es sich, dass relativ hohe NO_x-Emissionen entstehen.

[0008] Der Stand der Technik zeigt die Verwendung dieser Pilotbrenner in axial gestuften Brennkammern, welche zusammen mit Magervormischbrennern eingesetzt werden. Derartige Brennkammern sind relativ groß, sie weisen eine komplexe Geometrie auf und haben eine große zu kühlende Oberfläche.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, einen Magervormischbrenner sowie ein Verfahren zum Betrieb eines Magervormischbrenners zu schaffen, welche bei einfacherem Aufbau unter Vermeidung des Standards der Technik zu einer niedrigen thermischen Belastung führen und auch bei sehr mageren Bedingungen sicher brennen.

[0010] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe hinsichtlich des Magervormischbrenners durch die Merkmalskombination des Hauptanspruchs gelöst, hinsichtlich des Verfahrens erfolgt die Lösung der Aufgabe durch

die Merkmalskombination des nebengeordneten Anspruchs. Die jeweiligen Unteransprüche zeigen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

[0011] Hinsichtlich des Magervormischbrenners ist somit vorgesehen, dass an dem primären Brennstoff-Eindüsering zusätzliche Brennstoff-Sekundärdüsen vorgesehen sind.

[0012] Der erfindungsgemäß Magervormischbrenner zeichnet sich durch eine Reihe erheblicher Vorteile aus.

[0013] Durch die zusätzlichen Brennstoff-Sekundärdüsen ist es möglich, lokal das Brennstoff-Luft-Gemisch anzureichern. Es ist somit nicht erforderlich, zusätzliche Pilotbrenner oder Ähnliches vorzusehen. Vielmehr ergeben sich erfindungsgemäß Bereiche an dem Brennstoff-Eindüsering, an denen ein reicheres Brennstoff-Luftgemisch vorliegt. Dieses führt zu einer Verbrennung bei höheren Temperaturen und damit zu einer stabileren Flammenführung. Hierdurch ergibt sich ein stabilerer

20 Betrieb des Magervormischbrenners, die Gefahr eines Verlöschens wird dabei in zuverlässiger Weise vermieden. In besonders günstiger Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Brennstoff-Primärdüsen gleichmäßig am Umfang des Brennstoff-Versorgungs-

25 rings verteilt sind, während die Brennstoff-Sekundärdüsen ungleichmäßig am Umfang verteilt sind. Dabei ist es besonders günstig, wenn die Brennstoff-Sekundärdüsen nur in einigen Sektoren des Brennstoff-Eindüserings angeordnet sind. Hierdurch wird erreicht, dass einzelne Bereiche des Brennstoff-Eindüserings mit einem reicherem Gemisch versorgt werden können.

[0014] Erfindungsgemäß ergibt sich somit eine interne Stufung der Brennstoffzufuhr über den Brennstoff-Versorgungsring. Die Brennstoffzufuhr wird erfindungsgemäß derart geschaltet, dass punktuell bei Minder- bzw. Niedriglast in der Nähe von mindestens zwei Brennstoff-Primärdüsen zusätzliche, benachbarte Brennstoff-Sekundärdüsen zur Anreicherung des Brennstoff-Luft-Gemisches in Betrieb genommen werden.

[0015] Um in dem jeweiligen Lastbereich der Gasturbine die Gesamt-Brennstoffmenge konstant zu halten, werden erfindungsgemäß andere, nicht benötigte Brennstoff-Primärdüsen abgeschaltet.

[0016] Sofern von dem Minder- bzw. Niedriglastbetrieb wieder auf einen Vollastbetrieb übergegangen wird, werden zur Erzielung eines kontinuierlichen Anstiegs des Brennstoff-Massenstroms die Brennstoff-Primärdüsen jeweils wieder zugeschaltet. Die dann nicht mehr benötigten Brennstoff-Sekundärdüsen werden entsprechend ausgeblasen.

[0017] Um einen sicheren Betrieb auch in einem niedrigen Lastbereich zu gewährleisten, kann es günstig sein, wenn an dem Brennstoff-Eindüsering zusätzliche Brennstoff-Minidüsen ausgebildet sind. Diese Brennstoff-Minidüsen können in Gruppen angeordnet sein (Cluster).

[0018] Hinsichtlich des erfindungsgemäßen Verfah-

rens ist somit vorgesehen, dass lokal an dem Brennstoff-Versorgungsring ein reicheres Luft-Brennstoff-Gemisch eingestellt wird, während an anderen Stellen des Brennstoff-Versorgungsringes kein Brennstoff eingespritzt wird. Wie erwähnt, bleibt dabei die Gesamt-Brennstoffmenge, die dem Magervormischbrenner zugeführt wird, im Wesentlichen gleich.

[0019] Erfindungsgemäß ergibt sich somit eine hohe Flammensicherheit (Stabilität) des Magervormischbrenners, sodass auf zusätzliche Pilotbrenner gänzlich verzichtet werden kann. Hierdurch wird das Brennkammervolumen kleiner. Auch die Oberfläche der Brennkammer verringert sich, wodurch wiederum der Kühlbedarf sinkt. Hierdurch ergibt sich eine Steigerung des Wirkungsgrades der Gasturbine.

[0020] Ein weiterer, wesentlicher Vorteil der Erfindung besteht darin, dass ein kontinuierlicher Übergang von einem Vollastbetrieb auf einen Minder- oder Niedriglastbetrieb erfolgen kann. Auf die aus dem Stand der Technik bekannte diskontinuierliche Brennstoffverschiebung zwischen Pilotbrennern und Magervormischbrennern und die hierfür benötigten Systeme kann erfindungsgemäß gänzlich verzichtet werden. Hieraus wiederum ergibt sich ein besserer Schubverlauf beim Umschalten der Gasturbine auf unterschiedliche Lastbereiche.

[0021] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung beschrieben. Dabei zeigt:

- Fig. 1 eine vereinfachte Darstellung eines Magervormischbrenners in einer Gasturbinenbrennkammer,
- Fig. 2 eine Prinzipansicht entlang der Linie A-B von Fig. 1, die die Anordnung von Primärdüsen am Umfang zeigt,
- Fig. 3 eine vergrößerte Teil-Schnittansicht eines erfindungsgemäßen Brennstoff-Eindüserings,
- Fig. 4 eine stark vereinfachte schematische stirnseitige Ansicht eines Brennstoff-Versorgungsringes mit gleichmäßiger Verteilung der Brennstoff-Primärdüsen,
- Fig. 5 eine Ansicht analog Fig. 4, eines Teillast- oder Niedriglastbetriebs,
- Fig. 6 eine Darstellung, ähnlich den Fig. 4 und 5, mit Darstellung unterschiedlich geschalteten Magervormischbrennern,
- Fig. 7 eine abgewandelte Darstellung der Fig. 6,
- Fig. 8 eine Schnittansicht, ähnlich Fig. 2, zur Darstellung von Brennstoff-Minidüsen, und
- Fig. 9 ein Betriebsdiagramm unterschiedlicher Last-

stufen.

[0022] In den Ausführungsbeispielen sind gleiche Teile jeweils mit gleichen Bezugsziffern versehen.

[0023] Die Fig. 1 zeigt in schematischer Seitenansicht ein erfindungsgemäßes Magervormischmodul in einer Gasturbinenbrennkammer. Mit dem Bezugszeichen 1 ist ein Flammrohr bezeichnet, welchem ein Magervormischbrenner vorgeschaltet ist. Dieser umfasst ein äußeres Gehäuse 2 sowie ein inneres Gehäuse 3. An dem inneren Gehäuse ist ein Brennstoff-Eindüsering 4 ausgebildet. Das Bezugszeichen 5 beschreibt einen inneren Körper des Magervormischbrenners, mit dem Bezugszeichen 6 sind ganz allgemein Brennstoffdüsen dargestellt.

[0024] Derartige Magervormischbrenner sind in ihrer Grundkonstruktion aus dem Stand der Technik bekannt, sodass auf weitere Ausführungen an dieser Stelle verzichtet werden kann.

[0025] Die Fig. 2 zeigt eine Schnittansicht längs der Linie A-B von Fig. 1. Hierbei sind schematisch an dem Brennstoff-Versorgungsring 4 mehrere Brennstoffdüsen 6 dargestellt. Auf die Brennstoffversorgung selbst und ähnliche Details wurde hierbei verzichtet. Die Fig. 2 erläutert, dass einzelne der Brennstoffdüsen 6, nämlich die Brennstoffdüsen 6a in Betrieb sind, während die dargestellten Brennstoffdüsen 6b außer Betrieb sind.

[0026] In Fig. 3 ist nochmals vergrößert ein Schnitt durch ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Brennstoff-Versorgungsringes 4 gezeigt. Dieser umfasst zwei Brennstoff-Zuführungskanäle 7, denen jeweils am Umfang mehrere Brennstoff-Primärdüsen 8 sowie Brennstoff-Sekundärdüsen 9 zugeordnet sind. Aus der Darstellung der Fig. 3 ergibt sich, dass die Brennstoff-Primärdüsen 8 und die Brennstoff-Primärdüsen 9 jeweils mit eigenen Brennstoff-Zuführungskanälen 7 versehen sind, sodass eine unterschiedliche Versorgung mit Brennstoff stattfinden kann.

[0027] Die Fig. 4 und 5 zeigen jeweils in stirnseitiger Ansicht (stark vereinfacht) die Anordnung der Brennstoffdüsen am Umfang des Brennstoff-Versorgungsringes 4. Bei der Darstellung der Fig. 4 sind die einzelnen Brennstoff-Primärdüsen 8 gleichmäßig am Umfang verteilt und befinden sich dementsprechend in Betrieb.

Demgegenüber zeigt die Fig. 5 insgesamt vier Brennstoff-Düsensektoren, in denen unterschiedliche, ungleichmäßig über den Umfang verteilte Anordnungen von Brennstoff-Sekundärdüsen 9 dargestellt sind. Da sich die Brennstoff-Primärdüsen 8 und die Brennstoff-Primärdüsen 9 in unterschiedlichen Ebenen befinden (siehe Fig. 3), ergibt sich die in Fig. 5 gezeigte Anordnung der Brennstoff-Sekundärdüsen 9.

[0028] Die Fig. 6 und 7 zeigen in vereinfachter, schematischer Darstellung die Anordnung von umfangsstufigen Magervormischbrennern. Die Fig. 6 zeigt dabei eine symmetrische Umfangsschaltung, bei der sich Magervormischmodule 14, die in Betrieb sind, mit Magervormischmodulen 15, die außer Betrieb sind, abwechseln.

seln. Demgegenüber ist in Fig. 7 eine Darstellung gewählt, bei der eine asymmetrische Umfangsstufung (gruppierende Umfangsschaltung) gewählt ist. Es sind jeweils mehrere Magervormischmodule 14 nebeneinander in Betrieb, während angrenzend mehrere Magervormischmodule 15 außer Betrieb genommen sind.

[0029] Die Fig. 8 zeigt eine Schnittansicht, ähnlich Fig. 2, in welcher zusätzlich Brennstoff-Mnidüsen 13 in einer gruppierten Anordnung (Cluster) an dem Brennstoff-Versorgungsring 4 vorgesehen sind. Diese Brennstoff-Mnidüsen 13 weisen eine höhere Einspritzgeschwindigkeit des Brennstoffs auf und führen dabei zu einem lokal reicherem Brennstoff-Luft-Gemisch. Angrenzend an die Brennstoff-Mnidüsen 13 sind schematisch Brennstoff-Primärdüsen 8 gezeigt.

[0030] In Fig. 9 ist ein Diagramm dargestellt, in welchem der Brennstoff-Massenstrom gegen die thermische Last des Triebwerks / der Gasturbine dargestellt ist. Die sich ergebende Gerade führt vom Nullpunkt durch einen Vollastpunkt. Um einen Betrieb der Magervormischbrenner oder Magervormischmodule in einer annularen Brennkammer flammensicher zu gewährleisten, werden die Brenner auf die nachfolgend dargestellten drei unterschiedlichen Betriebsstufen geschaltet.

[0031] Die nachfolgende Beschreibung bezieht sich auf eine Reduzierung der Triebwerksleistung, analoges gilt jedoch auch für eine entsprechende Laststeigerung.

[0032] An dem Betriebspunkt I ist ein Schaltpunkt vorgesehen. Dort erfolgt eine Umfangsstufung von ganzen Brennermodulen in bekannter symmetrischer oder asymmetrischer Weise. Die Brennermodule oder Magervormischbrenner werden dabei derart ausgeschaltet, dass die in Betrieb bleibenden Magervormischbrenner oder Module eine thermische Last von ungefähr 100 % am Schaltpunkt I erreichen. Die Schaltung erfolgt über Ventile, wobei Schalter oder regelbare Ventile eingesetzt werden können.

[0033] Bei einem mittleren Schaltpunkt II, der bei ungefähr der Hälfte der thermischen Last des ersten Punktes I liegen kann, werden Gruppen von Einspritzdüsen der bisher in Betrieb verbliebenen Magervormischbrenner oder Magermodule abgeschaltet. Man erreicht hierdurch einen Weiterbetrieb der vorhandenen Brennstoff-Einspritzdüsen bei 100 % (am Schaltpunkt) des individuellen Brennstoff-Massendurchsatzes. Besonders vorteilhaft kann in diesem Niedriglastbereich eine asymmetrische Anordnung der in Betrieb verbleibenden Brennstoffdüsen vorgesehen werden (asymmetrische Gruppenschaltung).

[0034] Bei dem dritten Schaltpunkt III liegt bei weiterer Lastreduzierung ein Umschalten von den Normaldüsen (Brennstoff-Primärdüsen und Brennstoff-Sekundärdüsen) auf Cluster von Minidüsen oder Sekundär-Eindüsing vor. Diese Minidüsen haben, wie beschrieben, einen deutlich geringeren Durchmesser als die Normaldüsen. Die Minidüsen / Sekundärdüsen führen auch bei Niedriglast zu einem akzeptablen Brennstoff-Zersteu-

bungsverhalten bei vergleichweise besserem Tropfendampfungsverhalten und erzeugen dennoch lokal ein relativ fettes Luft-Brennstoff-Gemisch. Die verbesserte Brennstoff-Zersteubung und das bessere Tropfendampfungsverhalten sind auch deshalb vorteilhaft und wichtig, weil im Niedriglastbereich der Gasturbine die Liefertemperatur des Kompressors gering ist. Erfindungsgemäß wird somit ein flammensicheres Gemisch erzeugt.

[0035] Es ist somit festzustellen, dass erfindungsgemäß eine Gruppierung oder Zusammenschaltung von einzelnen Modulen von Magervormischbrennern in einer annularen Brennkammer erfolgt, um die im Betrieb befindlichen Magervormischbrenner bei Niedriglast in Gruppen zusammenzulegen. Durch das Abschalten anderer Magervormischbrenner oder Module ergibt sich bei den verbleibenden Modulen oder Magervormischbrenner bei gleich bleibender Brennstoffmenge der Brennkammer ein reicheres oder fetteres Gemisch. Bei einer nochmaligen Erniedrigung der Last ist es dann, oder in Verbindung mit der eben beschriebenen Maßnahme, möglich, zusätzliche Sekundärdüsen oder Minidüsen in Betrieb zu setzen, um innerhalb eines Magervormischbrenners einzelne Bereiche auszuwählen, in denen (über den Umfang gesehen) in einzelnen Sektoren ein reicheres oder fetteres Brennstoff-Luft-Gemisch vorliegt. Hierdurch wird die Flammensicherheit etc., wie oben beschrieben, des einzelnen Moduls oder Magervormischbrenners sichergestellt.

[0036] Die Erfindung ist nicht auf die gezeigten Ausführungsbeispiele beschränkt, vielmehr ergeben sich im Rahmen der Erfindung vielfältige Abwandlungs- und Modifikationsmöglichkeiten.

35 Bezugszeichenliste

[0037]

- | | |
|----|--|
| 1 | Flammrohr |
| 40 | äußeres Gehäuse des Magervormischbrenners |
| 2 | inneres Gehäuse des Magervormischbrenners |
| 3 | Brennstoff-Versorgungsring des Magervormischbrenners |
| 4 | innerer Körper des Magervormischbrenners |
| 5 | allgemeine Brennstoffdüsen |
| 45 | allgemeiner Brennstoff-Zuführungskanal |
| 6 | Brennstoff-Primärdüse |
| 7 | Brennstoff-Sekundärdüse |
| 8 | Brennstoff-Düsensektor |
| 9 | Brennstoff-Mnidüse |
| 12 | Magervormischmodul in Betrieb |
| 50 | Magervormischmodul außer Betrieb |
| 13 | |
| 14 | |
| 15 | |

55 Patentansprüche

1. Magervormischbrenner für eine Gasturbine, mit zu mindest einem mit Brennstoff-Primärdüsen (8) ver-

- sehenen Brennstoff-Eindüsering (4),
dadurch gekennzeichnet, dass
an dem Brennstoff-Versorgungsring (4) zusätzliche
Brennstoff-Sekundärdüsen (9) vorgesehen sind.
2. Magervormischbrenner nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Brennstoff-Primärdüsen (8) gleichmäßig am
Umfang des Brennstoff-Versorgungsrings (4) ver-
teilt sind, während die Brennstoff-Sekundärdüsen
(9) ungleichmäßig am Umfang verteilt sind.
3. Magervormischbrenner nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Brennstoff-Sekundärdüsen (9) nur in einigen
Sektoren des Brennstoff-Versorgungsrings (4) an-
geordnet sind.
4. Magervormischbrenner nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
an dem Brennstoff-Versorgungsring (4) Brennstoff-
Minidüsen (13) ausgebildet sind.
5. Magervormischbrenner nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Brennstoff-Minidüsen (13) in Gruppen angeord-
net sind.
6. Magervormischbrenner nach einem der Ansprüche
1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Brennstoff-Sekundärdüsen (9) und/oder die
Brennstoff-Minidüsen (13) ein reicheres Luft-
Brennstoff-Gemisch liefern.
7. Verfahren zum Betrieb eines Magervormischbren-
nners für eine Gasturbine mit zumindest einem mit
Brennstoff-Primärdüsen (8) versehenen Brenn-
stoff-Versorgungsring (4), an dem zusätzliche
Brennstoff-Sekundärdüsen (9) vorgesehen sind,
dadurch gekennzeichnet, dass
bei Minder- bzw. Niedriglast der Gasturbine lokal
am Brennstoff-Versorgungsring (4) ein reicheres
Luft-Brennstoff-Gemisch eingestellt wird, während
an anderen Stellen des Brennstoff-Versorgungs-
rings (4) kein Brennstoff über die Primärdüsen (8)
eingespritzt wird, wobei die Gesamt brennstoffmen-
ge, die dem Magervormischbrenner zugeführt wird,
im Wesentlichen gleich bleibt.
8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
bei Minder- bzw. Niedriglast der Gasturbine be-
nachbart zumindest zwei Brennstoff-Primärdüsen
(8) Brennstoff-Sekundärdüsen (9) zur lokalen An-
reicherung des Brennstoff-Luft-Gemisches zuge-
schaltet werden.
- 5
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Brennstoff-Primärdüsen (8), die nicht benach-
bart zu den Brennstoff-Sekundärdüsen (9) ange-
ordnet sind, abgeschaltet werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
bei weiterem Abnehmen der Last der Gasturbine
die lokale Versorgung mit reicherem Brennstoff-
Luft-Gemisch durch zusätzliche Brennstoff-Minidü-
sen (13) erfolgt.
11. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
die jeweils in Betrieb befindlichen Brennstoff-Pri-
märdüsen (8), Brennstoff-Sekundärdüsen (9) und
Brennstoff-Minidüsen (13) in lokalen Gruppen am
Umfang des Brennstoff-Versorgungsrings (4) ge-
schaltet werden.
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

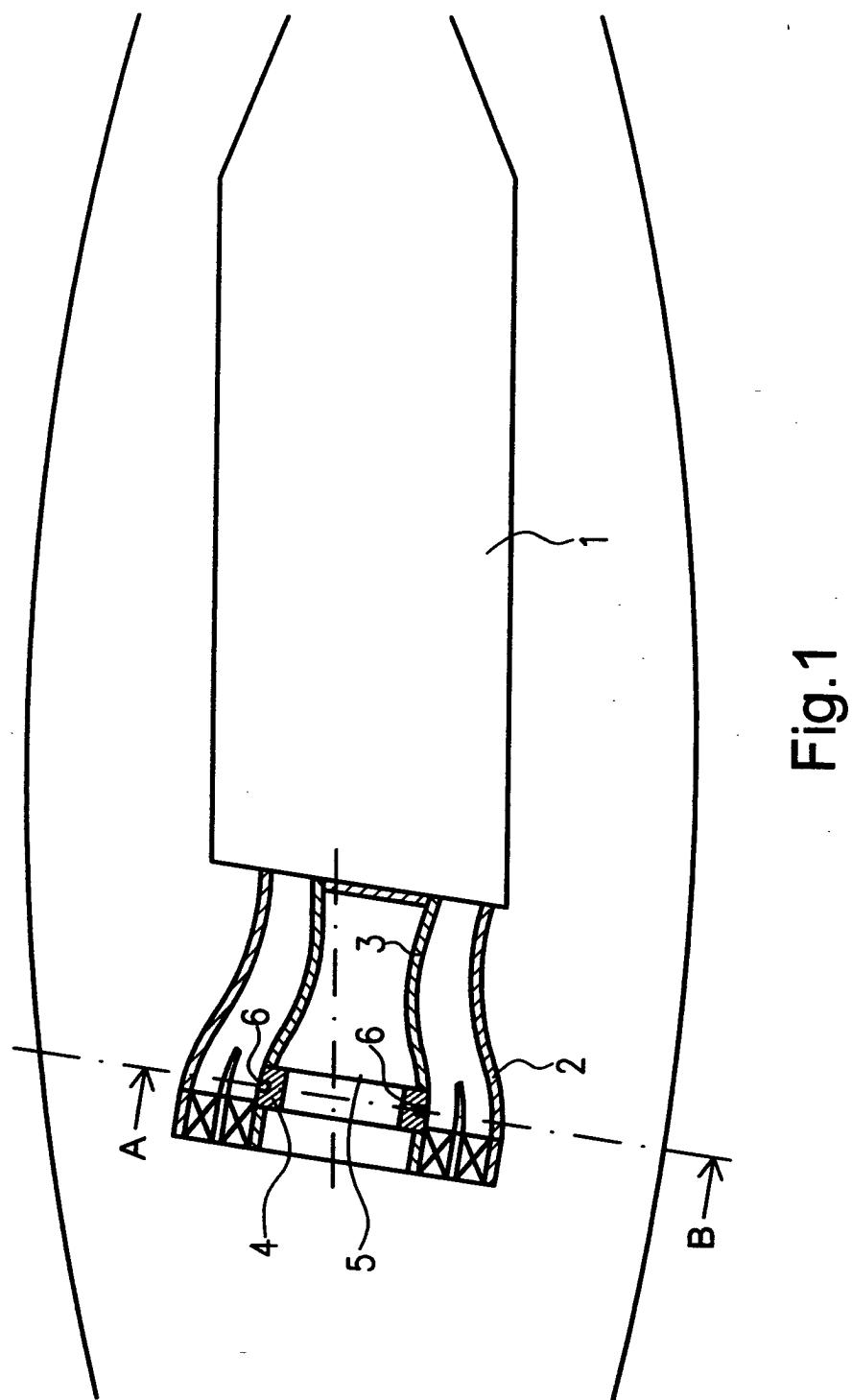


Fig. 1

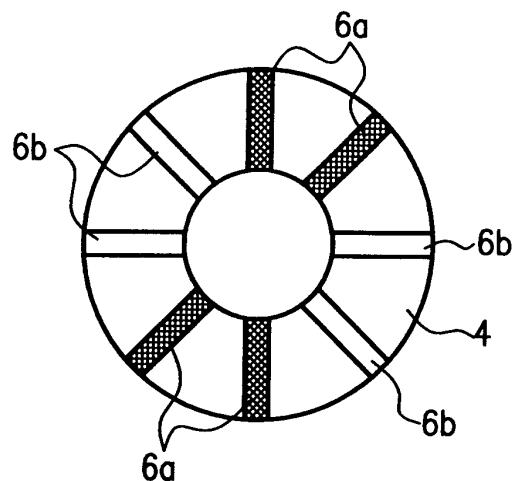


Fig.2

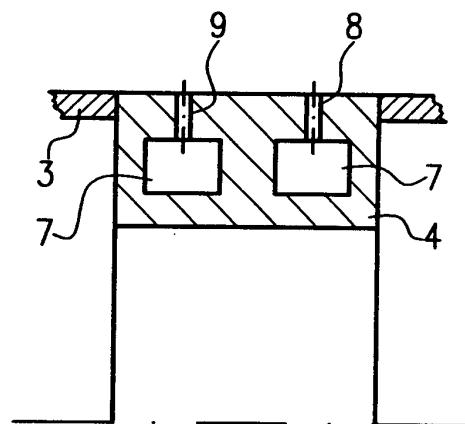


Fig.3

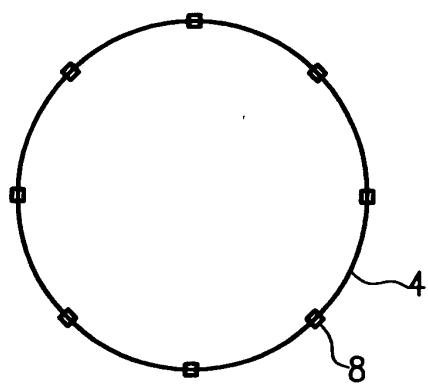


Fig.4

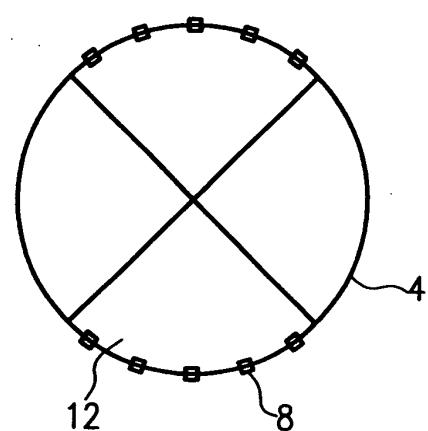


Fig.5

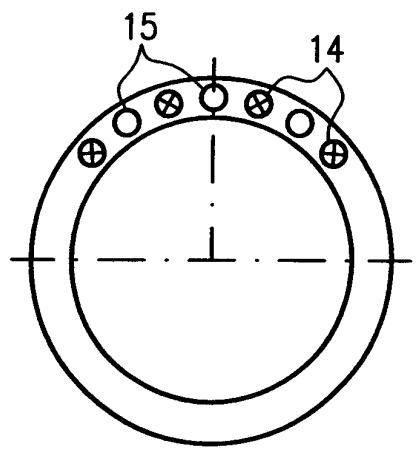


Fig.6

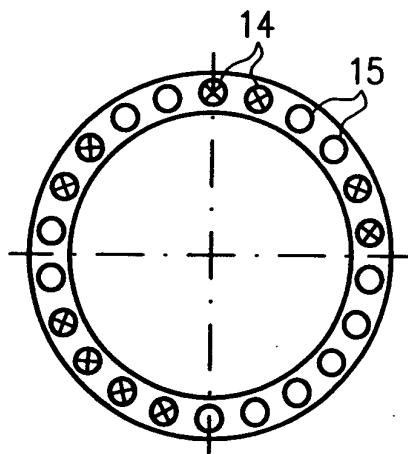


Fig.7

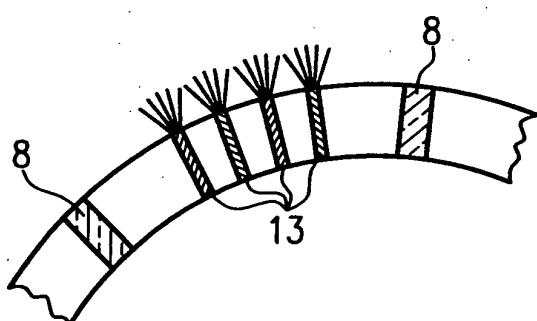


Fig.8

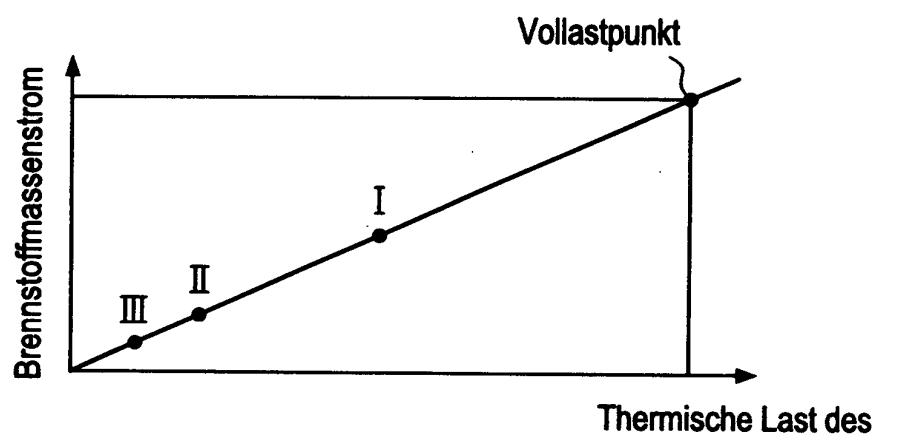


Fig.9