



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 576 697 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **92110969.0**

(51) Int. Cl. 5: **F23D 23/00, F23R 3/40**

(22) Anmeldetag: **29.06.92**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.01.94 Patentblatt 94/01

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(71) Anmelder: **ABB RESEARCH LTD.**

Zürich(CH)

(72) Erfinder: **Keller, Jacob Dr.**
Plattenstrasse 8
CH-5605 Dottikon(CH)

(74) Vertreter: **Klein, Ernest et al**
BBC Brown Boveri AG
Abteilung REI
Immateriagüterrecht
CH-5401 Baden (CH)

(54) **Brennkammer einer Gasturbine.**

(57) In einer Brennkammer für Gasturbinen ist eine Kombination von Vormischbrennern (10) mit katalytisch unterstützten, vorzugsweise gasbetriebenen Brennern (20) vorgesehen, wobei die Hauptverbrennung mit den Vormischbrennern durchgeführt wird. Die Vormischbrenner (10) und die katalytischen Brenner (20) sind austauschbar gestaltet. Die katalytischen Brenner (20) sind mit einer Abgasrückführung (24, 26) versehen, wobei das Abgas vorzugsweise dem Brennraum (25) entnommen wird. Der Eintritt der Verbrennungsluft für die katalytischen Brenner ist als Strahlpumpe (24) ausgebildet, welche das Abgas aus dem Brennraum (25) ansaugt.

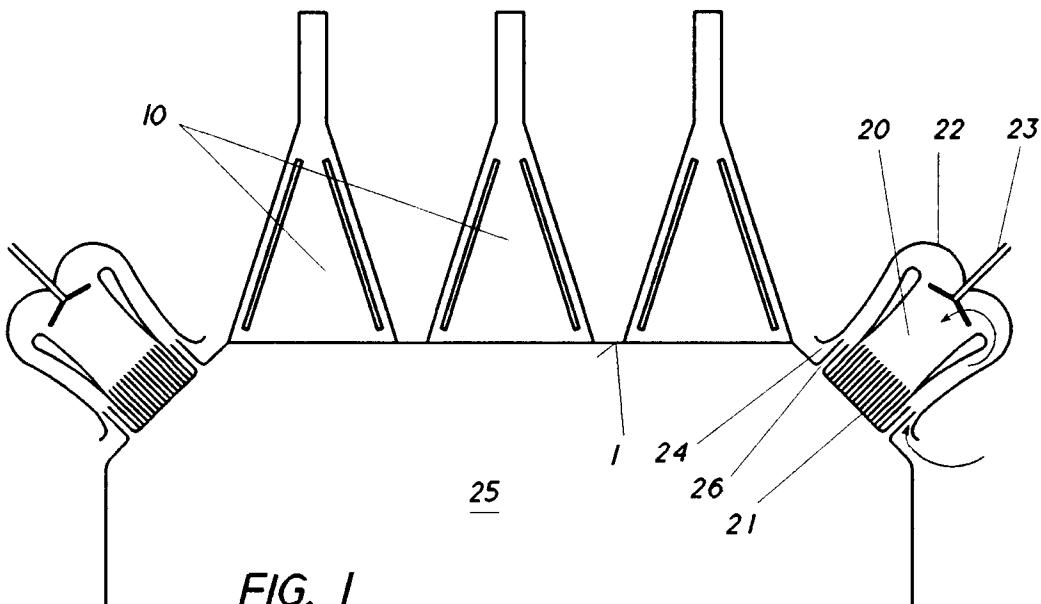


FIG. 1

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft die Brennkammer einer Gasturbine, in welcher gleichzeitig neben klassischen Brennertypen auch katalytische Brenner zum Einsatz gelangen.

5

Stand der Technik

Die Kombination von Diffusionsbrennern und katalytischen Brennern ist bekannt. Sie wird eingesetzt in einer Art Mischbetrieb, wobei in der Regel die Brennkammer bis zu einer gewissen Teillast im reinen

10 Diffusionsbetrieb hochgefahren wird. Danach werden mehr und mehr katalytische Brenner zugeschaltet. Dabei wird angestrebt, im Vollastbetrieb die Brennkammer im reinen katalytischen Betrieb zu fahren. Die katalytischen Brenner zeichnen sich dadurch aus, dass sie auch bei sehr magerem Brennstoff-Luftgemisch betriebsfähig bleiben. Andererseits sind sie auch mit typischen Nachteilen behaftet wie beispielsweise mangelnde Multibrennstoff-Fähigkeit, langsame Regelbarkeit, problematisches Zünden und Hochfahren.

15 Andererseits sind Brennkammern für Gasturbinen auf der Basis von Vormischbrennern bekannt, beispielsweise aus der EP-B1 29 619. Innerhalb einer Anzahl rohrförmiger Elemente läuft zwischen dem eingespritztem Brennstoff und der Verdichterluft ein Vormisch/Vorverdampfungsprozess bei grosser Luft-Überschusszahl ab, bevor der eigentliche Verbrennungsprozess stromabwärts eines Flammenhalters stattfindet. Mit dieser Massnahme können die Emissionswerte an Schadstoffen aus der Verbrennung erheblich

20 reduziert werden.

Die Verbrennung mit der grösstmöglichen Luftüberschusszahl, - einmal dadurch gegeben, dass die Flamme überhaupt noch brennt und im weiteren dadurch, dass nicht zuviel CO entsteht - verhindert indessen nicht nur die Schadstoffmenge an NO_x, sondern bewirkt darüberhinaus auch die Tiefhaltung anderer Schadstoffe, nämlich wie bereits erwähnt von CO und von unverbrannten Kohlenwasserstoffen.

25 Dieser Optimierungsprozess kann in Richtung noch tieferer NO_x-Werte dahin getrieben werden, dass innerhalb der Brennkammer der Raum für die Verbrennung und Nachreaktionen grösser bemessen wird als für die eigentliche Verbrennung notwendig wäre. Dies erlaubt die Wahl einer grösseren Luftüberschusszahl, wobei dann zwar zunächst grössere Mengen CO entstehen, diese aber zu CO₂ weiter reagieren können, so dass schliesslich die CO-Emissionen gering bleiben. Andererseits aber bildet sich wegen des grossen

30 Luftüberschusses nur wenig zusätzliches NO. Da mehrere rohrförmige Elemente bei dieser bekannten Brennkammer das Vormischen übernehmen, werden bei der Lastregelung jeweils nur soviele Elemente mit Brennstoff betrieben, dass sich für die jeweilige Betriebsphase (Start, Teillast, Vollast) die optimale Luftüberschusszahl ergibt.

Andere Typen von Vormischbrennern, bei denen auf Flammenhalter verzichtet werden kann, sind in

35 Form der Doppelkegelbrenner nach EP-B1-0 321 809 bekannt.

Alle Brennkammern mit Vormischbrennern weisen jedoch die Unzulänglichkeit auf, dass zumindest in den Betriebszuständen, in denen nur ein Teil der Brenner mit Brennstoff betrieben wird, nahe an die Grenze der Flammenstabilität gestossen wird. In der Tat wird die Löschgrenze aufgrund des sehr mageren Gemisches und der sich daraus ergebenden niedrigen Flamenttemperatur bei typischen Gasturbinenbedingungen schon bei einer Luftüberschusszahl von etwa 2,0 erreicht.

Darstellung der Erfindung

Die Erfindung versucht all diese Nachteile zu vermeiden. Ihr liegt die Aufgabe zugrunde, eine

45 Massnahme zu schaffen, mittels der die Brennkammer möglichst nahe an der mageren Löschgrenze betrieben werden kann, d.h. in jenem Bereich, in dem praktisch kein NO_x entsteht.

Erfindungsgemäss wird dies durch die Kombination von Vormischbrennern mit katalytisch unterstützten, vorzugsweise gasbetriebenen Brennern erreicht, wobei die Hauptverbrennung mit den Vormischbrennern durchgeführt wird.

50 Die Vorteile der Erfindung sind unter anderem in der reinen Stützung der Brennkammer in kritischen Phasen zu sehen, beispielsweise bei vorübergehendem Auftreten von Schwingungen, bei denen das Löschlimit für reine Vormischbrenner zeitweilig überschritten werden kann. Dadurch, dass die katalytischen Brenner bei sehr magerem Gemisch betriebsfähig bleiben, kann die Regelung insofern vereinfacht werden, dass nunmehr beim Beladen und Entlasten der Gasturbine respektiv der Brennkammer Luftzahlbereiche

55 durchquert werden können, die mit reiner Vormischverbrennung wegen deren magerer Löschgrenze in der Regel nicht durchfahren werden könnten.

Durch diese gezielte Anwendung der katalytischen Brenner können deren eingangs erwähnten Nachteile umgangen werden.

Es ist besonders zweckmässig, wenn die Vormischbrenner und die katalytischen Brenner austauschbar gestaltet sind. Damit hat man ein einfaches Mittel in der Hand, die Brennerkonfiguration an den jeweiligen Brennkammerbetrieb, beispielsweise hinsichtlich Brennstoff oder Druck, anzupassen. Denn grundsätzlich wird angestrebt, die Brennkammer ohne katalytischen Brenner betreiben zu können, um die Vorteile der Vormischverbrennung volumänglich auszunutzen. Die Austauschbarkeit der verschiedenen Brennertypen kann damit als sinnvolle Option für das bedarfsweise Zuschalten von katalytischen Brennern angesehen werden, wobei immer nur soviele katalytische Brenner eingesetzt werden, wie gerade zum stabilen Betrieb der Brennkammer erforderlich sind.

Ferner ist es vorteilhaft, wenn die katalytischen Brenner mit einer Abgasrückführung versehen sind, wobei das Abgas vorzugsweise dem Brennraum entnommen wird. Dieser Massnahme liegt der Gedanke zugrunde, dem Brenngemisch die für den Betrieb der katalytischen Brenner notwendige Minimaltemperatur zu geben. Dadurch kann auf die bisher bei katalytischen Brennern üblichen Vorbrenner verzichtet werden.

Hierbei ist es besonders sinnvoll, wenn der Eintritt der Verbrennungsluft für die katalytischen Brenner als Strahlpumpe ausgebildet ist, wobei über diese Strahlpumpe das Abgas aus dem Brennraum angesaugt wird.

Schliesslich werden mit Vorteil die katalytischen Brenner in der Primärzone der Brennkammer in hochbelasteten Wandteilen angeordnet, wo sie eine Art Hitzeschildfunktion ausüben. Durch diese Massnahme kann an den betreffenden Stellen auf die übliche Wandkühlung verzichtet werden, was dem Erfordernis nach möglichst wenig gekühlter Oberfläche entgegenkommt.

20

Kurze Beschreibung der Zeichnung

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung schematisch dargestellt.

Es zeigen:

- 25 Fig.1 einen Teillängsschnitt einer Brennkammer;
Fig.2 einen Querschnitt durch einen Vormischbrenner;
Fig.3 eine Brenneranordnung im Querschnitt;
Fig.4 eine Brennstoffregelkurve zum Beladen der Brennkammer im Gasbetrieb.

Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt. Nicht dargestellt sind von der Anlage beispielsweise die Zu- und Anordnung der Brennkammer an den rotierenden Maschinen, die Brennstoffbereitstellung, die Regeleinrichtungen und dergleichen, Die Strömungsrichtung der Arbeitsmittel ist mit Pfeilen bezeichnet.

Weg zur Ausführung der Erfindung

35

In Fig.1 sind im domförmigen Abschluss einer Brennkammer in der Brennkammerwand 1 mehrere Vormischbrenner 10 und katalytische Brenner 20 angeordnet. Letztere befinden sich örtlich an Stellen, die in der Regel stark gekühlt werden müssten. Sie bestehen im wesentlichen aus dem eigentlichen Katalyten 21, der von einem glockenförmigen Gehäuse 22 umgeben ist. Die Gehäusewand wird von einer Brennstoffzuführung 23 durchdrungen, wobei als Brennstoff vorzugsweise Gas zur Anwendung gelangt. Die Verbrennungsluft wird über einen ringförmigen Lufteintritt 24 in das Gehäuseinnere geleitet. Die Verbrennungsluft am Austritt des nicht dargestellten Gasturbinenverdichters weist in der Regel eine Temperatur von ca. 350 °C auf. Dies reicht nicht aus, um die katalytische Verbrennung in Gang zu halten.

Der Lufteintritt 24 ist deshalb als Strahlpumpe ausgebildet. Während des Betriebes wird heißes Brenngas aus dem Brennraum 25 über diese Strahlpumpe in das Gehäuseinnere eingesaugt. Dies geschieht über Abgasdüsen 26, die am Umfang des Katalysators verteilt sind und von der Brennluft gekühlt sind. Die Dimensionierung der Strahlpumpe und der Abgasdüsen wird dabei so vorgenommen, dass die angesaugte Abgasmenge genügend gross ist, um die für den Katalyten erforderliche kritische Temperatur von beispielsweise 550 °C mit Sicherheit zu erreichen. Als Beispiel sei angeführt, dass auf 10 Teile Verbrennungsluft mit der Temperatur 350 °C ca. 3 Teile Abgas mit der Temperatur 1200 °C angesaugt werden.

Beim schematisch dargestellten Vormischbrenner 10 nach den Fig.1 und 2 handelt es sich um einen sogenannten Doppelkegelbrenner, wie er beispielsweise aus der EP-B1-0 321 809 bekannt ist. Im wesentlichen besteht er aus zwei hohlen, kegelförmigen Teilkörpern 11, 12 die in Strömungsrichtung ineinander verschachtelt sind. Dabei sind die jeweiligen Mittelachsen 13, 14 der beiden Teilkörper gegeneinander versetzt. Die benachbarten Wandungen der beiden Teilkörper bilden in deren Längserstreckung tangentiale Schlitze 15 für die Verbrennungsluft, die auf diese Weise in das Brennerinnere gelangt. Dort ist eine erste Brennstoffdüse 16 für flüssigen Brennstoff angeordnet. Der Brennstoff wird in einem spitzen Winkel in die

Hohlkegel eingedüst. Das entstehende kegelige Flüssigbrennstoffprofil wird von der tangential einströmenden Verbrennungsluft umschlossen. In axialer Richtung wird die Konzentration des Brennstoffes fortlaufend infolge der Vermischung mit der Verbrennungsluft abgebaut. Der Brenner kann ebenfalls mit gasförmigem Brennstoff betrieben werden. Hierzu sind im Bereich der tangentiaalen Schlitze in den Wandungen der 5 beiden Teilkörper in Längsrichtung verteilte Gaseinströmöffnungen 17 vorgesehen. Im Gasbetrieb beginnt die Gemischbildung mit der Verbrennungsluft somit bereits in der Zone der Eintrittsschlitz 15. Es versteht sich, dass auf diese Weise auch ein Mischbetrieb mit beiden Brennstoffarten möglich ist.

Am Brenneraustritt stellt sich eine möglichst homogene Brennstoffkonzentration über dem beaufschlagten kreisringförmigen Querschnitt ein. Es entsteht am Brenneraustritt eine definierte kalottenförmige Rückströmzone, an deren Spitze die Zündung erfolgt. 10

Die Wirkungsweise der Erfindung wird nun anhand der Brennstoff-Regelkurve in Fig. 4 erläutert. Es wird hierzu die in Fig. 3 gezeigte Brenneranordnung zugrundegelegt und die Annahme getroffen, dass die Brenner nur gruppenweise zugeschaltet respektiv abgeschaltet werden. Hierbei zeigt es sich als zweckmäßig, zunächst die innenliegenden Brenner zu zünden und dann sukzessiv weiter aussenliegende Elemente 15 brennstoffmässig in Betrieb zu nehmen. Zu diesem Zweck sind die Brenner in sechs Gruppen mit folgender Besetzung unterteilt: Gruppe u = 9 Elemente, Gruppe v = 6 Elemente, Gruppe w = 3 Elemente, Gruppe x = 6 Elemente, Gruppe y = 6 Elemente, Gruppe z = 6 Elemente. Die Brenner der Gruppen u, v, w, x und y seien Vormischbrenner, jene der Gruppe z seien katalytische Brenner. Die Gruppen sind als solche in Fig. 3 bezeichnet.

20 Im Diagramm nicht dargestellt ist der eigentliche Startvorgang der Gasturbine, der bei ca. 20% Maschinendrehzahl mit der Initialzündung über den zentral angeordneten Zündbrenner 5 beginnt und mit dem Erreichen der Nenndrehzahl der Maschine und dem Synchronisieren abgeschlossen ist.

Im Schaltbild in Fig. 4 ist somit nur der Belastungsvorgang ab Leerlauf erklärt. Auf der Absisse ist die Last P in [%] und auf der Ordinate die Luftüberschusszahl (Lambda) aufgetragen. Die Parameter K₃₆, K₃₀, 25 K₂₇, K₂₄, K₁₈, K₁₅, K₁₂, K₉ stehen jeweils für eine Anzahl 36, 30, 27 9 in Betrieb stehenden Brenner. Es handelt sich um die optimale Schaltkurve beim Beladen der Brennkammer im Gasbetrieb.

Mit S_V sind die Stabilitätsgrenzen bei reiner Vormischverbrennung aufgetragen. Zum Vergleich ist mit S_D auch die Stabilitätsgrenze bei der eingangs erwähnten reinen Diffusionsverbrennung erwähnt. Hier ist erkennbar, dass diese Grenze S_D bei sehr hoher Luftüberschusszahl liegt. Allerdings wäre mit einer solchen Fahrweise die verlangten tiefen NO_x-Werte nicht zu erreichen. Als Richtwert kann angegeben werden, dass Diffusionsverbrennung allein für moderne Gasturbinen ca. 300-500 ppm NO_x-Emissionen zur Folge hätte. 30

Mit reiner Vormischverbrennung sind andererseits sind die verlangten NO_x-Grenzwerte ohne weiteres zu unterschreiten. Jedoch ist die Stabilitätsgrenze wegen der tiefen Flamenttemperatur niedrig. Der Bereich zwischen Zündvermögen und Löschen ist relativ schmal zum sicheren Betrieb der Brennkammer über den 35 vollen Lastbereich.

Nach Schaubild wird die Brennkammer gemäss dick auszogener Schaltkurve vom Leerlauf bis zu 15% Last mit 12 Brennern hochgefahren. Hierbei sind die Gruppen u und w in Betrieb. Durch die Steigerung der Gaszufuhr ist die Luftüberschusszahl bei 15% Last so niedrig geworden, dass nunmehr die Brennergruppe 40 v zugeschaltet wird bei gleichzeitigem Abschalten der Gruppe w. Es sind demnach 15 Vormischbrenner im Betrieb. Die weitere Regelkurve bei der Laststeigerung wird danach derart bestimmt, dass die Luftüberschusszahl sich ständig etwa im gleichen Bereich bewegt. Hierzu werden im gezeigten Beispiel jeweils bei den Lasten P = 27%, 44%, 64% und 86% die Brennergruppen x, y und w eingeschaltet resp. zur Feinstufung abgeschaltet.

45 Gemäss der Erfindung wird bei 86% Last zusätzlich die Gruppe z mit den katalytischen Stützbrennern in Betrieb genommen. Es resultiert dadurch eine Fahrweise unmittelbar auf der Stabilitätsgrenze. Es versteht sich, dass die neue Massnahme nicht nur bei Vollast, sondern bedarfswise auch bei Teillast angewendet werden kann. Grundsätzlich gilt, dass mit Hilfe der katalytischen Brenner Betriebspunkte angefahren werden können, die mit reiner Vormischverbrennung nicht möglich sind, da bei letzteren immer 50 eine gewisser Sicherheitsabstand zur Löschgrenze gewahrt sein muss.

Zur Erläuterung sei hierzu angeführt, dass beim durchaus üblichen Vorliegen von stochastischem Rauschen bereits Schwingungen in der Grössenordnung von 10 bis 20 mb vorherrschen. Dies führt zu ganz erheblichen Schwankungen der Luftüberschusszahl, welche nur im Mittelwert die in Fig. 4 angegebenen Werte aufweist, tatsächlich jedoch in einem Bereich um diesen Mittelwert schwankt. Und diese 55 Tatsache führt je nach Amplitude der Schwingung einerseits zu deutlich erhöhten NO_x-Werten und andererseits zu einem gefährlichen Annähern an die Löschgrenze. So führt bereits der Unterschied von 10-15 mb Druckschwankung zusätzlich zu etwa 5-8 ppm NO_x.

Die neue Fahrweise auf der Löschgrenze führt demnach dazu, dass mit Sicherheit die heute erreichbaren NO_x-Werte von 20 ppm ganz erheblich unterschritten werden können.

Bezugszeichenliste				
5	1	Brennkammerwand	20	katalytische Brenner
	5	Zündbrenner	21	Katalyt
10	10	Vormischbrenner	22	Gehäuse
	11	Teilkörper	23	Brennstoffzuführung
	12	Teilkörper	24	Lufteintritt
	13	Mittelachse	25	Brennraum
	14	Mittelachse	26	Abgasdüse
15	15	tangentiale Schlitze		
	16	Brennstoffdüse		
	17	Gaseinströmöffnung		

Patentansprüche

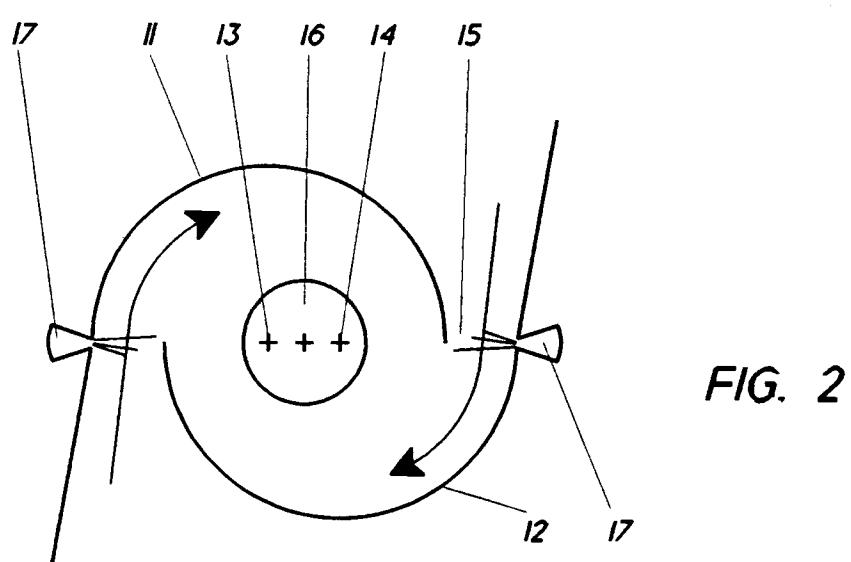
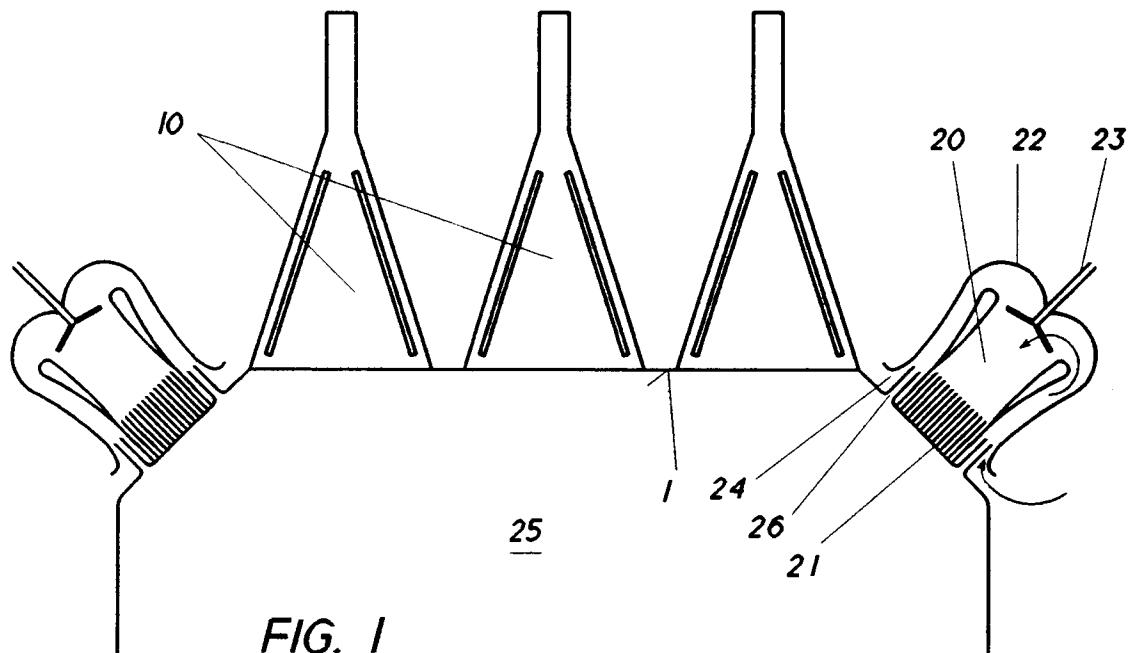
- 20 1. Brennkammer, insbesondere für Gasturbinen, gekennzeichnet durch die Kombination von Vormischbrennern (10) mit katalytisch unterstützten, vorzugsweise gasbetriebenen Brennern (20), wobei die Hauptverbrennung mit den Vormischbrennern durchgeführt wird.
- 25 2. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vormischbrenner (10) und die katalytischen Brenner (20) austauschbar gestaltet sind.
- 30 3. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die katalytischen Brenner (20) mit einer Abgasrückführung (24, 26) versehen sind, wobei das Abgas vorzugsweise dem Brennraum (25) entnommen wird.
4. Brennkammer nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Eintritt der Verbrennungsluft für die katalytischen Brenner als Strahlpumpe (24) ausgebildet ist, wobei über diese Strahlpumpe das Abgas aus dem Brennraum (25) angesaugt wird.
- 35 5. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, die katalytischen Brenner (20) in der Primärzone der Brennkammer in hochbelasteten Wandteilen angeordnet sind.

40

45

50

55



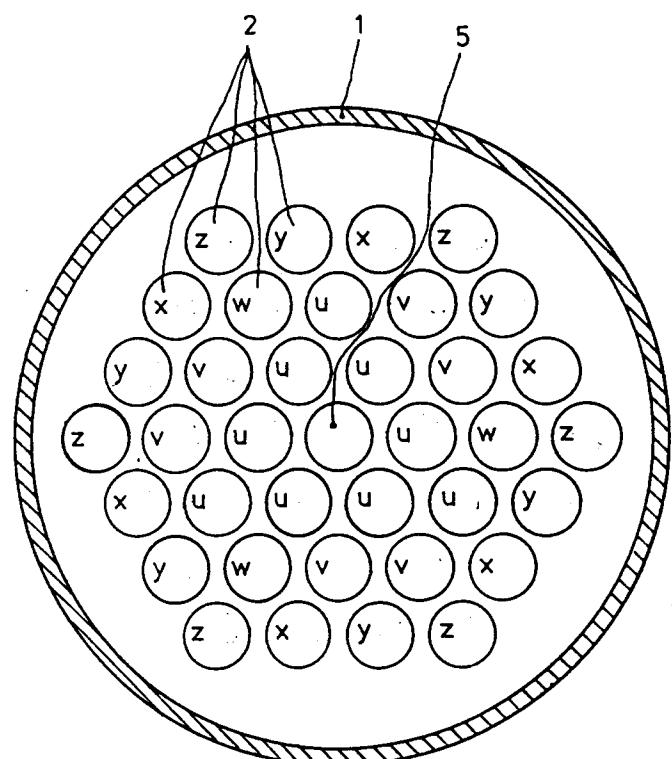


Fig. 3

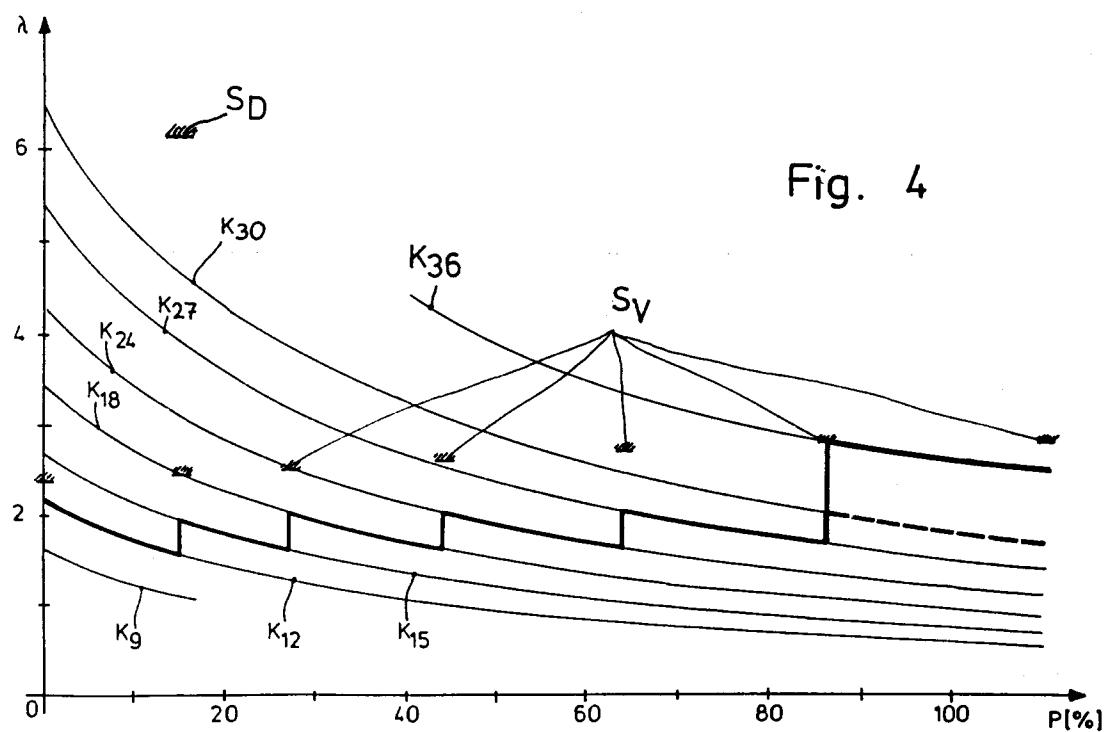


Fig. 4



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 11 0969

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betritt Anspruch	
A	US-A-4 040 252 (MOSIER) * das ganze Dokument *	1	F23D23/00 F23R3/40
A	US-A-3 943 705 (DECORSO) * das ganze Dokument *	1	
A, D	EP-A-0 321 809 (BBC AKTIENGESELLSCHAFT BROWN, BOVERY & CIE) * das ganze Dokument *	1	

			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int. Cl.5)
			F23D F23R
<p>Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt</p>			
Recherchenort DEN HAAG	Abschlußdatum der Recherche 22 FEBRUAR 1993	Prüfer SERRANO GALARRAGA J.	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldeatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	