

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 80103368.9

51 Int. Cl.³: **F 23 C 7/00**, F 23 C 3/00,
F 23 D 15/00, F 23 G 7/06

22 Anmeldetag: 18.06.80

30 Priorität: 27.06.79 DE 2925961

71 Anmelder: **BAYER AG, Zentralbereich Patente, Marken und Lizenzen, D-5090 Leverkusen 1, Bayerwerk (DE)**

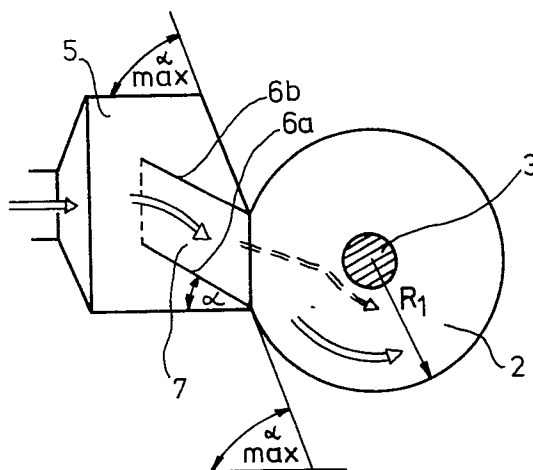
43 Veröffentlichungstag der Anmeldung: 07.01.81
Patentblatt 81/1

72 Erfinder: **Guth, Hans, Dr., Ewald Röllstrasse 34, D-5090 Leverkusen 31 (DE)**
 Erfinder: **Hüning, Werner, Dipl.-Ing., Carl-Leverkus-Strasse 3, D-5068 Odenthal (DE)**
 Erfinder: **Jeschar, Rudolf, Prof.Dr., Roseneck 1, D-3380 Goslar (DE)**
 Erfinder: **Carlowitz, Otto, Dr., Hoher Weg 56, D-3392 Clausthal-Zellerfeld (DE)**
 Erfinder: **Wiebe, Herbert, Dipl.-Ing., Roonstrasse 3, D-4150 Krefeld 1 (DE)**

84 Benannte Vertragsstaaten: **BE CH DE FR GB IT LI NL**

54 **Drallbrenner.**

57 Es wird ein Drallbrenner beschrieben, in dem die zu verbrennenden Gase zur Erzeugung des Dralls im wesentlichen tangential einströmen, wobei der Einströmwinkel unter gleichzeitiger Veränderung des Einströmquerschnitts verstellbar ist. Hierzu sind in einer Einströmkammer zwei parallele, am Mantel einer Vorkammer längs je einer Mantellinie der Kammer parallel zur Brennerachse drehbar befestigte Drallklappen vorgesehen.



EP 0 021 321 A2

BAYER AKTIENGESELLSCHAFT
Zentralbereich
Patente, Marken und Lizenzen

5090 Leverkusen, Bayerwerk
Dp/bc/c

Drallbrenner

Die vorliegende Erfindung betrifft einen universell einsetzbaren Drallbrenner mit einem Regelbereich, der es erlaubt, bei stark unterschiedlichen Massenstrombeaufschlagungen, eingesetzten Brennstoffen und Gehalten an
5 brennbaren Stoffen in der Verbrennungsluft jeweils optimale Verbrennungs- und Ausbrandergebnisse zu erhalten.

Seit den grundlegenden Arbeiten von Averbuch (s. z.B. V. Averbuch: Beiträge zur Verbrennungstechnik
10 - Fraktionierte Verbrennung, drallüberlagerte Schwingungen-, Supratherm- Combustorenbau, Paris 1973) werden Drallbrenner für Verbrennungsvorgänge mit hoher räumlicher Leistungsdichte eingesetzt. Solche Brenner sind unter dem Begriff "Combuster" bzw. "Pulsocombuster"
15 bekannt geworden.

In Combustoren werden die Verbrennungsluft und/oder die zu verbrennenden Gase unter einem solchen Drall eingeführt, daß sich im Verbrennungsraum ein überkritisches Drallströmungsfeld mit peripherer Vorwärts-
20 und axialer Rückströmung ausbildet. Aufgrund der dadurch stark verlängerten Strömungswege einzelner Gas-

moleküle und der erhöhten Durchmischung der Reaktionspartner ist die Wahrscheinlichkeit für das Aufeinandertreffen der Reaktionspartner gegenüber der Verbrennung in herkömmlichen Brennern wesentlich erhöht und damit die
5 hohe Leistungsdichte bewirkt.

Für die Verbrennungscharakteristik, insbesondere einen optimalen Ausbrand, des Combustors ist die Einstellung optimaler Strömungsverhältnisse im Verbrennungsraum notwendig. Die Strömungsverhältnisse werden insbesondere
10 durch die Verteilung von axialen und tangentialen Strömungskomponenten sowie deren Absolutwerten beschrieben.

Bei einem vorgegebenen Combustor sind die Strömungsverhältnisse im Verbrennungsraum durch die Einströmgeschwindigkeit und den Winkel unter dem die Verbrennungsluft
15 und/oder zu verbrennenden Gase in die dem Verbrennungsraum vorgeschaltete Vorkammer eingeleitet werden, bestimmt.

In den bekannten Combustoren können daher nur innerhalb eines engen Regelbereichs für den durchgesetzten
20 Massenstrom optimale Verbrennungscharakteristiken gewährleistet werden. Ein größerer Regelbereich wird verlangt, wenn nicht nur unterschiedliche Massenströme durchgesetzt werden, sondern auch chemisch unterschiedliche Brennstoffe und/oder zu verbrennende Gase
25 verbrannt werden sollen.

Es wurde nun ein Drallbrenner gefunden, der diesen großen Regelbereich zur Verfügung stellt.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist daher ein Drallbrenner, bestehend aus

- 5 einer zylindrischen Brennkammer (1)
 einer Vorkammer (2)
 einer in der Achse der Vorkammer (2) angeordneten
 zylindrischen Durchführung (3) zur Brennkammer (3)
 für die Aufnahme von Brennstoffzufuhr-, Zünd- so-
10 wie gegebenenfalls Flammenüberwachungseinrichtungen,
 einer freien Durchtrittsöffnung zwischen Vorkammer
 (2) und Brennkammer (1) in Form eines konzentrisch
 um die Durchführung (3) angeordneten Ringspaltes (4)
 sowie einer außen am Mantel der Vorkammer (2) an-
15 gebrachten Einströmkammer (5) für die Verbrennungs-
 luft und/oder zu verbrennenden Gase, wobei die Ein-
 strömkammer (5) zwei parallele, am Mantel der Vor-
 kammer (2) längs je einer Mantellinie parallel zur
 Brennerachse drehbar befestigte Drallklappen (6a,
20 6b) enthält,
 sodaß ein Einströmkanal (7) gebildet wird, der
 dem einströmenden Gas einen durch Drehung der Drall-
 klappen (6a, 6b) einstellbaren Einströmwinkel (α)
 zwischen senkrecht zur Brennerachse ($\alpha = 0^\circ$) und
25 tangential in die Vorkammer (2) ($\alpha \approx 90^\circ$), aufprägt,
 wobei sich der Querschnitt des Einströmkanals (7)
 mit dem Einströmwinkel (α) proportional $\cos \alpha$
 verändert.

Prinzipskizzen einer Ausführungsform des erfindungs-
gemäßen Drallbrenners sind in den Figuren 1 und 2 darge-
stellt.

Figur 1 zeigt einen Schnitt in einer Ebene, die die
5 Brennerachse enthält.

Figur 2 zeigt einen Schnitt A-A nach Figur 1.

Die in den Figuren angegebenen Ziffern und Buchstaben
bezeichnen im Einzelnen:

	1	Brennkammer
10	2	Vorkammer
	3	zylindrische Durchführung durch die Vorkammer
	4	Ringspalt
	5	Einströmkammer
	6a,6b	Drallklappen
15	7	Einströmkanal
	R	Innenradius der Brennkammer
	R_1	größter Innenradius der Vorkammer
	R_A	Radius der äußeren Ringspaltbegrenzung
	R_B	Radius der zylindrischen Durchführung
20	L	Länge der Brennkammer
	M 1	Meßebeine 1
	M 2	Meßebeine 2

Der Brennraum kann aus hitzebeständigem anorganischem
oxidischem Material bestehen. Dies ist insbesondere
25 dann vorteilhaft, wenn korrosive Gase und/oder Flüssig-

keiten verbrannt werden. Die korrosiven Gase können mit der Verbrennungsluft über die Einströmkammer unter Drall eingeführt werden, oder durch gegebenenfalls in der zylindrischen Durchführung durch die Vorkammer vorgesehene Zufuhrorgane.

Korrosive Flüssigkeiten werden durch in der zylindrischen Durchführung vorgesehene Zufuhrorgane vorzugsweise unter Verdüsung eingeführt.

Werden z.B. Schwelgase verbrannt, wird bei einer kramischen Brennerwand die Anbackung von Teer an dieser aufgrund der hohen Temperatur und eines gegebenenfalls katalytischen Selbstreinigungseffektes verhindert.

Der Brennraum kann aber auch aus einem doppelwandigen Metallzylinder bestehen, wobei die Verbrennungsluft und/oder zu verbrennenden Gase vor der Einleitung in die Einströmkammer im Gegenstrom durch den durch den doppelwandigen Metallzylinder gebildeten Ringkanal geleitet werden, wobei die Gase unter Kühlung des Brennkammermantels vorerhitzt werden. Dabei kann die Brennkammerwand zur Vermeidung eines Angriffs durch korrosive Gase durch eine Beschichtung aus hitzebeständigem anorganischem oxidischem Material, wie z.B. hochschmelzende Emaillierungen usw., beschichtet sein.

Zur Vermeidung der Anbackung von Teer bei der Verbrennung von Schwelgasen kann die Brennerwand ferner mit katalytischen selbstreinigenden Beschichtungen versehen

sein. Solche Beschichtungen sind z.B. aus der Emailindustrie zur Herstellung von Küchenherden bekannt.

Das Verhältnis von Brennkammerradius R zu Brennkammerlänge beträgt im allgemeinen zwischen 0,2 und 0,3.

- 5 Die Vorkammer, besteht, wie in Figur 1 dargestellt, aus einem oberen, zylindrischen Teil mit einem Durchmesser R_1 von dem 1- bis 1,5-fachen des Brennraumdurchmessers R . Daran schließt sich ein im wesentlichen sich konisch zur Brennkammer hin verengender Teil an, dessen
- 10 Radius R_A am Eintrittsort in den Brennraum die äußere Ringspaltbegrenzung bildet. Der Radius R_A am Eintritt der Vorkammer in die Brennkammer beträgt vorzugsweise zwischen 0,5 und 0,7 des Radius R der Brennkammer.

- Der Radius R_B der zylindrischen Durchführung durch die
- 15 Vorkammer zur Aufnahme von Brennstoffzufuhr-, Zünd- und Flammenüberwachungseinrichtungen kann etwa 0,4 bis 0,6 R_A betragen.

- Die Einströmkammer mit den Drallklappen ist am oberen zylindrischen Teil der Vorkammer angebracht. Die Öff-
- 20 nung, mit der der durch die Drallklappen und die obere und untere Begrenzung der Einströmkammer gebildete Einströmkanal in die Vorkammer mündet, erstreckt sich vorzugsweise über einen Winkelbereich zwischen 30 und 45° des Vorkammermantels. Die Querschnittsfläche der
- 25 Öffnung soll etwa der Querschnittsfläche des Ringspalt-tes, der den Durchtritt von der Vorkammer zur Brenn-

kammer bildet, entsprechen. Die Länge der Drallklappen in Strömungsrichtung soll das 1,8- bis 2,5-fache der Breite der Eintrittsöffnung in die Vorkammer betragen, so daß sich eine Strömungsrichtung parallel zu den
5 Drallklappen am Eintrittsort zur Vorkammer ausbilden kann.

Wesentliches erfindungsgemäßes Bestandteil des Drallbrenners ist die neuartige Einströmkammer, die zwei parallelogrammartig um getrennte Achsen drehbare Drall-
10 klappen aufweist. Durch gleichzeitige parallelogrammartige Verdrehung der Drallklappen wird einerseits der Einströmwinkel der Verbrennungsluft und/oder zu verbrennenden Gase in die Vorkammer eingestellt und gleichzeitig der Querschnitt des Einströmkanals in charakter-
15 ristischer Weise verändert, so daß durch Verstellen nur einer Stellgröße, nämlich des Drallklappenwinkels α , sowohl die Einströmgeschwindigkeit als auch der Einströmwinkel charakteristisch so verändert werden können, daß in der Brennkammer für einen extrem we-
20 ten Regelbereich jeweils optimale Strömungsverhältnisse gewährleistet werden können.

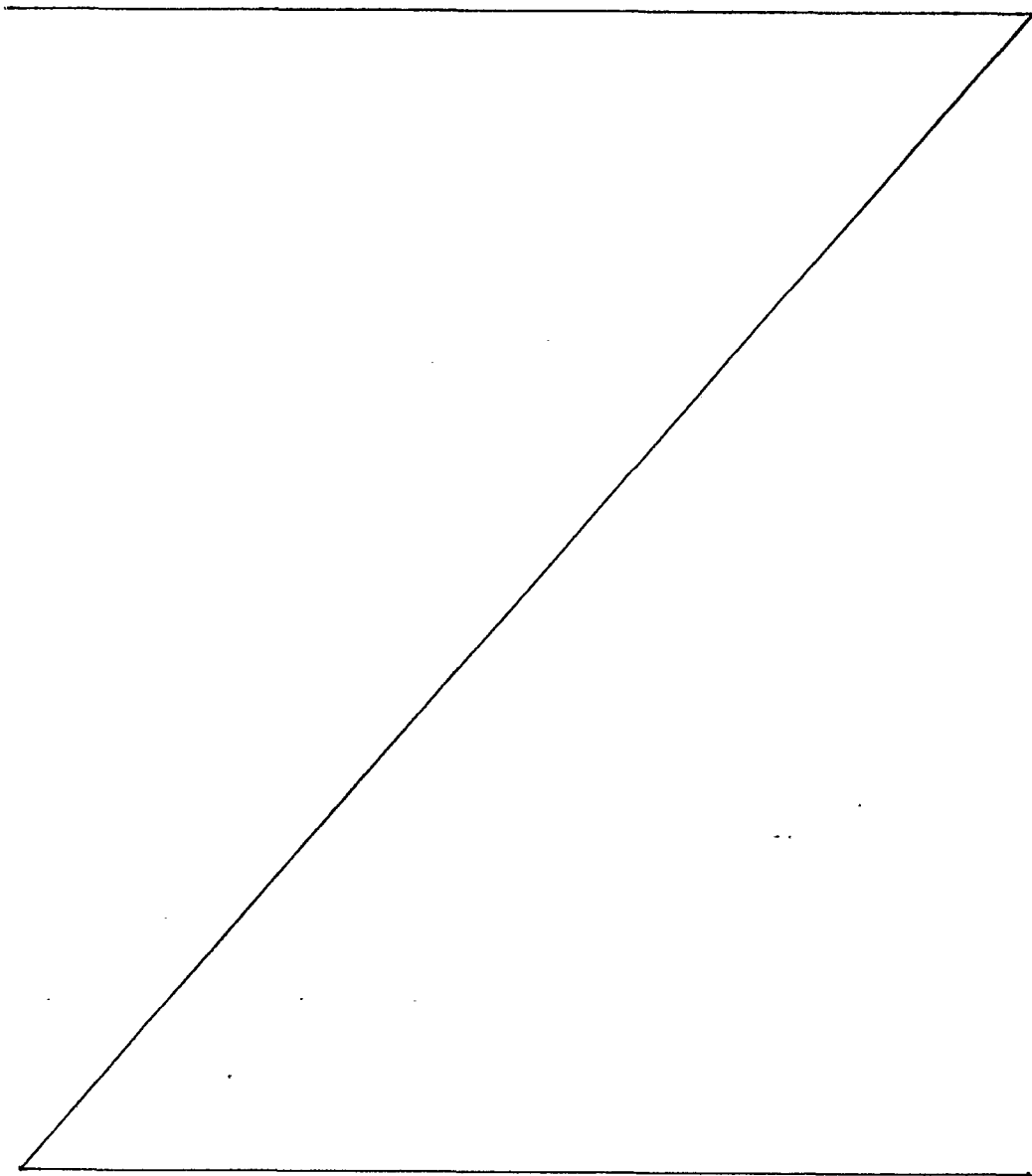
Die in Figur 1 dargestellte Ausbildung der vorliegenden Erfindung stellt lediglich das einfachste Prinzip dar. Je nach der gestellten Aufgabe umfaßt der erfindungsge-

mäße Drallbrenner eine Vielzahl von Variationen.

- Wird z.B. eine Vorwärmung der Verbrennungsluft und/oder der zu verbrennenden Gase verlangt, so kann die Vorkammer als konzentrisch um die Brennkammer angeordneter Ringkanal ausgebildet sein, wobei Brennkammer und Ringkammer durch 2 konzentrische Metallzylinder gebildet werden. Die Einströmkammer kann in diesem Fall in der Höhe des Brenneraustritts außen an der als Ringkanal ausgebildeten Vorkammer angebracht sein. Dabei kann es zweckmäßig sein, auf dem Umfang des Vorkammermantels mehrere Einströmkammern bzw. mehrere parallelogrammartig verstellbare Drallklappen anzuordnen, so daß jeder dadurch gebildete Einströmkanal eine entsprechend geringere Querschnittsfläche aufweist.
- 15 Wenn die Verbrennung zumindest zeitweise explosibler Gase verlangt wird, wobei die Gase durch die Einströmkammer eingeführt werden, kann er den Durchgang von der Vorkammer zur Brennkammer bildende Ringspalt rückzündsicher ausgebildet sein (z.B. gemäß DE-OS 2 745 493).
- 20 Eine besondere Eigenschaft der erfindungsgemäßen Einströmkammer ist, daß diese dem einströmenden Gas bei konstantem Gasdurchsatz in Abhängigkeit von dem Drallklappenwinkel α einen linear abhängigen Drallgrad δ aufprägt. Durch diese lineare Abhängigkeit wird die Einstellung des optimalen Arbeitspunktes des Brenners
- 25 erleichtert.

Die besonderen Eigenschaften des erfindungsgemäßen Einströmorgans machen dies auch für eine Vielzahl anderer Anwendungsgebiete geeignet, bei denen Gase und/oder Flüssigkeiten unter Drall behandelt werden.

- 5 Der erfindungsgemäße Brenner wird anhand des nachfolgenden Beispiels näher erläutert.



Beispiel

Es wird ein Brenner entsprechend Figur 1 mit folgenden Abmessungen eingesetzt:

	Brennkammerradius R =	97 mm
5	äußerer Ringspaltradius R_A =	50 mm
	Radius der zylindrischen	
	Durchführung R_B =	30 mm
	Brennkammerlänge L =	450 mm

Versuch 1

- 10 Abhängigkeit des Drallgrades von dem Drallklappenwinkel α

Der Brenner wird mit einem konstanten Gasstrom beaufschlagt und die Geschwindigkeitsprofile im Brennraum mit Hilfe der Hitzdrahttechnik ermittelt. Aus den gewonnenen Daten läßt sich der Drallgrad am Ringspalt zurückrechnen. Der Drallgrad ist definiert als:

$$\zeta = \frac{1}{R'} \frac{\dot{D}}{\dot{I}} \quad (I)$$

mit

$\dot{D}$ = Drallstrom um die Ringspaltachse

$\dot{I}$ = Impulsstrom in Richtung Ringspaltachse

20 R' = Geometriekonstante der Dimension Länge ($\approx R_1$).

Der ermittelte Drallgrad δ BE in Abhängigkeit vom Drallklappenwinkel α ist in Figur 3 dargestellt. Es ergibt sich ein im wesentlichen linearer Verlauf im Bereich $\alpha = 20^\circ$ bis $\alpha = 68^\circ$. Der Drallklappenwinkel $\alpha = 68^\circ$ entspricht dem Winkel, bei dem die äußere Drallklappe eine Tangentenfläche am Vorkammermantel bildet.

Versuch 2

Mit Hilfe der Hitzdrahttechnik (Gas-Wärme-International Nr. 1 (1977), Seite 5 bis 12) werden die mittleren Geschwindigkeitsprofile in tangentialer und axialer Richtung in der Brennkammer über den Brennkammerradius in Höhe der in Figur 1 eingezeichneten Meßebene M ermittelt. Die Ergebnisse sind in den Figuren 4 bis 6 dargestellt. Dabei ist auf der Abszisse jeweils der Abstand r von der Brennraumachse aufgetragen und auf der Ordinate die erhaltene mittlere Geschwindigkeit in m/s.

Figur 4 zeigt die Tangential- und Axialgeschwindigkeitsprofile in Abhängigkeit von dem Gasmassenstrom m bei einem Drallklappenwinkel $\alpha = 27^\circ$. Der Verlauf der Axialgeschwindigkeit zeigt positive Werte in der Nähe des Brennkammermantels, d.h. eine periphere Vorwärtsströmung. Die axiale Rückströmung ist durch die negativen Werte der Axialgeschwindigkeitskomponente im Bereich zwischen $r = 0$ bis 50 charakterisiert. Sowohl die Tangential- als auch die Axial-

geschwindigkeitsprofile behalten ihre wesentliche Charakteristik bei unterschiedlichen Massenströmen bei. Lediglich die Absolutwerte verschieben sich.

5 In Figur 5 sind die Axialgeschwindigkeitsprofile bei einem Gasmassenstrom von 600 kg/h in Abhängigkeit vom Drallklappenwinkel α dargestellt.

In Figur 6 sind die Tangentialgeschwindigkeitsprofile bei ebenfalls konstantem Gasmassenstrom von 600 kg/h in Abhängigkeit vom Drallklappenwinkel dargestellt.
10 Die Geschwindigkeitsprofile unterscheiden sich im wesentlichen durch die unterschiedlichen Absolutwerte der Strömungskomponente, wobei wieder die charakteristischen Profilverläufe beibehalten worden sind.

Es sei noch bemerkt, daß die Geschwindigkeitsprofile
15 der Figuren 4 bis 6 durch Einführen kalter Luft ohne Verbrennung ermittelt wurden. Die angewandte Meßmethode der Hitzdrahttechnik erlaubt keine Ermittlung der Geschwindigkeitsprofile im heißen Brenner. Es ist jedoch davon auszugehen, daß die ermittelten Geschwindigkeitsprofile auch für den heißen Brenner charakteristisch sind, wobei sich lediglich die Absolutwerte der Geschwindigkeitskomponenten infolge der bei höheren Temperatur anderen Volumenerfüllung der Gase ändern werden. Weitere Änderungen der Geschwindigkeitsprofile
20 können durch die zusätzliche Brennstoffzufuhr
25 bedingt sein.

Hat man nun z.B. für ein bestimmtes Brennstoff/Luftgemisch das optimale Geschwindigkeitsprofil im Verbrennungsraum für einen optimalen Ausbrand ermittelt, so kann wie Figur 4 zeigt, dieses Geschwindigkeitsprofil bei
5 konstantem Drallklappenwinkel nur bei einem bestimmten Gasmassenstrom verifiziert werden. Ändert sich der Gasmassenstrom, so kann das optimale Profil durch Variation des Drallklappenwinkels in weiten Bereichen eingestellt werden, indem bei höherem Massenstrom ein geringerer Drallklappenwinkel und bei niedrigerem Massenstrom
10 ein größerer Drallklappenwinkel eingestellt wird. Der optimale Drallklappenwinkel bei konstantem Massenstrom ist ebenfalls abhängig von der chemischen Zusammensetzung der Brennerbeschickung. Insbesondere bei der Abgasverbrennung fallen sowohl chemisch als auch mengenmäßig unterschiedliche zu verbrennende Gase an. Werden
15 die verbrannten Abgase nun automatisch kontinuierlich analysiert, so kann der Analysenwert für eine automatische Regulierung des Drallklappenwinkels eingesetzt werden, so daß für die unterschiedlichen zu verbrennenden Gase jeweils ein optimaler Ausbrand erreicht wird.
20

Patentanspruch

Drallbrenner, bestehend aus

- einer zylindrischen Brennkammer (1)
einer Vorkammer (2)
5 einer in der Achse der Vorkammer (2) angeordneten
zylindrischen Durchführung (3) zur Brennkammer (3)
für die Aufnahme von Brennstoffzufuhr-, Zünd- so-
wie gegebenenfalls Flammenüberwachungseinrichtungen,
einer freien Durchtrittsöffnung zwischen Vorkammer
10 (2) und Brennkammer (1) in Form eines konzentrisch
um die Durchführung (3) angeordneten Ringspaltes (4)
sowie einer außen am Mantel der Vorkammer (2) an-
gebrachten Einströmkammer (5) für die Verbrennungs-
luft und/oder zu verbrennenden Gase, wobei die Ein-
15 strömkammer (5) zwei parallele, am Mantel der Vor-
kammer (2) längs je einer Mantellinie parallel zur
Brennerachse drehbar befestigte Drallklappen (6a,
6b) enthält,
sodaß ein Einströmkanal (7) gebildet wird, der
20 dem einströmenden Gas einen durch Drehung der Drall-
klappen (6a, 6b) einstellbaren Einströmwinkel (α)
zwischen senkrecht zur Brennerachse ($\alpha = 0^\circ$) und
tangential in die Vorkammer (2) ($\alpha \approx 90^\circ$) aufprägt,
wobei sich der Querschnitt des Einströmkanals (7)
25 mit dem Einströmwinkel (α) proportional $\cos \alpha$
verändert.



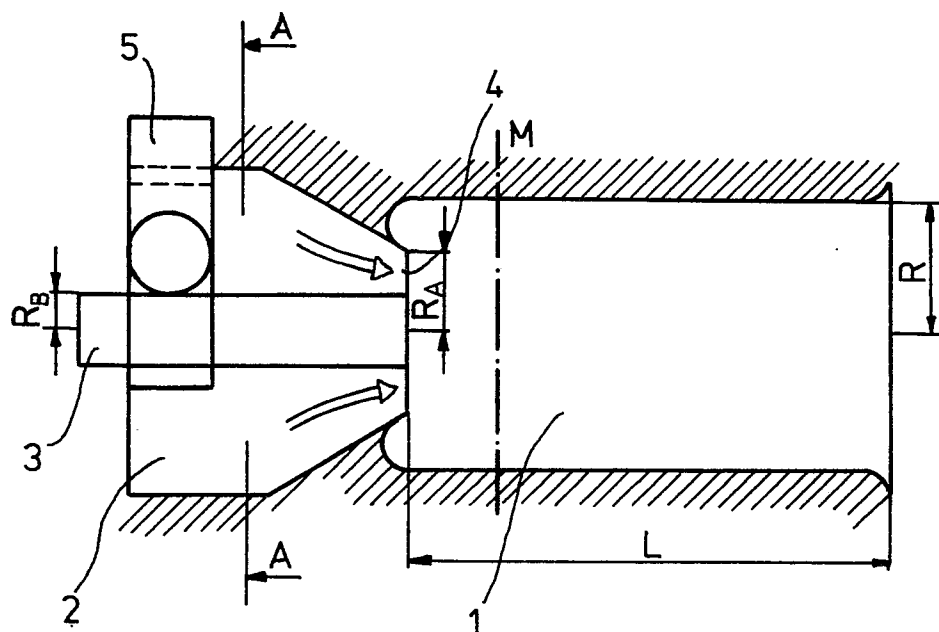


FIG. 1

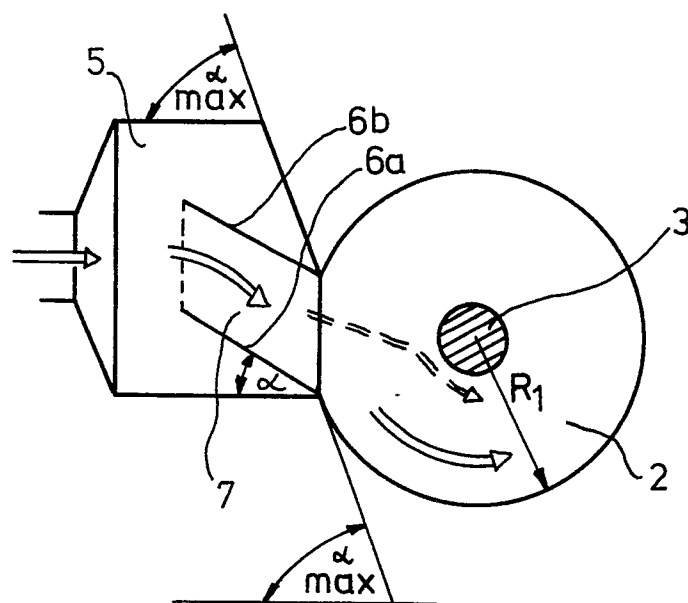


FIG. 2

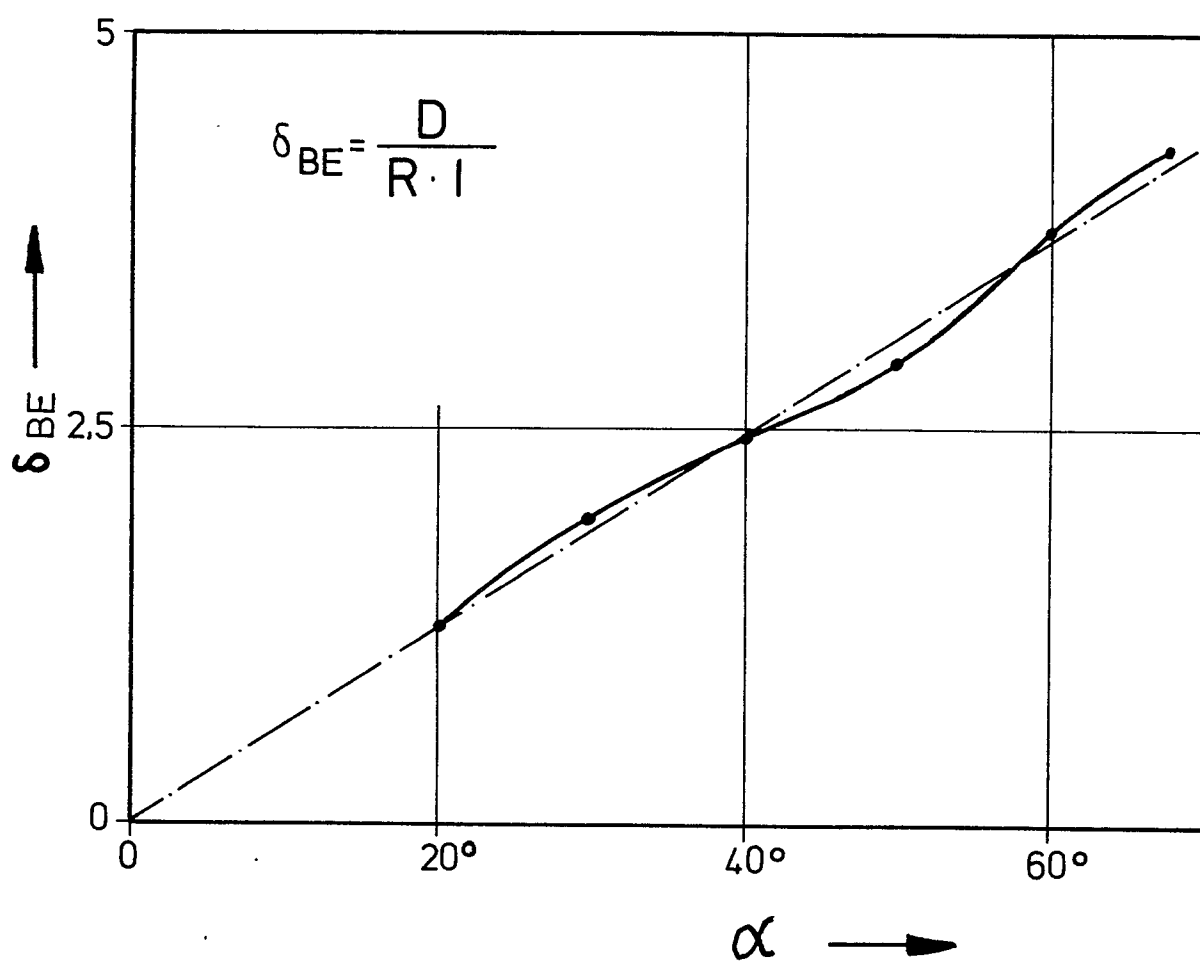


FIG.3

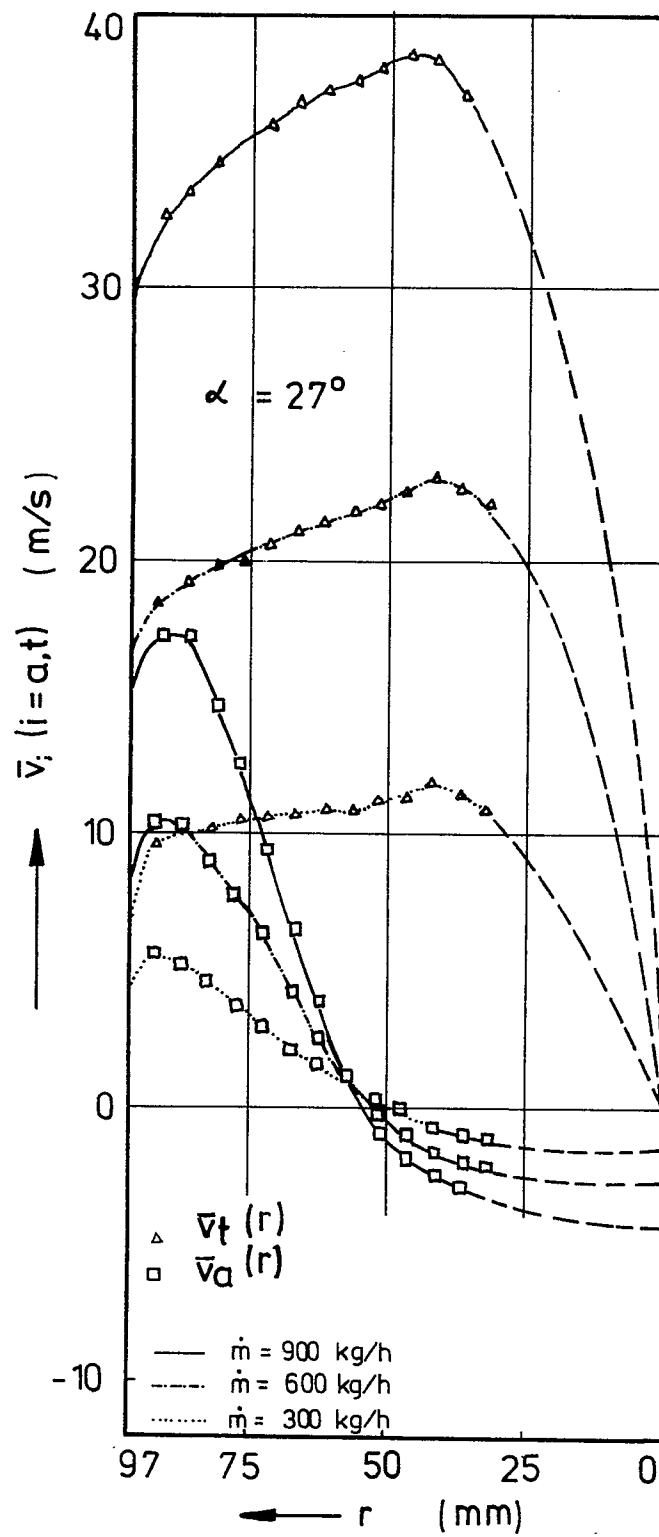


FIG.4

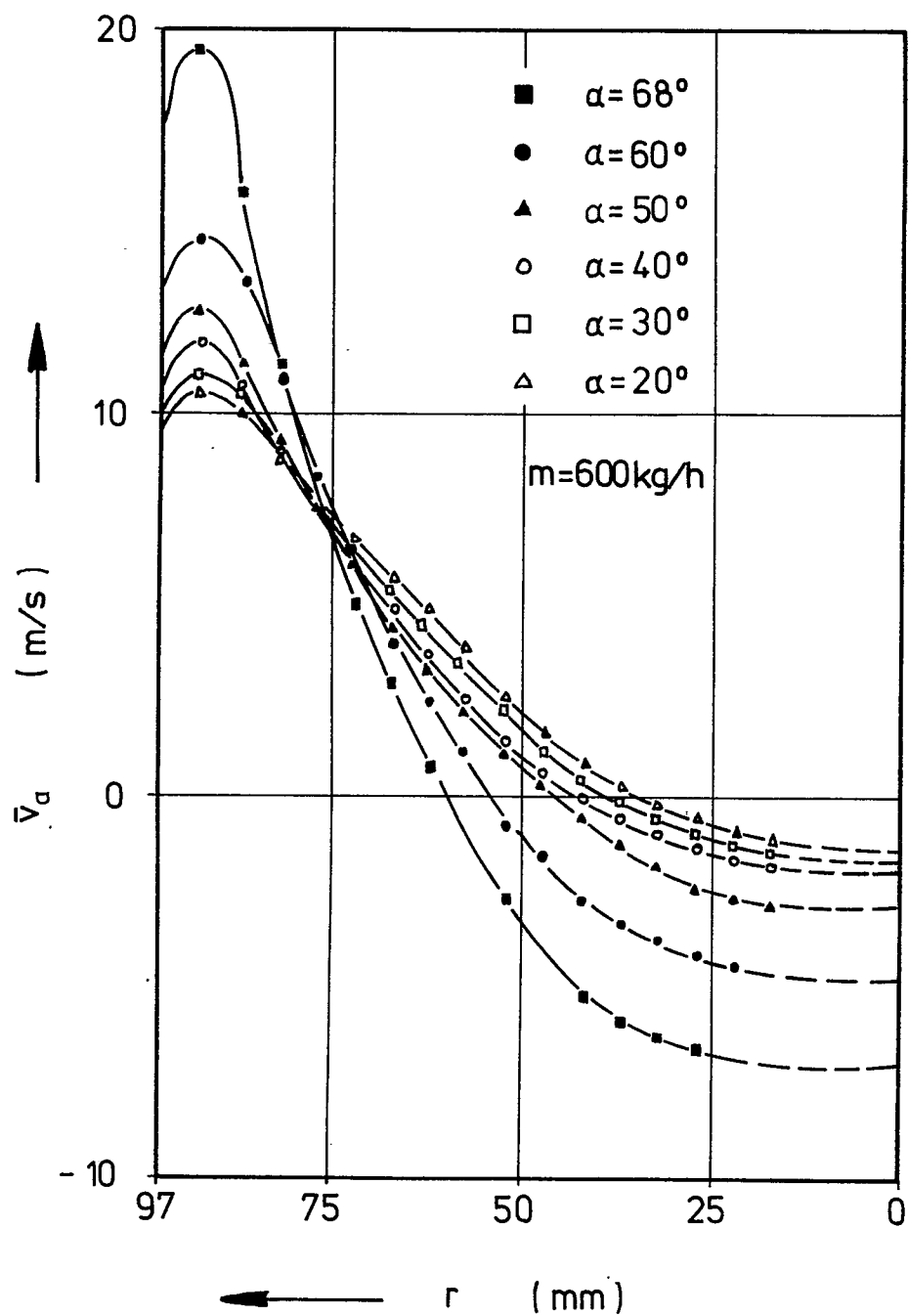


FIG. 5

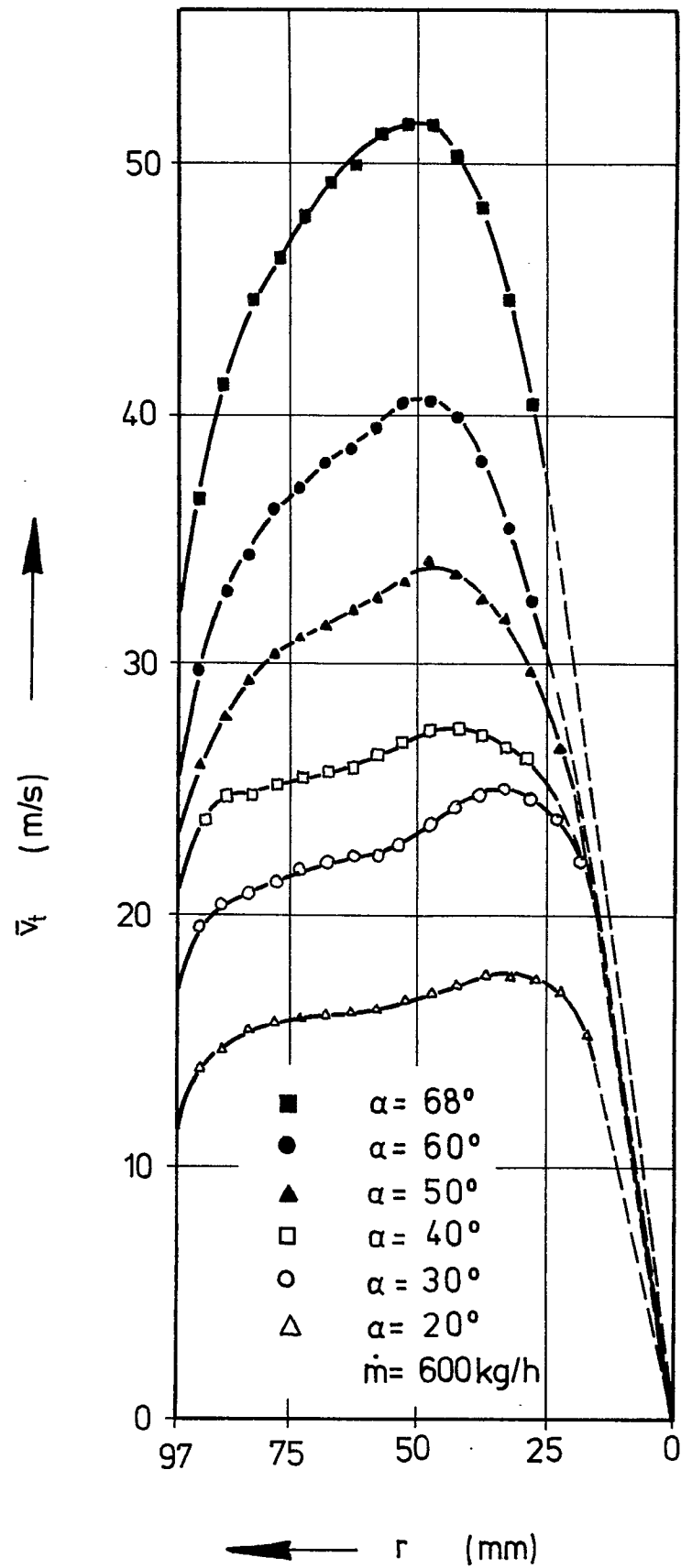


FIG. 6