



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 05 290 T2 2004.07.01**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 120 151 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 05 290.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 403 601.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **20.12.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **01.08.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **17.09.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **01.07.2004**

(51) Int Cl.⁷: **B01F 3/02**
B01F 5/04

(30) Unionspriorität:

0000945 25.01.2000 FR

(73) Patentinhaber:

**L'air Liquide, S.A. à Directoire et Conseil de
Surveillance pour l'Etude et l'Ex, Paris, FR**

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(84) Benannte Vertragsstaaten:

BE, DE, ES, FR, IT, NL

(72) Erfinder:

**Illy, Fabien, 75321 Paris cedex 07, FR; Avrillier,
Pierre, 75321 Paris cedex 07, FR**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum Mischen eines Nebengases in einem Hauptgas**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Der Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Beimengen eines Industriegases zu einem Hauptgas.

[0002] Genauer genommen betrifft die Erfindung eine Vorrichtung und ein Verfahren, die es erlauben, in anpassbaren Anteilen und mit einer großen Homogenität ein Gemisch eines Sekundärgases, insbesondere eines Industriegases, einem Hauptgas, insbesondere einem Industriegas beizumengen.

[0003] Bei der vorliegenden Erfindung versteht man unter Sekundärgas oder Hauptgas nicht nur ein reines Gas, sondern auch ein Gasvorgemisch, zum Beispiel Luft. Außerdem sind die in den erwähnten Beispielen angegebenen Durchsätze unter normalen Temperatur- und Druckbedingungen zu verstehen.

[0004] Die Beimengoperationen werden meistens mit Hilfe statischer Beimengvorrichtungen durchgeführt, die mit Hilfe eines Musters einen Lastverlust verursachen, der das Beimengen hervorruft. Diese Beimengvorrichtungen sind sehr effizient, aber auch sehr platzaufwändig. Sie passen sich nicht leicht an bereits existierende Anlagen an, wie das der Fall für die Produktionskapazitätserhöhungen ist. Außerdem können sie eine Gefahr für das Verstopfen und das Einfangen von Partikeln sein. Die Anwesenheit von Katalysatorpartikeln auf dem Metallträger statischer Beimengvorrichtungen war bereits der Ursprung von Unfällen und Explosionen, zum Beispiel in der Herstellung von Salpetersäure.

[0005] Wenn der Platzbedarf der Beimengvorrichtungen beschränkt werden muss, ohne dass man dabei die Beimengleistung einbüßen will, verwendet man Strahlmischer. Diese Technik ist insbesondere in der europäischen Patentanmeldung 0 474 524 beschrieben. Sie wird für die Sauerstoffanreicherungsoperationen bei den FCC, die katalytischen Oxidationen oder in Öfen (in der Stahl- und Eisenindustrie oder in der Glas- oder Zementindustrie) verwendet. Diese sehr effiziente Methode ist in den Mengen Gas, die man beimengen kann, und in ihrer Anpassungsfähigkeit eingeschränkt. In der Tat ist das Verhältnis zwischen dem eingespritzten Durchsatz oder Sekundärdurchsatz und dem Hauptdurchsatz im Allgemeinen auf 10 bis 15% beschränkt. Es ist unmöglich, optimale Beimengbedingungen über eine Schwankung von $\pm 20\%$ um den der Definition der Beimengvorrichtung entsprechenden Nenneinspritzdurchsatz für einen konstanten Hauptgasdurchsatz zu gewährleisten. Mit seiner Konzeption als ein Werkzeug der Produktionsvergrößerung, eignet er sich perfekt für die kontinuierlichen Operationen, er erweist sich jedoch als ungeeignet, wenn die Ungewissheit hinsichtlich des Einspritzdurchsatzes groß ist. Die gleiche Beimengvorrichtung kann zum Beispiel nicht effizient von 200 bis 1200 m³/h beimengen, das heißt einen Einspritzdurchsatz, der von 1 bis 6 variieren kann, wie das bei den mit Sauerstoff angereicherten Anlagen wünschenswert sein kann, und die Einrichtung mehrerer aufeinander folgender Einspritzdüsen wird kostspielig und schwer durchzuführen. Wenn die Umschaltung fort dauert, muss sie von einem Wechsel der Einspritzdüsen begleitet sein.

[0006] Zahlreiche Beimengvorrichtungen des so genannten „Rechentyps“, die auf einem ähnlichen Strahlkonzept basieren, die jedoch koaxial sind, existieren, um ein brennbares Gas in Luft oder ein Oxidationsmittel einzuspritzen, um die Gefahr des Zündens einzuschränken (oder umgekehrt). Diese Einspritzdüsen basieren auf dem Prinzip einer Vielzahl kleiner Koaxialstrahlen mit der Hauptader. Durch Einschränken des Gasvolumens schränkt man das potenziell entflammable Volumen ein, und die relativ hohe Einspritzgeschwindigkeit des Sauerstoffträgers (oder Kraftstoffs) gewährleistet im Prinzip weder das Halten der Flamme noch einen Flammenrückschlag in die Einspritzdüse.

[0007] Man findet diesen Einspritzdüsentyp unter anderem beim Verfahren der Ethylenoxidsynthese (Sauerstoffeinspritzung) oder der Synthese von Maleinsäureanhydrid (Butaneinspritzung). Diese Beimengvorrichtungen sind wenig anpassungsfähig und platzaufwändig (Präsenz eines langen großen Bündels kleiner Röhren) und sie verwenden den Turbulenzcharakter der Beimengvorrichtungen mit Querstrahlen nicht. Da die Strahlen koaxial sind, ist das Gemisch in der Hauptsache diffundierend, was die Beimengleistungen beeinträchtigt.

[0008] Bestimmte Geräte enthalten auch eine Geschwindigkeitssteuerung der eingespritzten Gase, um es zu erlauben, ihre Sicherheitsmerkmale auch bei veränderlichem oder nicht stationärem Betrieb zu wahren. Die mechanische Änderung des Öffnungsgrads der Öffnungen an der Einspritzstelle ist nicht leicht durchzuführen und macht eine große Aufmerksamkeit in Zusammenhang mit dem Verschlussmechanismus erforderlich, der in einer manchmal schwierigen Atmosphäre arbeiten muss (Sauerstoff, reaktive Gase), wo es besser ist, Hitzestellen aufgrund wiederholter Reibungen oder mechanischer Abnutzungen einzuschränken.

[0009] Bestimmte Geräte enthalten auch Mittel zur Gewährleistung eines konstanten Gehalts eines der Bestandteile eines Gemischs.

[0010] Bestimmte Geräte wiederum enthalten Mittel zur Gewährleistung der Konstanz eines der Bestandteile, der stromaufwärts von der Beimengvorrichtung anwesend ist, zum Beispiel ein Produkt oder ein Überschuss eines Reagenzmittels am Ausgang eines Reaktors, der stromabwärts von einer Beimengvorrichtung installiert ist.

[0011] Ein Gerät zum Einspritzen eines Sekundärgases in eine Hauptader eines Hauptgases ist in der Anmeldung US-A-4 521 117 beschrieben.

[0012] Ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind die Lieferung eines Verfahrens zum Beimengen von

Gas und ein Gasmischer, die die Vorteile der Anpassungsfähigkeit und Leistung der statischen Beimengvorrichtungen mit dem geringen Platzbedarf und den Sicherheits- und Leistungsmerkmalen der Beimengvorrichtungen mit Querstrahlen vereinen.

[0013] Zur Verwirklichung dieses Ziels umfasst das Verfahren zum Beimengen eines Sekundärgases zu einem Hauptgas die folgenden Schritte:

- man bildet eine Hauptader des Hauptgases;
- man regelt den Gesamtdurchsatz des einzuspritzenden Sekundärgases in Abhängigkeit von einem Sollwert;
- man spritzt in eine Einspritzzone der Hauptader den Gesamtdurchsatz des Sekundärgases mit einer Vielzahl von Einspritzdüsen angeordnet in der Einspritzzone ein, wobei sich die Einspritzzone gemäß der Richtung der Achse der Hauptader erstreckt, um eine Mehrzahl von Sekundärgasstrahlen zu bilden, wobei jede Einspritzdüse einen Bereich optimaler Durchsätze hat; und
- man verteilt das Sekundärgas zwischen mindestens einem Teil der Einspritzdüsen so, dass jede versorgte Einspritzdüse in ihrem Bereich optimaler Durchsätze funktioniert.

[0014] Man versteht, dass dank der Vorrichtungen der Erfindung die Homogenität des Gemischs aufgrund der Mehrzahl der Einspritzdüsen gewährleistet ist und dadurch, dass diese Einspritzdüsen gesteuert werden, um in ihrem Bereich optimaler Durchsätze zu funktionieren. Ebenso ist klar, dass man aufgrund der Mehrzahl dieser Einspritzdüsen einen Sekundärgasdurchsatz steuern kann, der sich über einen großen Bereich erstreckt, ohne die Qualität des Gemischs zu verschlechtern.

[0015] Unter Bereich optimaler Durchsätze versteht man die Einheit der Durchsätze, bei welchen sich der Sekundärgasstrahl optimal mit einem gegebenen Hauptgasdurchsatz vermischen wird. Dieser Bereich kann durch ein Intervall charakteristischer Verhältnisse kinetischer Volumenenergie gekennzeichnet werden.

[0016] Zu betonen ist, dass diese dynamischen Bedingungen von der Art des Gases (Dichtheit, volumenbezogene Masse, Molare Masse, Viskosität usw.), vom Druck und von der Betriebs- und/oder Anliefertemperatur abhängen.

[0017] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens bestimmt man die maximale Anzahl N_1 Einspritzdüsen, die versorgt werden müssen, um dem Hauptgas einen Durchsatz D Sekundärgas beizumengen, der zwischen $2 d_1$ und $N d_2$ liegt, wobei d_1 der Mindestwert des Bereichs optimaler Durchsätze der Einspritzdüsen ist und d_2 der maximale Wert des Bereichs optimaler Durchsätze der Einspritzdüsen ist, wie folgt:

- man dividiert in der Einheit der ganzen Zahlen den Durchsatz D durch d_1 , was einen ganzzahligen Quotienten k und einen Rest r ergibt,
- man vergleicht den Quotienten k mit der Anzahl der Einspritzdüsen N
wenn $k \geq N$, nimmt man $N_1 = N$
wenn $k < N$, nimmt man $N_1 = k$

und dadurch, dass der Durchsatz jeder der N_1 Einspritzdüsen gleich D/N_1 ist.

[0018] Es ist klar, dass man, indem man dieses Verfahren anwendet, das heißt dieses Steuerprogramm des Durchsatzes jeder Einspritzdüse, ein Gemisch unter optimalen Bedingungen eines Sekundärgasdurchsatzes erzielen kann, der sich in einem sehr großen Bereich erstreckt und in diesem Bereich ständig variiert.

[0019] Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist die Lieferung einer Vorrichtung zum Beimengen, die Folgendes umfasst:

- Eine Zuführleitung (**10**) des Hauptgases, wobei die Leitung eine Einspritzzone umfasst;
- N ($N \geq 2$) Sekundärgaseinspritzdüsen (**12**), deren Öffnungen in die Einspritzzone der Leitung münden, wobei jede Einspritzdüse einen Bereich optimaler Durchsätze hat; und
- Mittel zum Verteilen des Gesamtdurchsatzes des Sekundärgases auf mindestens einige der Einspritzdüsen, damit jede Einspritzdüse mit Null Durchsatz oder mit einem Durchsatz versorgt wird, der im Bereich optimaler Durchsätze der Einspritzdüse enthalten ist.

[0020] Gemäß einer ersten Ausführungsform bildet die Achse mindestens einiger der Einspritzdüsen im geraden Abschnitt der Leitung, die die Öffnungen der Einspritzdüsen enthält, einen Winkel α zwischen 10 und 70 Grad, vorzugsweise zwischen 25 und 45 Grad mit der Senkrechten zur Leitungswand.

[0021] Man versteht, dass dank dieser Anordnung einerseits eine tangential Komponente jedes Sekundärgasstrahls eine Wirbelbewegung verursacht, die das Beimengen begünstigt, andererseits dass der Winkelabstand der Strahlen es erlaubt, die Koaleszenz der Strahlen unter einander in der Mitte der Leitung zu vermeiden.

[0022] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Vorrichtung zum Beimengen mit einem Hindernis versehen, das in der Beimengzone der Leitung entlang ihrer Längsachse angeordnet ist, und vorzugsweise ist das Hindernis auch mit der Leitung selbst durch Befestigungsmittel verbunden, die dazu geeignet sind, eine Störung der Hauptgasströmung zu schaffen.

[0023] In diesem Fall ist es nicht notwendig, dass die von den Einspritzdüsen erzeugten Strahlen einen Winkelabstand zur Senkrechten der Leitungswand bilden, denn aufgrund der Präsenz des Hindernisses treten die Koaleszenzprobleme nicht auf.

[0024] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung treten bei der Lektüre der Beschreibung mehrerer Ausführungsformen der Erfindung hervor, die als nicht einschränkende Beispiele gegeben werden. Die Beschreibung bezieht sich auf die anliegenden Figuren, in welchen:

[0025] **Fig. 1a** eine Querschnittansicht einer ersten Ausführungsform der Beimengvorrichtung ist;

[0026] **Fig. 1b** eine Längsschnittansicht einer Beimengvorrichtung des in **Fig. 1a** dargestellten Typs ist;

[0027] **Fig. 2** die Einheit der Vorrichtung zum Beimengen inklusive ihrer Steuermittel zeigt;

[0028] **Fig. 3** eine erste Ausführungsform einer Einspritzdüse zeigt;

[0029] **Fig. 4** eine zweite Ausführungsform einer Einspritzdüse zeigt;

[0030] **Fig. 5a** einen Querschnitt einer zweiten Ausführungsform der Vorrichtung zum Beimengen zeigt;

[0031] **Fig. 5b** einen Längsschnitt einer Vorrichtung zum Beimengen des in **Fig. 5a** dargestellten Typs zeigt;

[0032] **Fig. 6** eine erste Durchführungsform der Steuereinheit der Beimengvorrichtung zeigt;

[0033] **Fig. 7** eine zweite Ausführungsform der Steuereinheit der Beimengvorrichtung zeigt; und

[0034] **Fig. 8** eine schematische Ansicht ist, die eine bevorzugte Steuerart der verschiedenen Einspritzdüsen darstellt.

[0035] Unter Bezugnahme zuerst auf die **Fig. 1** und **2** werden eine erste Ausführungsform der Vorrichtung zum Beimengen und das von dieser Vorrichtung angewandte Verfahren beschrieben.

[0036] In den **Fig. 1a** und **1b** wurde eine zylindrische Leitung **10** dargestellt, in der der Hauptgasdurchsatz **A** zirkuliert. Die Leitung **10** bildet eine Beimenglänge oder Beimengzone **L**. In die Innenwand **10a** der Leitung münden Einspritzdüsen, wie zum Beispiel **12**, die weiter unten genauer beschrieben werden. Gemäß dieser Ausführungsform sind die Einspritzdüsen alle in einem geraden Abschnitt der Leitung angeordnet. Bei anderen Ausführungsformen könnten die Einspritzdüsen gemäß der Achse der Leitung versetzt werden, während sie gleichzeitig in einer Einspritzzone bleiben, deren Länge viel kleiner ist als die Beimenglänge. Die Beimenglänge kann gleich 2, 3 oder 4 Mal dem Durchmesser der Leitung sein. Bei dieser Ausführungsform sind die Einspritzdüsen **12** regelmäßig über die innere Peripherie der Leitung angeordnet. Gemäß einem Merkmal dieser Ausführungsform bilden die Achsen x, x' der Einspritzdüsen auf eine gerade Schnittebene der Leitung **10** projiziert einen Winkel α mit der Senkrechten **N** zur Innenwand der Leitung. Der Winkel α liegt zwischen 10 und 70 Grad und vorzugsweise zwischen 25 und 45 Grad. Diese Einspritzdüsen dienen, wie weiter unten erklärt wird, zur Versorgung der Leitung mit dem Sekundärgas. Man versteht, dass, wenn die Achsen der Einspritzdüsen den Winkelabstand α aufweisen, die Sekundärgasstrahlen eine Wirbelbewegung hervorrufen, die das Beimengen des Sekundärgases zur Hauptgasströmung **A** begünstigt.

[0037] Außerdem ist die Richtung der Achse xx' jedes Strahls entweder in der Querebene der Leitung enthalten, die die Ausgangsöffnungen der Einspritzdüsen enthält, oder stromaufwärts von der Leitung zu dieser Ebene gerichtet, wobei sie einen Winkel β mit dieser bildet (siehe **Fig. 1B**), um die Beimenglänge zu verringern.

[0038] In **Fig. 2** wurden der Teil der Leitung **10**, in dem die Hauptgasströmung **A** zirkuliert und ebenfalls schematisch die Einspritzdüsen **12** dargestellt. In dieser Figur wurde auch eine Einheit von Schiebern **14** gezeigt, wobei diese Einheit von Schiebern **14**, wie weiter unten erklärt wird, aus automatisch oder manuell steuerbaren Schiebern gebildet ist, um die Versorgung einer der Einspritzdüsen **12** zu unterbrechen oder um bestimmte dieser oder alle Einspritzdüsen mit einem bestimmten Durchsatz zu versorgen. In dieser Figur wurde schematisch die Hauptleitung **16** zum Versorgen mit Sekundärgas **B** dargestellt, wobei das Sekundärgas über die Einheit **14** zu jeder Einspritzdüse verteilt wird. Bei einer automatisierten Version der Vorrichtung zum Beimengen wurden auch ein Durchsatzfühler **18** zum Messen des Hauptgasdurchsatzes in der Leitung **10** dargestellt, sowie eine Steuereinheit **20** der Schiebervorrichtung **14**. Die Steuereinheit **20** ist auch an eine Schnittstelle zur Dateneingabe **22** angeschlossen, zum Beispiel eine Tastatur, die es erlaubt, in die Einheit **20** insbesondere den Prozentsatz Sekundärgas im Endgemisch einzugeben. Die Steuereinheit **20** ist mit einem Speicher **24** assoziiert, in dem insbesondere Steuertabellen gespeichert sind, die die Einspritzdüsen angeben, die zu versorgen sind, um einen gegebenen Sekundärgasprozentsatz zu erzielen, sowie der Durchsatz, der an die versorgten Einspritzdüsen angewendet werden muss. Die Schaltkreise der Steuereinheit **20** berechnen ausgehend von der Information des Sekundärgasprozentsatzes und der Information des Hauptgasdurchsatzes den Sekundärgasdurchsatz und bestimmen ausgehend von den im Speicher **24** enthaltenen Tabellen die Einspritzdüsen, die über die Schiebervorrichtung **14** versorgt werden müssen, sowie den gemeinsamen Durchsatz, den jede der versorgten Einspritzdüsen erhalten muss.

[0039] Der Gesamtdurchsatz an Sekundärgas kann auch ausgehend von einem Sollwert gesteuert werden, der nicht der Sekundärgasprozentsatz im Hauptgas sein muss. Dieser Sollwert kann zum Beispiel aus einer Messung abgeleitet werden, die an den Operationen durchgeführt wird, die stromabwärts von der Beimengvorrichtung durchgeführt werden. In diesem Fall ist das Verhältnis des von der Beimengvorrichtung erzeugten Gemischs nicht festgelegt, sondern hängt von einer Messung ab, die stromabwärts von der Beimengvorrichtung durchgeführt wird.

[0040] Unter Bezugnahme auf **Fig. 6**, wird nun die erste Ausführungsform der Schiebereinheit **14** beschrieben. In dieser Figur wurden die Zuführleitung des Sekundärgases **16** sowie die verschiedenen Einspritzdüsen **12** dargestellt. Die Zuführleitung **16** ist in ebenso viele einzelne Versorgungsleitungen **30** unterteilt wie es Einspritzdüsen **12** gibt. Auf jede Leitung **30** ist ein steuerbarer Schieber **32** montiert. Bei einer automatisierten Version werden die Schieber von der Steuereinheit **20** wie weiter oben erklärt gesteuert. Die Schieber **32** werden entweder ein- aus-gesteuert oder mit einer Zwischenöffnung, die einem Durchsatz im Bereich optimaler Durchsätze der Einspritzdüse entspricht. Dieser optimale Durchsatz hängt von den Merkmalen der Einspritzdüse ab, von den Maßen der Leitung und vom Hauptgasdurchsatz, um eine optimale Energie für den von der Einspritzdüse erzeugten Strahl zu erzielen. Mit anderen Worten ist der Schieber **32** entweder geschlossen, oder der Schieber **32** wird für den Durchsatz gesteuert, der dem einzuspritzenden Sekundärgasprozentatz entspricht. Außerdem werden alle offenen Schieber geregelt, um einen gleichen Versorgungsdurchsatz der entsprechenden Einspritzdüsen **12** zu geben.

[0041] In **Fig. 7** wurde eine zweite Ausführungsform der Schiebereinheit **14** dargestellt. Diese umfasst einen Hauptregelschieber **40** auf der allgemeinen Sekundärgasversorgungsleitung **16**. Die einzelnen Kanalisationen **30** sind jeweils mit einem Schieber **32** mit Ein- Aus-Steuerung ausgestattet. Wie bereits angegeben, steuert die Steuereinheit **20** die Schieber **32** ein oder aus. Außerdem steuert diese Einheit den allgemeinen Schieber **40** so, dass er den Gesamtdurchsatz D Sekundärgas liefert. Dieser Durchsatz verteilt sich in den verschiedenen Kanalisationen **30**, die mit den offenen einzelnen Schiebern **32** assoziiert sind.

[0042] In den **Fig. 3** und **4** wurden zwei Ausführungsformen der Einspritzdüsen dargestellt. Gemäß der Ausführungsform der **Fig. 3** besteht die Einspritzdüse aus einer Bohrung **50**, die in die Wand **52** der Leitung **10** gearbeitet ist. Diese Bohrung wird durch einen Stutzen **54** zum Anschließen an die Versorgungsleitung **30** verlängert. In diesem Fall mündet die Öffnung der Einspritzdüse in die Innenfläche **10a** der Leitung.

[0043] Bei der Ausführungsform der **Fig. 4** besteht die Einspritzdüse aus einem röhrenförmigen Element **56**, das in eine Bohrung **58** der Wand **52** der Leitung **10** eingefügt ist. In diesem Fall kann die Öffnung der Einspritzdüse **56a** aus der Innenwand **10a** der Leitung **10** hervorstehen.

[0044] Eine weitere Ausführungsform der Einspritzdüsen besteht darin, im Inneren der Leitung **10** eine geschlossene ringförmige Leitung vorzusehen, deren Wand mit Öffnungen durchbohrt ist, die die Einspritzdüsen bilden. Die Leitung ist durch radiale Wände in ebenso viele Innenvolumen geteilt wie es Einspritzdüsen gibt.

[0045] Jedes Innenvolumen wird einzeln versorgt. In den **Fig. 1a** bis **5a** ist diese Lösung dargestellt.

[0046] In den **Fig. 5a** und **5b** wurde eine zweite Ausführungsform der Vorrichtung zum Beimengen von Gas dargestellt. Diese verwendet die dritte Ausführungsform der Einspritzdüsen.

[0047] In der Einspritzzone enthält die Leitung **10** eine doppelte Wand **60**, die einen ringförmigen Raum **61** bildet. Die Versorgungsleitungen **30** münden in den Ringraum **61**. Radiale Wände **63** teilen den Ringraum **61** in mehrere Einspritzvolumen **65**, wobei jedes Volumen **65** von einer Leitung **30** versorgt wird. Die Innenwand **10** ist mit Öffnungen **67** durchbohrt, die die Einspritzdüsen bilden. Vorzugsweise gibt es eine Öffnung **67** pro Volumen **65**. In gewissen Fällen ist es jedoch möglich, mehrere Einspritzdüsen vorzusehen, die vom gleichen Volumen **65** versorgt werden. Das ist der Fall, wenn zwei Einspritzdüsen immer den gleichen Durchsatz liefern müssen.

[0048] Die Einspritzdüsen **67** können alle in einem gleichen geraden Abschnitt der Leitung **10** angeordnet werden. Das ist in den **Fig. 5a** und **5b** dargestellt. Es ist auch möglich, die Einspritzdüsen **67** entlang der Achse **XX'** der Leitung **10** zu versetzen. Man hat dann eine Sekundärgaseinspritzzone, wobei diese Einspritzzone eine Länge haben muss, die kleiner ist als die der Beimengzone, wie sie zuvor definiert wurde.

[0049] Bei dieser Ausführungsform findet man außerdem in der Beimengzone **L** ein zentrales Hindernis **62**, zum Beispiel in allgemein zylindrischer Form (zylindrisch, kegelförmig, kegeltumpfförmig usw.), das gemäß der Achse **X, X'** der Leitung **10** angeordnet ist. Vorzugsweise liegt der äquivalente Durchmesser des Hindernisses zwischen 10 und 30% des Durchmessers der Leitung **10**. Das Hindernis **62** wird von einer ausstrahlenden Struktur **64** gehalten, die so ein störendes Element des Hauptgasdurchsatzes in der Leitung **10** darstellt. In diesem Fall ist es nicht notwendig, dass die Achsen der Einspritzdüsen **12** geneigt werden. In der Tat verringert die Anwesenheit eines Hindernisses die Gefahr der Koaleszenz der Strahlen, insbesondere entgegengesetzter Strahlen.

[0050] Erfindungsgemäß kann man die Steuerung der verschiedenen Einspritzdüsen optimieren, um das Gemisch möglichst homogen zu machen, sollte man einen kontinuierlich zwischen $2d_1$ und Nd_2 veränderlichen Durchsatz wünschen, wobei d_1 das untere Limit des Durchsatzes des Bereichs optimaler Durchsätze ist und d_2 der maximale Durchsatz dieses gleichen Bereichs sowie N die Gesamtanzahl der Einspritzdüsen.

[0051] Die maximale Anzahl zu versorgender Einspritzdüsen wird wie folgt bestimmt:

Wenn D der Gesamtdurchsatz an Sekundärgas ist, dividiert man D in der Einheit der ganzen Zahlen durch d_1 , was einem Quotienten k und einen Rest r ergibt.

Wenn $k \geq N$, ist die Anzahl der zu versorgenden Einspritzdüsen N_1 gleich N und der Durchsatz jeder Einspritzdüse beträgt D/N .

Wenn $k < N$ ist, ist die Anzahl N_1 der zu versorgenden Einspritzdüsen gleich k und der Durchsatz jeder Ein-

spritzdüse ist gleich D/N .

Wenn man die Homogenität des Gemischs noch verbessern will, indem man zum Beispiel verlangt, dass die versorgten Einspritzdüsen einander jeweils gepaart diametral gegenüber liegen, muss man zuerst N gerade auswählen und die Einspritzdüsen in regelmäßigen Winkelabständen versetzen ($360/N$ Grad).

Man fügt die Bedingung hinzu, dass $N-N1$ durch $N1$ teilbar oder dass $N1$ durch $N-N1$ teilbar ist.

Man wählt dann $N1 = k$ aus, wenn $N-k$ durch k teilbar ist oder wenn k durch $N-k$ teilbar ist.

Im gegenteiligen Fall wählt man für $N1$ die Zahl aus, die gleich unter k liegt und diese Bedingung erfüllt.

[0052] Die oben beschriebene Ausführungsform der Vorrichtung zum Beimengen und Durchführen des Verfahrens zum Beimengen erlaubt es, ungeachtet der Ausführungsform, insbesondere in einem breiten Bereich von Sekundärgasdurchsatz, kontinuierlich alle Zwischendurchsätze zu erzielen und gleichzeitig ein homogenes Beimengen des Sekundärgases zum Hauptgas zu gewährleisten.

[0053] Die optimale Anordnung für ein homogenes Gemisch ist natürlich die, bei der die versorgten Einspritzdüsen regelmäßig winkelig für den ganzen Durchsatzbereich verteilt sind. Bei regelmäßig winkelig verteilten Einspritzdüsen bedingt das, dass N durch $N1$ teilbar ist. Gemäß den verschiedenen Verwendungsbedingungen kann eine solche Bedingung nur für einen Sekundärgasdurchsatzbereich erfüllt werden.

[0054] **Fig. 8** zeigt eine Anordnung der Einspritzdüsen, die eine komplette Symmetrie der versorgten Einspritzdüsen ungeachtet des in Betracht gezogenen Durchsatzes erlaubt. In **Fig. 8** wurden die Positionen der verschiedenen Einspritzdüsen mit den Zahlen **1** bis **16** gekennzeichnet. Die durch die Zahlen **1** bis **12** gekennzeichneten Einspritzdüsen sind winkelig um einen Winkel zur Mitte von 30 Grad versetzt. Die Einspritzdüsen mit der Nummerierung **13** bis **16** sind unter einander um einen Winkel zur Mitte von 90 Grad versetzt. Außerdem war jede Einspritzdüse der zweiten Serie gleich von zwei Einspritzdüsen der ersten Serie, die sie umgeben, beabstandet. Eine mögliche Ausführungsform besteht darin vorzusehen, dass die Einspritzdüse **13** zur Einspritzdüse 2 um 15 Grad versetzt ist, dass die Einspritzdüse **14** zur Einspritzdüse 5 um 15 Grad versetzt ist, dass die Einspritzdüse **15** zur Einspritzdüse 8 um 15 Grad versetzt ist und schließlich, dass die Einspritzdüse **16** zur Einspritzdüse 11 um 15 Grad versetzt ist.

[0055] Tabelle I zeigt ein Anwendungsbeispiel der oben definierten Mischvorrichtung.

[0056] In Tabelle I wurden für die verschiedenen Durchsatzbereiche zwischen 160 und 1440 m³/h in der linken Spalte der von den Einspritzdüsen gelieferte Gesamtdurchsatz, in der mittleren Spalte die Anzahl der versorgten Einspritzdüsen und in der rechten Spalte die Nummer der effektiv versorgten Einspritzdüsen und so wie sie in **Fig. 8** gekennzeichnet sind dargestellt.

TABELLE I

Gesamtdurchsatz	Aktive Öffnungen N1	Anzahl der aktiven Öffnungen
160-240	2	1, 7
240-360	3	1, 5, 9
320-480	4	1, 4, 7, 10
480-720	6	1, 3, 5, 7, 9, 11
640-960	8	1, 13, 4, 14, 7, 15, 10, 16
960-1440	12	1 bis 12

[0057] Man sieht, dass man den Sekundärgasdurchsatz so kontinuierlich zwischen 160 m³/h und 1440 m³/h variieren lassen kann, während gleichzeitig sichergestellt wird, dass jede Einspritzdüse in ihrem optimalen Betriebsbereich versorgt wird, das heißt im vorliegenden Fall zwischen 80 m³/h und 120 m³/h.

[0058] In diesem Fall ist klar, dass der Speicher **24**, der mit der Steuereinheit **20** der Schieber assoziiert ist, die Tabelle I enthält. Wenn man mit Hilfe der Schnittstellenvorrichtung **22** den Prozentsatz einzuspritzenden Sekundärgases eingibt, bestimmt die Einheit **20** ausgehend von der Hauptgasdurchsatzinformation den Gesamtdurchsatz an Sekundärgas, der erforderlich ist, und in Abhängigkeit von der Position dieses Durchsatzes im Vergleich zu den verschiedenen Bereichen der Tabelle I die Schieber, die offen sein müssen, sowie den Einzeldurchsatz in jedem dieser Schieber.

[0059] Die in **Fig. 8** dargestellte Ausführungsform entspricht einer optimalen Ausführung, die, wie bereits angegeben, einen Nenndurchsatz Sekundärgas erlaubt, der kontinuierlich um einen Faktor von 1 bis 6 variieren kann. Natürlich ist es für den Fall, dass die Sekundärgasdurchsätze nicht kontinuierlich zu schwanken haben, sondern nur um diskrete Werte, möglich, die Anzahl der Einspritzdüsen zu verringern. In diesem Fall ist die Versorgungsweise der Einspritzdüsen jedoch die gleiche, das heißt, dass eine Einspritzdüse entweder nicht

versorgt ist oder mit einem Durchsatz versorgt wird, der in ihrem optimalen Betriebsbereich enthalten ist. Wie man sieht, erzielt man dank dieser Anordnungen effektiv ein homogenes Beimengen des Sekundärgases zum Hauptgas aufgrund einerseits der Tatsache, dass die Einspritzdüsen regelmäßig auf der Peripherie der Leitung der Vorrichtung zum Beimengen verteilt sind und andererseits, dass jede Einspritzdüse in ihrem optimalen Betriebsbereich funktioniert.

[0060] Bei der oben beschriebenen Anwendung des Verfahrens haben alle Einspritzdüsen den gleichen Bereich optimaler Durchsätze. In bestimmten Fällen kann das auch anders sein. Das kann auftreten, wenn alle Einspritzdüsen nicht die gleichen Maße haben. Das tritt auch auf, wenn die Merkmale des von den Einspritzdüsen gelieferten Gases nicht gleich sind. Diese Unterschiede können in der Art des eingespritzten Gases liegen, das nicht bei allen Einspritzdüsen das gleiche zu sein braucht. Sie können in den Temperatur- oder Druckmerkmalen des eingespritzten Gases liegen, wenn dieses Gas aus verschiedenen Quellen angeliefert wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Beimengen eines Sekundärgases zu einem Hauptgas mit Hilfe von Einspritzdüsen, das die folgenden Schritte umfasst:

- man bildet eine Hauptader des Hauptgases;
- man regelt den Gesamtdurchsatz des einzuspritzenden Sekundärgases in Abhängigkeit von einem Sollwert;
- man spritzt in eine Einspritzzone der Hauptader den Gesamtdurchsatz des Sekundärgases mit einer Vielzahl von Einspritzdüsen angeordnet in der Einspritzzone ein, wobei sich die Einspritzzone gemäß der Richtung der Achse der Hauptader erstreckt, um eine Mehrzahl von Sekundärgasstrahlen zu bilden, wobei jede Einspritzdüse einen Bereich optimaler Durchsätze hat; und
- man verteilt das Sekundärgas zwischen mindestens einem Teil der Einspritzdüsen so, dass jede versorgte Einspritzdüse in ihrem Bereich optimaler Durchsätze funktioniert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jede Einspritzdüse den gleichen Bereich optimaler Durchsätze hat.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Einspritzdüsen alle in etwa in einer gleichen zur Achse der Hauptader orthogonalen Ebene angeordnet sind.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Achse mindestens einer der Einspritzdüsen (12) im geraden Abschnitt der Hauptgasader, die die Öffnungen der Einspritzdüsen enthält, einen Winkel α zwischen 10 und 70° mit der Senkrechten zur Leitungswand bildet.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel α zwischen 25 und 45° liegt.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man außerdem ein Hindernis in der Beimengzone der Hauptgasader gemäß der Längsachse der Ader anordnet.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass man eine Störung der Hauptgasader in der Zone schafft, die das Hindernis enthält.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, um dem Hauptgas einen Durchsatz D Sekundärgas zwischen $2d_1$ und Nd_2 beizumengen, wobei d_1 der Mindestwert des Bereichs der optimalen Durchsätze der Einspritzdüsen ist und d_2 der Höchstwert des Bereichs der optimalen Durchsätze der Einspritzdüsen ist, dadurch gekennzeichnet, dass man die maximale Anzahl N_1 der Einspritzdüsen, die zu versorgen sind, wie folgt bestimmt:

- man dividiert in der Einheit der ganzen Zahlen den Durchsatz D durch d_1 , was einen ganzzahligen Quotienten k und einen Rest r ergibt,
 - man vergleicht den Quotienten k mit der Anzahl N der Einspritzdüsen
- wenn $k \geq N$, nimmt man $N_1 = N$
wenn $k < N$, nimmt man $N_1 = k$
und dadurch, dass der Durchsatz jeder der N_1 Einspritzdüsen gleich D/N_1 ist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem die N Einspritzdüsen regelmäßig winkelig verteilt sind, dadurch gekennzeichnet, dass man zum Bestimmen der Anzahl N_1 versorgter Einspritzdüsen die Bedingung hinzufügt, dass $N - N_1$ durch N_1 oder N_1 durch $N - N_1$ teilbar sein muss, so dass die versorgten Einspritzdüsen einander jeweils gepaart diametral gegenüberliegen, und man wählt für N_1 die Zahl k , wenn $N - k$ durch k teilbar ist oder wenn k durch $N - k$ teilbar ist, im gegenteiligen Fall wählt man für N_1 die ganze Zahl aus, die gleich unter k

liegt und diese Bedingung erfüllt.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Einspritzdüsen regelmäßig winkelig verteilt angeordnet sind, und dadurch, dass man N1 so auswählt, dass N durch N1 teilbar ist.

11. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass man die Anzahl der Einspritzdüsen N gleich 16 ausgewählt hat, dadurch, dass man 12 der 16 Einspritzdüsen regelmäßig mit einem Winkelabstand gleich 30° verteilt und dadurch, dass man die vier anderen Einspritzdüsen um 90° so von einander verteilt, dass jede der vier Einspritzdüsen sich in der gleichen Winkelentfernung von zwei der zwölf ersten Einspritzdüsen befindet, wodurch die versorgten Einspritzdüsen regelmäßig winkelig verteilt sind.

12. Vorrichtung zum Beimengen eines Sekundärgases zu einem Hauptgas mit:

- einer Zuführleitung (**10**) des Hauptgases, wobei die Leitung eine Einspritzzone umfasst;
- N ($N \geq 2$) Sekundärgaseinspritzdüsen (**12**), deren Öffnungen in die Einspritzzone der Leitung münden, wobei jede Einspritzdüse einen Bereich optimaler Durchsätze hat; und
- Mittel zum Verteilen des Gesamtdurchsatzes des Sekundärgases auf mindestens einige der Einspritzdüsen, damit jede Einspritzdüse mit Null Durchsatz oder mit einem Durchsatz versorgt wird, der im Bereich der optimalen Durchsätze der Einspritzdüse enthalten ist.

13. Vorrichtung zum Beimengen nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Öffnungen aller Einspritzdüsen in etwa in einen gleichen geraden Abschnitt der Leitung münden.

14. Vorrichtung zum Beimengen nach einem der Ansprüche 12 und 13, dadurch gekennzeichnet, dass alle Einspritzdüsen den gleichen Bereich optimaler Durchsätze haben.

15. Vorrichtung zum Beimengen nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Verteilungsmittel Folgendes umfassen:

- Schiebermittel (**14**) zum Steuern des Sekundärgasdurchsatzes in den Einspritzdüsen; und
- Steuermittel (**20**) zum Steuern der Schiebermittel (**14**), damit jede Einspritzdüse mit Null Durchsatz oder mit einem Durchsatz versorgt wird, der für alle gespeisten Einspritzdüsen gleich ist, wobei der gemeinsame Durchsatz im Bereich der optimalen Durchsätze enthalten ist.

16. Vorrichtung zum Beimengen nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Achse mindestens einiger Einspritzdüsen (**12**) im geraden Abschnitt der Leitung, der die Öffnungen der Einspritzdüsen enthält, einen Winkel α zwischen 10 und 70° mit der Senkrechten zur Leitungswand bildet.

17. Vorrichtung zum Beimengen nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel α zwischen 25 und 45° liegt.

18. Vorrichtung zum Beimengen nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass sie außerdem ein Hindernis (**62**) umfasst, das in der Beimengzone der Leitung (**10**) gemäß der Längsachse der Leitung angeordnet ist.

19. Vorrichtung zum Beimengen nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass sie außerdem Mittel zum Befestigen (**64**) des Hindernisses (**62**) an der Leitung umfasst, die dazu geeignet sind, eine Störung der Hauptgasströmung zu schaffen.

20. Vorrichtung zum Beimengen nach einem der Ansprüche 18 und 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Achsen der Einspritzdüsen (**12**) in etwa senkrecht zur Wand in der Ebene des geraden Abschnitts, der die Öffnungen der Einspritzdüsen enthält, sind.

21. Vorrichtung zum Beimengen nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Achsen der Einspritzdüsen (**12**) in der Ebene des geraden Abschnitts liegen, der die Öffnungen der Einspritzdüsen enthält, oder nach stromaufwärts der Leitung in Bezug zur Ebene gerichtet sind.

22. Vorrichtung zum Beimengen nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Schiebermittel (**14**) N Schieber (**32**) umfassen, die ein-aus-gesteuert werden können, wobei jeder Schieber mit einer Einspritzdüse assoziiert ist, und einen Hauptschieber (**40**), der dazu geeignet ist, den Gesamtversorgungsdurchsatz der Schieber auf N' Mal einen Durchsatz einzustellen, der im Bereich der optimalen Durchsätze liegt, wobei N' die Zahl der nicht geschlossenen Schieber ist.

23. Vorrichtung zum Beimengen nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Schiebermittel (**14**) N Schieber (**32**) umfassen, wobei jeder Schieber mit einer Einspritzdüse (**12**) assoziiert ist, wobei jeder Schieber gesteuert werden kann, um Null Durchsatz oder einen Durchsatz durchzulassen, der im Bereich enthalten ist.

24. Vorrichtung zum Beimengen nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass sie N – 1 Einspritzdüsen (**12**) umfasst, deren Achse den Winkel α mit der Senkrechten zur Leitungswand bildet, und eine Einspritzdüse, deren Achse senkrecht zur Wand der Leitung ist.

25. Vorrichtung zum Beimengen nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahl N Einspritzdüsen (**12**) gleich 16 ist, und dadurch, dass 12 der 16 Einspritzdüsen auf der Peripherie der Leitung mit einem Winkelabstand gleich 30° regelmäßig winkelig verteilt sind und dadurch, dass die vier anderen Einspritzdüsen mit einem Winkelabstand gleich 90° so regelmäßig winkelig verteilt sind, dass jede der vier Einspritzdüsen in gleicher Winkelentfernung von zwei der zwölf ersten Einspritzdüsen liegt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

FIG.1A

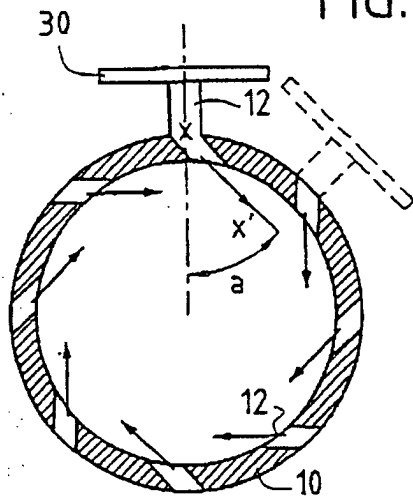


FIG.1B

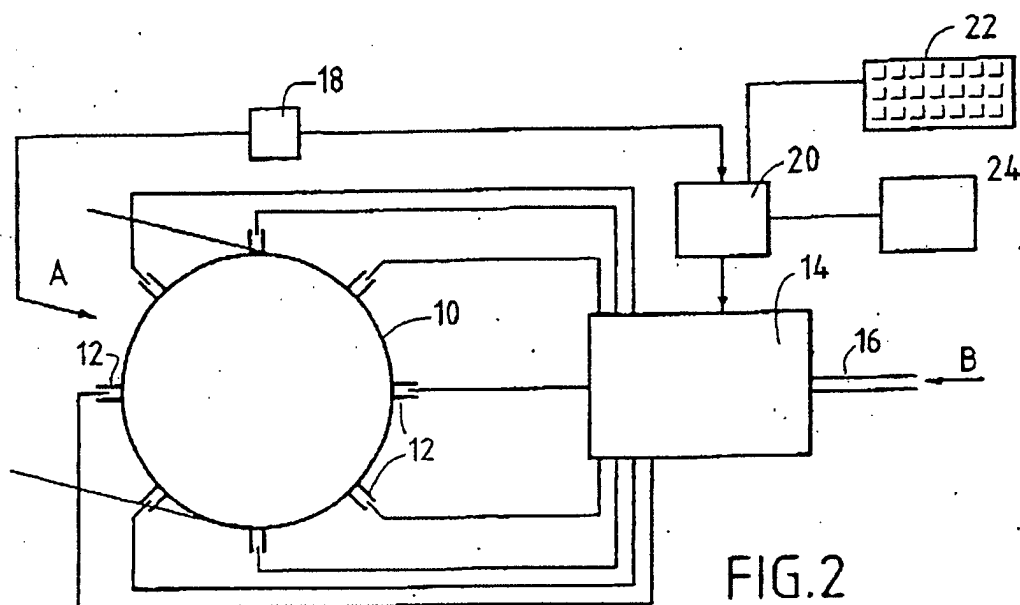
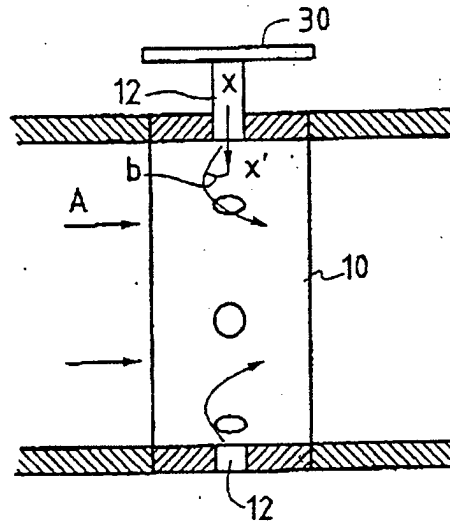


FIG.2

FIG.3

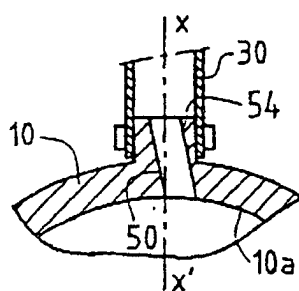
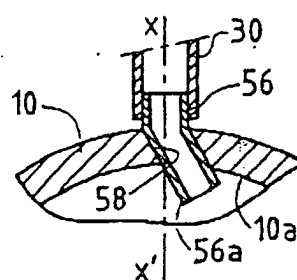


FIG.4



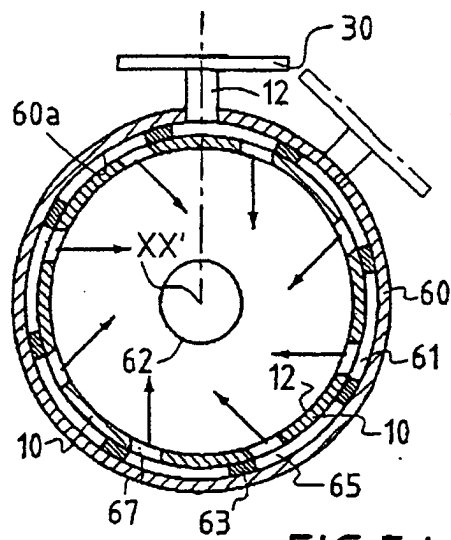


FIG. 5A

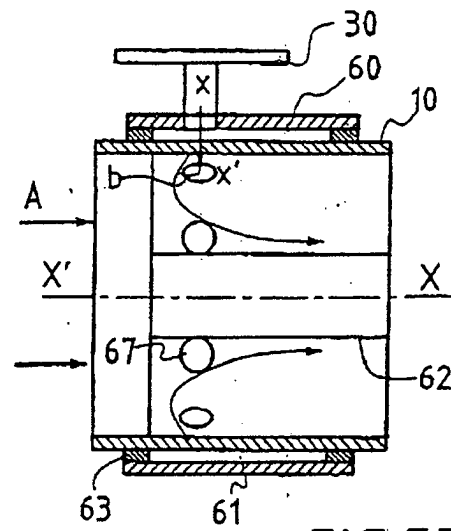


FIG. 5B

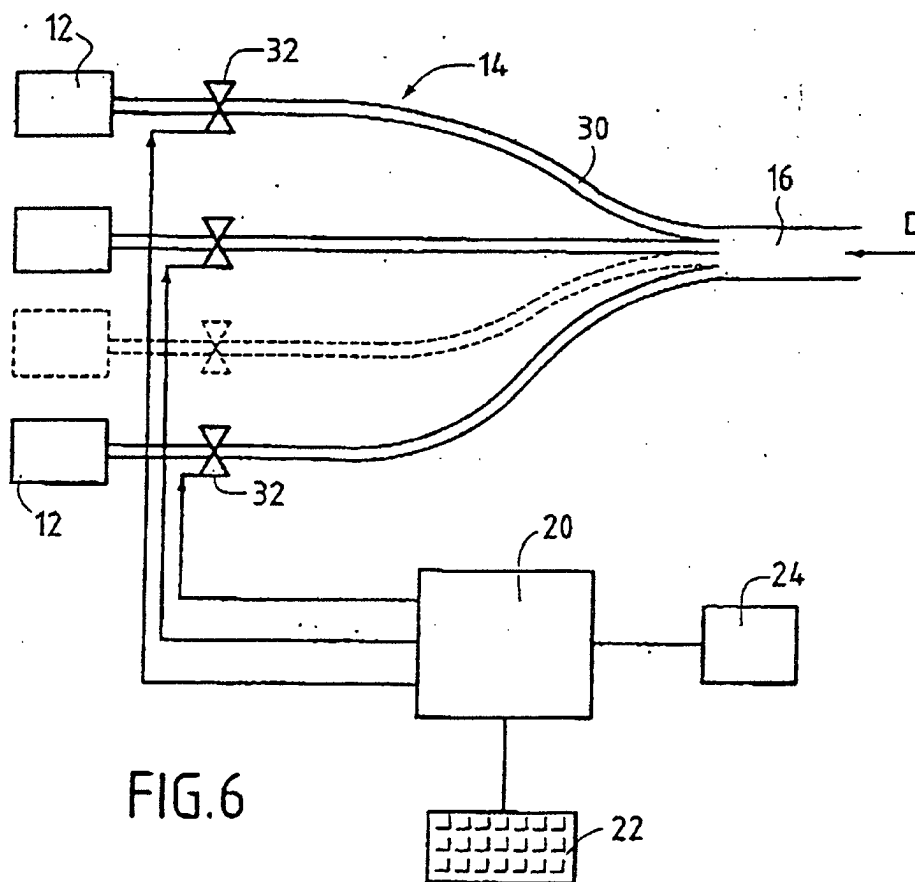


FIG. 6

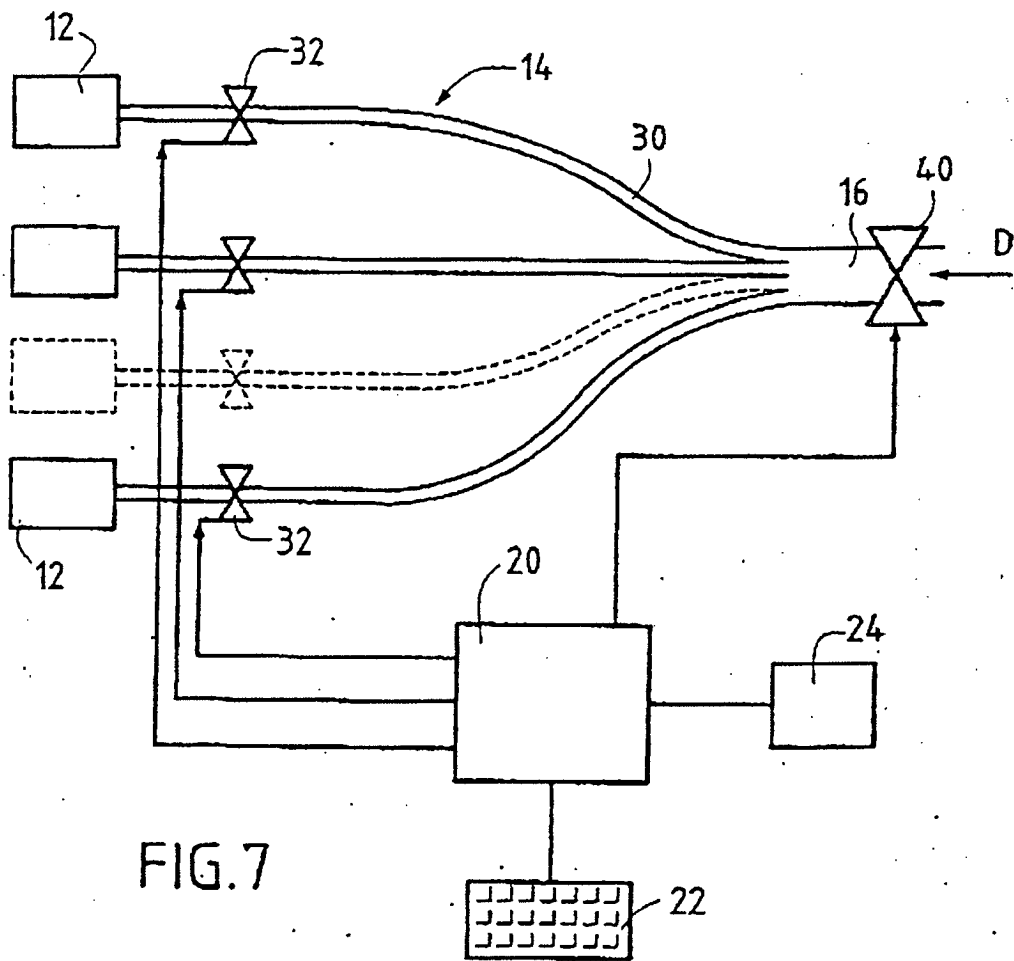


FIG. 7

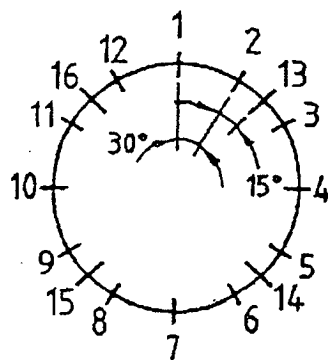


FIG. 8