



①②

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift :
28.06.95 Patentblatt 95/26

⑤① Int. Cl.⁶ : **F23D 11/24**

②① Anmeldenummer : **91117114.8**

②② Anmeldetag : **08.10.91**

⑤④ **Zerstäubungsvorrichtung.**

③⑩ Priorität : **23.11.90 CH 3711/90**

⑦③ Patentinhaber : **ASEA BROWN BOVERI AG**
Haselstrasse 16
CH-5401 Baden (CH)

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung :
27.05.92 Patentblatt 92/22

⑦② Erfinder : **Knöpfel, Hans Peter**
Im Nessel
CH-5627 Besenbüren (CH)
Erfinder : **Pelet, Claude**
Ankerstrasse 1
CH-5200 Windisch (CH)
Erfinder : **Peter, Hans**
In der Weid 14
CH-8902 Urdorf (CH)

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung :
28.06.95 Patentblatt 95/26

⑧④ Benannte Vertragsstaaten :
AT CH DE FR GB IT LI

⑤⑥ Entgegenhaltungen :
AT-B- 271 693

EP 0 486 802 B1

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

Beschreibung

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Zerstäubungsvorrichtung gemäss Oberbegriff des Anspruchs 1. Sie betrifft auch ein Verfahren zum Betrieb einer solchen Vorrichtung.

Stand der Technik

Nach Abstellen jeder mit einem flüssigen Brennstoff betriebenen Feuerungsanlage verbleibt in der Brennstoffleitung zwischen Ventil und Zerstäuber eine Brennstoffsäule, beispielsweise eine Oelsäule, die sich bei liegender oder hängender Leitung und zu grossem Durchmesser der Leitung durch die einwirkende Gravitation "verselbständigen" kann. Ebenso kann sich der Brennstoff während der Betriebspause durch Wärme-Einwirkung aus der heissen Umgebung oder durch sonstige Einflüsse ausdehnen. Diese Labilität der Brennstoffsäule, die um so grösser ausfällt, je grösser der Leitungsquerschnitt ist, führt dazu, dass der flüssige Brennstoff aus der Brennstoffdüse tropft. Je nach Länge und Dicke der Brennstoffführenden Leitung und Zeitdauer der Betriebspause kann sich durch die beschriebene Gravitation bzw. Expansion der Brennstoffsäule eine ansehnliche Menge an Flüssigbrennstoff ansammeln, teilweise verdampfen und über die natürliche Konvektion in die Umgebung gelangen. Bei einem Wiederstart der Feuerungsanlage verbrennt der so ausgetretene Brennstoff nicht vollständig. Dies führt unweigerlich dazu, dass sich die Verbrennung während der Startphase bezüglich UHC- und anderer Schadstoff-Emissionen als äusserst unkontrollierbar verhält, wobei es erfahrungsgemäss relativ lange dauert, bis sich ein dergestalt instabiles System stabilisiert hat.

Darstellung der Erfindung

Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Der Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Zerstäubungsvorrichtung der eingangs genannten Art ein Nachtropfen eines flüssigen Brennstoffes aus einer Brennstoffdüse gegen Null streben zu lassen, gleichzeitig bei jedem Wiederstart der Anlage verzögerungsfrei Brennstoff in genügender Menge zur Verfügung zu haben.

Der wesentliche Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, dass nach einem Abstellen der Anlage eine dem Volumen nach minimierte durch Kapillarkräfte gehaltene Brennstoffsäule vorliegt, die über einen beliebig langen Betriebsunterbruch stabil bleibt, d.h., zu keinem Nachtropfen mit entleerender Wirkung für die Brennstoffsäule neigt. Diese Ausgangslage gewährleistet, dass bei jedem Wiederstart der Anlage

verzögerungsfrei jene erste notwendige Menge Brennstoff zur Verfügung steht. Eine zeitliche Diskrepanz zwischen Bereitstellung des Verbrennungsluftstromes und Beimischung eines flüssigen Brennstoffes in der Vormischstrecke oder in der Flammenzone liegt hier nicht vor, weshalb mit keinerlei Startverzögerung zu rechnen ist, was sich wiederum auf die Güte der Flamme niederschlägt, was wiederum ein Positivum gegen die Schadstoff-Emissionen ist. Dies alles wird erreicht, indem eine erste Vorkehrung dahin zielt, ein Magnetventil in Abströmungsrichtung der Brennstoffleitung möglichst nahe der Brennstoffdüse zu plazieren. Eine zweite Vorkehrung zielt dahin, die Brennstoffsäule zwischen Magnetventil und Brennstoff-Düsenaustritt gegen äussere Einflüsse und gegen eine innere Dynamik des flüssigen Brennstoffes selbst abzuschotten, ohne dabei irgendwelche Zündungsbehinderungen bei einem Wiederstart einzuhandeln. Die Stabilisierung der Brennstoffsäule geht von der Ueberlegung aus, dass bei genügend kleinen Rohrdurchmessern die Trennfront zwischen Luft und flüssigem Brennstoff, beispielsweise Oel, durch die Oberflächenspannung bzw. Kapillarkräfte stabilisiert wird. In einem solchen Fall kann sich kein Wandfilm bilden. Das Kriterium für die Wirksamkeit der Oberflächenspannung wird anhand der sogenannten Eötvös-Zahl errechnet. Die errechnete Zahl entspricht dem maximal zulässigen Kapillardurchmesser, in welchem die Brennstoffsäule durch die dort vorherrschende Oberflächenspannung stabilisiert wird.

Vorteilhafte und zweckmässige Weiterbildungen der erfindungsgemässen Aufgabenlösung sind in den weiteren Ansprüchen gekennzeichnet.

Im folgenden wird anhand der Zeichnung ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt und näher erläutert. Alle für das unmittelbare Verständnis der Erfindung nicht erforderlichen Elemente sind fortgelassen. Die Strömungsrichtung der Medien ist mit Pfeilen angegeben.

Die einzige Figur zeigt ein Zerstäubungssystem mit einer Brennstoffdüse und mit einer Blendenkonfiguration.

Wege zur Ausführung der Erfindung und gewerbliche Verwertbarkeit

Die Figur zeigt ein Zerstäubungssystem 1 mit einer Brennstoffdüse 3, bei welcher es sich sowohl um eine Simplex- als auch um eine Rücklaufdüse handeln kann. Die Brennstoffdüse 3 ist in Abströmungsrichtung von einer ersten Blende 1a und einer zweiten Blende 1b ergänzt ist. Die Zerstäubung eines flüssigen Brennstoffes 9, vorzugsweise Oel, gemäss vorliegender Konfiguration, erfolgt dabei in zwei Stufen: Erstens durch Druckzerstäubung, zweitens durch eine luftunterstützte Zerstäubung und eine Umlenkung des Sprühkegels. Dessen ungeachtet ist es ohne wei-

teres möglich, auf eine Blende, entweder auf die erste 1a oder auf die zweite 1b, zu verzichten, oder überhaupt ohne Blenden zu fahren.. Dies hängt im wesentlichen davon ab, wie die betrieblichen Verhältnisse der ganzen Blendenkonfiguration 1a, 1b gelagert sind, wo der Einsatz einer solchen Zerstäubung bezüglich Art des Brennraumes, d.h. , ob es sich um eine atmosphärische Brennkammer, oder um eine Gleichdruck- resp. Hochdruck-Brennkammer einer Gasturbine, oder um eine Brennkammer mit isocorer Verbrennung handelt, vorgesehen ist. Danebst spielt selbstverständlich auch die Struktur und die Verbrennungsart (Diffusions-, Vormischverbrennung, etc.) des jeweiligen Brenners, in welchen ebendiese Blendenkonfiguration 1a, 1b integriert sein kann, eine Rolle. Die in der Figur ersichtliche für Oel ausgelegte Brennstoffdüse 3 wirkt stromauf der beiden Blenden 1a, 1b, wobei es sich hier um eine Brennstoffdüse 3 handelt, welche mit Brennstoff-Drücken ab 3,5 bar arbeitet, demnach es sich um eine Zerstäubungsdüse handelt. Dies ist nicht notwendigerweise die einzige mögliche Konstellation der beiden Blenden 1a, 1b gegenüber der Brennstoffdüse 3, sondern die letztgenannte kann ohne weiteres auf gleicher Höhe mit der ersten 1a oder mit der zweiten Blende 1b liegen. Dies hängt im wesentlichen damit zusammen, wie die Zuführung von Verbrennungsluft 7 konzipiert ist. Es sind daher auch Konfigurationen möglich, wo die Brennstoffdüse 3 stromab der letzten Blende wirkt. Was die Verbrennungsluft 7 anbelangt, kann diese aus reiner Frischluft bestehen; sie kann aber auch aus einem Gemisch von Frischluft und rückgeführtem Abgas bestehen, wobei darin ohne weiteres Anteile aus einem gasförmigen Brennstoff zugemischt werden können. Diese Verbrennungsluft 7 wird für die Beimischung zum Brennstoff 9 aus der Brennstoffdüse 3 in zwei Teilströme aufgeteilt. Ein erster Teilstrom 7a erfasst den Brennstoff 9 im Bereich der Brennstoffdüse 3, ein zweiter Teilstrom 7b durchströmt in geeigneter Weise die erste Blende 1a und wird in eine stromab der Brennstoffdüse 3 vorhandene Vormischstrecke 6 zugeleitet, wo die endgültige Gemischbildung stattfindet. Die Verbrennungsluft 7 kann ohne weiteres vom einem Gebläse einer atmosphärischen Feuerungsanlage für Heizkessel stammen, dessen Druck in der Regel zwischen ca. 10 und 100 mbar beträgt. Somit ist zugleich gesagt worden, dass die hier gezeigte Brennstoffdüse 3 auf Druckzerstäubung arbeitet und vorzüglich in Anlagen eingesetzt wird, wo ein Flüssigbrennstoff 9 zum Einsatz kommt. Dies ist aber keine unabdingbare Vorgabe, denn eine solche Düse 3 samt Blendenkonfiguration 1a, 1b kann auch Bestandteil eines mit flüssigem und/oder gasförmigem Brennstoff betriebenen Brenners einer Gasturbogruppe sein. Das hier gezeigte Zerstäubungssystem 1 kann des weiteren als Brennstofflanze eingesetzt werden, beispielsweise in einem Brenner, wie er in EP-A1-0 321 809 beschrieben ist. Diese

hier angezogene Europäische Patentanmeldung bildet sonach, soweit Erweiterungen des hiesigen Erfindungsgegenstandes in Betracht gezogen werden, integrierenden Bestandteil vorliegender Patentanmeldung. Zur Klarstellung, inwieweit eine solche Integrierung reicht, sei gesagt, dass die in Fig. 1 von EP-A1-0 321 809 gezeigte Düse mit Fos. 3 durch das hier gezeigte und beschriebene Zerstäubungssystem 1 zu ersetzen wäre. Die Brennstoffdüse 3 ist durch eine Brennstoffleitung 4 mit einer Pumpe 9 verbunden, wobei diese Pumpe 8 vorzugsweise ausserhalb des Brennersystems plaziert wird. Zwischen Pumpe 8 und Brennstoffdüse 3 weist die Brennstoffleitung 4 ein Magnetventil 5 auf, dessen Abstand zur Brennstoffdüse 3 einen minimierten Betrag aufweist. Die Fixierung dieses Abstandes ist betragsmässig ein Optimum zwischen einer möglichst kurzen ruhenden Brennstoffsäule, die nach jedem Abstellen des Brenners stehen bleibt, und jener minimalen Brennstoffmenge, die zwischen zwei Starts durch thermische Ausdehnung austreten darf, damit keine unzulässigen UHC-Emissionen entstehen können. Die Stabilisierung der ruhenden Brennstoffsäule zwischen Magnetventil 5 und Brennstoffdüse 3 wird erreicht, indem der brennstoffführende Durchmesser 4a so gewählt wird, dass die Trennfront zwischen Luft und flüssigem Brennstoff durch Oberflächenspannung bzw. Kapillarkräfte gehalten wird. Das Kriterium für die Wirksamkeit der Oberflächenspannung zur Trennung von Luft- und Flüssigbrennstoffsäulen wird anhand der nach Eötvös benannten Kennzahl wie folgt errechnet:

$$E_0 = \frac{\rho_{\text{oel}} \times g \times D^2}{\sigma}$$

wobei σ die Oberflächenspannung bezeichnet (σ beträgt im vorliegenden Fall $\approx 0,028 \text{ kg/s}^2$). Setzt man den angegebenen Wert für $\sigma = 0,028 \text{ Kg/s}^2$, für $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, für $\rho_{\text{oel}} = 820 \text{ kg/m}^3$ in diese Bedingung ein, so lässt sich der für einen Brennstoff kritische Durchmesser 4a berechnen. E_0 beträgt für Oel 3.4.

Die errechnete Zahl entspricht somit dem maximal zulässigen Kapillardurchmesser 4a, in welchem eine dort ruhende Brennstoffsäule durch die vorherrschenden Oberflächenspannung stabil bleibt. Die Eötvös-Zahl beträgt für Oel 3,4. Strömungstechnisch ist zu den Blendenkonfiguration 1a, 1b anzumerken, dass die herangeführte Verbrennungsluft 7, obwohl sie bei atmosphärischen Feuerungsanlagen nur einen kleinen Druck aufweist, den Flüssigbrennstoff-Sprühkegel 9 aus der Brennstoffdüse 3 komprimiert. Dies geschieht bereits mit einem vorherrschenden Druck ab 10 mbar. Diese Verbrennungsluftströmung trifft dabei auf den Sprühkegel radial und/oder quasi-radial bis axial auf, und sie zwingt dessen Brennstoff durch eine in der Blende 1a mittig plazierte Oeffnung abzufließen. Entlang dieser Oeffnung, die Bestandteil der Vormischstrecke 6 ist, entsteht bereits ein

sehr gutes homogenes Brennstoff/Verbrennungsluft-Gemisch. Diese Oeffnung schafft darüber hinaus eine Verringerung des Sprühwinkels, der weitaus kleiner als der ursprüngliche aus der Brennstoffdüse 3 ausfällt. Die Zerstäubung des Brennstoffes 9 entlang dieser Oeffnung bleibt auch unabhängig gegenüber der bereitgestellten Zerstäubungsgüte im Bereich des zugeführten Teilverbrennungsluftstromes 7a. Der Querschnitt der Oeffnung ist so ausgelegt, dass ca. 50% der gesamten Verbrennungsluft 7 dort durchströmen können. Der restliche Verbrennungsluftanteil 7b strömt radial und/oder quasi-radial bis axial nach der ersten Blende 1a in die Vormischstrecke 6 ein. Bei einer solchen Konfiguration muss sichergestellt werden, dass die Durchgänge durch die erste Blende 1a eine entsprechende Schluckfähigkeit aufweisen müssen. Dieser Verbrennungsluftstrom 7b modelliert die schlussendlich gewünschte Sprühwinkelgrösse des Gemisches in den Brennraum 2 oder in eine anschliessende Vormischzone oder Brennerkammer, wie dies der Fall ist, beim Einsatz dieses Zerstäubungssystems 1 in eine nachgeschalteten Brennerkammer. Noch vorhandene Tropfen des flüssigen Brennstoffes werden durch diesen weiteren Verbrennungsluftstrom 7b vollständig zerstäubt. Aus diesen letzten Ausführungen betreffend die Zerstäubungsgüte geht leicht hervor, wie eminent wichtig die engumgrenzte quantitative Bereitstellung des Brennstoffes über alle Betriebsstufen ist. Die heiklen Betriebsstufen sind sicher das Abstellen und Wiederanfahren der Anlage. Ist einmal das Magnetventil 5 auf "zu" gefahren, so ist es wichtig, dass die Brennstoffsäule zwischen Magnetventil 5 und Brennstoffdüse 3 mengenmässig konserviert bleibt. Ein Abtröpfen des Brennstoffes aus der Brennstoffdüse 3 hätte eine doppelte negative Wirkung: einerseits stünde dann unmittelbar beim Wiederanfahren keine genügende mischungsfähige Brennstoffmenge zur Verfügung, andererseits bildete die durch Abtröpfen aus der Brennstoffdüse 3 ausgeflossene und demnach fehlende Brennstoffmenge Ursache für einen schlechten Start und eine demzufolge schlechte Verbrennung, was ein Anstieg der Schadstoffemissionen zur Folge hätte, abgesehen davon, dass ein solch instabiles System schwer und zeitlich nicht sofort aufgefangen werden könnte. Die Plazierung des Magnetventils 5 in einer unmittelbaren Nähe der Brennstoffdüse 3 und demzufolge nahe der Flammenzone bringt bezüglich kalorischer Belastung keine Nachteile mit sich, denn das Magnetventil 5 wird hier durch die herangeführte Verbrennungsluft 7 fortlaufend in angemessener Weise gekühlt. Nun ist es so, dass auf die Brennstoffsäule zwischen Brennstoffdüse 3 und Magnetventil 5 während des Stillstandes der Anlage eine kalorische Belastung einwirkt, welche grösser als die Oberflächenspannung im Kapillardurchmesser werden kann. Durch die Ueberwindung der Oberflächenspannung durch kalorisch bedingte Ausdehnung des flüssigen

Brennstoffes kommt es unweigerlich zu einem Austropfen aus der Brennstoffdüse 3. Diese austretende Brennstoffmenge muss dabei minimiert werden, sollen während des Startvorganges die UHC-Emissionen, über eine Messzeit von 10 sec., nicht über 30 ppm anschwellen. Nachdem der Durchmesser der Brennstoffsäule zwischen Magnetventil 5 und Brennstoffdüse 3 und die thermische Belastung der Brennstoffleitung bekannt sind, wird deren Länge soweit minimiert, dass die nicht zu verhindernde austretende Brennstoffmenge so klein bleibt, dass die zugrundegelegten UHC-Emissionswerte einzuhalten sind. Selbstverständlich wird bei dieser Langenfestlegung angestrebt, ein Optimum zwischen möglichst viel zur Verfügung stehendem Brennstoff für die Startphase und einer möglichst kleinen Tropfmenge zu erreichen.

Patentansprüche

1. Mit einem flüssigen Brennstoff betreibbare Zerstäubungsvorrichtung einer Feuerungsanlage, im wesentlichen bestehend aus einer Brennstoffdüse, einer der Brennstoffdüse angeschlossenen Brennstoffleitung, einer im Bereich der Brennstoffdüse plazierten Blendenkonfiguration, wobei die Brennstoffleitung stromauf der Brennstoffdüse ein Ventil trägt, dadurch gekennzeichnet, dass die Blendenkonfiguration aus zwei hintereinander geschalteten Blenden (1a, 1b) besteht, dass die Brennstoffleitung (4) zwischen Ventil (5) und Brennstoffdüse (3) einen minimierten brennstoffführenden Durchmesser (4a) aufweist, der nach folgender Formel ermittelbar ist:

$$D_i = \sqrt{\frac{E_0 \cdot \sigma}{\rho_{fl} \cdot g}}$$

wobei ρ_{fl} das spezifische Gewicht des flüssigen Brennstoffes, g die Gravitationskonstante, σ die Oberflächenspannung und E_0 die Eötvös-Zahl bedeuten.

2. Mit einem flüssigen Brennstoff betreibbare Zerstäubungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffdüse (3) in Strömungsrichtung gegenüber der Blendenkonfiguration (1a, 1b) vorgeschaltet ist, sich auf gleicher Höhe befindet oder nachgeschaltet ist.
3. Mit einem flüssigen Brennstoff betreibbare Zerstäubungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Ventil (5) ein Magnetventil ist.
4. Verfahren zum Betrieb einer mit einem flüssigen Brennstoff betreibbare Zerstäubungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffdüse (3) mit einer Verbrennungsluft (7, 7a, 7b) angeströmt wird, welche aus

Frischlufte, oder aus einem Gemisch aus Frischluft und rezirkuliertem Abgas besteht, dass die Verbrennungsluft (7, 7a, 7b) radial oder quasi-radial bis axial auf den Brennstoff (9) aus der Brennstoffdüse (3) auftritt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbrennungsluft (7, 7a, 7b) mit einem Anteil eines Brennstoffes angereichert wird.

Claims

1. Atomizing device of a firing system, the said atomizing device being operable with a liquid fuel and consisting essentially of a fuel nozzle, a fuel line connected to the fuel nozzle and of an orifice-plate configuration placed in the region of the fuel nozzle, the fuel line carrying a valve upstream of the fuel nozzle, characterized in that the orifice-plate configuration consists of two orifice plates (1a, 1b) arranged in succession, and in that the fuel line (4) between the valve (5) and fuel nozzle (3) has a minimized fuel-carrying diameter (4a) which can be determined according to the following formula:

$$Di = \sqrt{\frac{Eo \cdot \sigma}{\rho_{fl} \cdot g}}$$

ρ_{fl} being the specific gravity of the liquid fuel, g being the gravitation constant, a being the surface tension and Eo being the Eötvös number.

2. Atomizing device operable with a liquid fuel according to Claim 1, characterized in that the fuel nozzle (3) is located upstream, at the same height or downstream relative to the orifice-plate configuration (1a, 1b) in the direction of flow.
3. Atomizing device operable with a liquid fuel according to Claim 1, characterized in that the valve (5) is a solenoid valve.
4. Method for operating an atomizing device operable with a liquid fuel according to Claim 1, characterized in that a combustion air (7, 7a, 7b) consisting of fresh air or of a mixture of fresh air and recirculated waste gas flows onto the fuel nozzle (3), and in that the combustion air (7, 7a, 7b) strikes the fuel (9) from the fuel nozzle (3) radially or quasi-radially to axially.
5. Method according to Claim 4, characterized in that the combustion air (7, 7a, 7b) is enriched with a fraction of a fuel.

Revendications

1. Dispositif de pulvérisation fonctionnant avec un combustible liquide pour une installation de chauffe, se composant essentiellement d'un gicleur à combustible, d'une conduite de combustible raccordée au gicleur à combustible, d'une configuration d'écrans placée dans la région du gicleur à combustible, la conduite de combustible portant une vanne en amont du gicleur à combustible, caractérisé en ce que la configuration d'écrans se compose de deux écrans (1a, 1b) disposés l'un derrière l'autre, en ce que la conduite de combustible (4) présente, entre la vanne (5) et le gicleur à combustible (3), un diamètre minimisé (4a) pour le transport du combustible, qui peut être déterminé par la formule :

$$Di = \sqrt{\frac{Eo \times \sigma}{\rho_{liq} \times g}}$$

dans laquelle ρ_{liq} désigne le poids spécifique du combustible liquide, g la constante de la pesanteur, σ la tension superficielle et Eo le nombre de Eötvös.

2. Dispositif de pulvérisation fonctionnant avec un combustible liquide suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le gicleur à combustible (3) est, dans le sens de l'écoulement, placé avant, se trouve à la même hauteur ou est placé après la configuration d'écrans (1a, 1b).
3. Dispositif de pulvérisation fonctionnant avec un combustible liquide suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la vanne (5) est une électrovanne.
4. Procédé de conduite d'un dispositif de pulvérisation fonctionnant avec un combustible liquide suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le gicleur à combustible (3) est alimenté avec de l'air de combustion (7, 7a, 7b), qui se compose d'air frais ou d'un mélange d'air frais et de gaz usés recyclés, en ce que l'air de combustion (7, 7a, 7b) arrive radialement ou presque radialement jusqu'axialement sur le combustible (9) sortant du gicleur à combustible (3).
5. Procédé suivant la revendication 4, caractérisé en ce que l'air de combustion (7, 7a, 7b) est enrichi avec une portion d'un combustible.

