(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 2 587 148 B1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
10.12.2014 Patentblatt 2014/50

(51) Int Cl.:
F23G 5/16 *(2006.01)* ***F23G 5/18*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **12188466.2**

(22) Anmeldetag: **15.10.2012**

(54) **Sekundärbrennkammer mit Sekundärlufteindüsung**

Secondary combustion chamber with secondary air inlet

Chambre de combustion secondaire avec injection d'air secondaire

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **24.10.2011 DE 102011116723**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.05.2013 Patentblatt 2013/18

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
- **Jockel, Joerg**
  35423 Lich (DE)
- **Rein, Carsten**
  57627 Hachenburg (DE)
- **Both, Damian**
  34123 Kassel (DE)
- **Ferreira Goncalves, Paulo Jorge**
  60320 Frankfurt Am Main (DE)
- **Georg, Marcel**
  35745 Herborn (DE)
- **Klosok, Jan**
  71336 Waiblingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
GB-A- 2 199 929 **US-A- 3 875 874**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 587 148 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Sekundärbrennkammer nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 und ein Verfahren zum Betrieb einer Sekundärbrennkammer nach Anspruch 9.

[0002] Sekundärbrennkammern dienen der Nachverbrennung eines Verbrennungsgasstroms, der durch Verbrennung in einer Primärbrennkammer entsteht.

[0003] Bei einer Verbrennung von Brennstoff in einer Verbrennungseinrichtung werden unter anderem gasförmige und/oder staubförmige, organische oder anorganische Komponenten (mineralische Aerosole) aus dem Brennstoff freigesetzt, die gemeinsam mit Verbrennungsabgas einen Verbrennungsgasstrom bilden. Die Verbrennung von Biomasse ist diesbezüglich besonders kritisch.

[0004] Biomasseverbrennungseinrichtungen weisen deshalb meist eine Primärbrennkammer und eine Sekundärbrennkammer auf. Die Primärbrennkammer wird bei der Scheitholzverbrennung auch Füllraum genannt. In die Primärbrennkammer wird Biomasse, z. B. Pellets, Scheitholz oder andere Feststoffe, sowie Primärluft eingebracht und wenigstens beim Verbrennungsstart erfolgt eine Zündung. Schließlich erfolgt eine thermochemische Umsetzung der Biomasse in die wesentlichen Verbrennungsprodukte CO_2 und H_2O in drei Verbrennungsphasen mit zunehmendem Oxidationsgrad. Zunächst wird die Biomasse aufgeheizt und getrocknet. In Phase zwei erfolgt die pyrolytische Zersetzung und anschließend kommt es zur Vergasung. Vor allem bei einem Verbrennungsstart und einem Stopp der Verbrennung (Brennerstart, Brennerstopp) werden bei der Biomasseverbrennung sehr viele anorganische Partikel freigesetzt, so zum Beispiel K_2O, CaO, K_2SO_4, K_2CO_3. Diese schaden der Umwelt. Aber auch während einer länger andauernden Verbrennung ist der Anteil anorganischer Partikel in einem aus der Primärbrennkammer austretenden Verbrennungsgasstrom höher als bei einer Gas- oder Ölverbrennung.

[0005] Zur Reinigung des Verbrennungsgasstroms kommen deshalb unter anderem Sekundärbrennkammern zum Einsatz, um eine vierte Verbrennungsphase durchzuführen. Diese umfasst eine abschließende homogene Gasphasenoxidation. Der aus der Primärbrennkammer austretende heiße Verbrennungsgasstrom wird hierfür in die Sekundärbrennkammer eingeleitet. Zusätzlich wird der Sekundärbrennkammer Sekundärluft zugeführt, um den Verbrennungsgasstrom nachzuverbrennen und so die Partikelanzahl im Verbrennungsgasstrom zu verringern. Eine Zündung ist üblicherweise nicht notwendig, da der Verbrennungsgasstrom so heiß ist, dass sich dieser bei einer Zuführung von Sauerstoff selbst entzündet. Um eine gute Nachverbrennung zu erreichen, ist es notwendig, die Luft und somit den Sauerstoff gut mit dem Verbrennungsgasstrom zu durchmischen, denn nur so können die Partikel oxidieren.

[0006] Hierfür sieht der Stand der Technik unter anderem rohrförmige Sekundärbrennkammern vor, in welche die Sekundärluft tangential eingeleitet wird. Dies wird beispielsweise in DE 40 21 005 C1 beschrieben. Gleichzeitig wird der Verbrennungsgasstrom axial in die Sekundärbrennkammer eingeleitet. Durch die tangentiale Einleitung der Sekundärluft entsteht ein Gaswirbel in der Sekundärbrennkammer, weswegen solche Sekundärbrennkammern auch als Zyklonbrennkammern bezeichnet werden. Dieser Gaswirbel soll den Verbrennungsgasstrom mit der Sekundärluft durchmischen. Nachteilig ist jedoch, dass sich unter anderem eine axiale Kernströmung im Zentrum des Wirbels ausbildet, in welche keine Sekundärluft gelangt. Der Anteil des Verbrennungsgasstroms in der Kernströmung wird somit nicht nachverbrannt und die unverbrannten Partikel belasten die Umwelt. Außerdem ist die Zyklonbrennkammer recht großvolumig, um die Sekundärverbrennung vollständig abschließen zu können.

[0007] Weiterhin ist aus dem Stand der Technik bekannt, dass die Sekundärbrennkammer einen Strömungskanal aufweist. Durch diesen wird das Verbrennungsgas von der Primärkammer kommend in eine weitere Brennkammer geleitet. Gleichzeitig wird die Sekundärluft tangential und quer zum Verbrennungsgasstrom in diesen Strömungskanal eingeleitet, wobei letzterer zylindrisch ist. So entsteht bereits im Strömungskanal ein Zyklonwirbel bestehend aus Verbrennungsgas und Sekundärluft. Dies ermöglicht, die Sekundärbrennkammer insgesamt kleiner auszubilden, da schon am Eintritt in die Brennkammer eine Durchmischung im Strömungskanal erfolgt ist. Entsprechend startet die Nachverbrennung sehr früh, insbesondere schon im Strömungskanal.

[0008] Nachteilig ist jedoch nach wie vor, dass eine solche Sekundärbrennkammer verhältnismäßig groß ist, dementsprechend Bauraum benötigt und erhöhte Materialkosten aufweist. Außerdem enthält der Verbrennungsgasstrom auch nach der Nachverbrennung in einer solchen Sekundärbrennkammer noch vermeidbare Emissionen wie Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid und unverbrannte Partikel.

[0009] Die GB 2199929 A offenbart einen Nachbrenner für Abgase mit einem Mittel zum Verursachen einer spiralförmigen Bewegung der Abgase innerhalb der Nachbrennkammer. Eine der Nachbrennkammer vorgeordnete Vorbrennkammer dient zum Vermischen von belasteten Abgasen mit Luft. Dazu weist die Vorbrennkammer einen dreieckigen Querschnitt auf, wobei die Luft durch eine Reihe von parallel angeordneten Luftdüsen entlang einer ersten Kante der dreieckigen Vorbrennkammer und die Abgase durch eine Reihe von parallel angeordneten Abgasdüsen entlang einer zweiten Kante nicht parallel zueinander in die Vorbrennkammer einströmen, während das Luft-Abgas-Gemisch durch eine Reihe von parallel angeordneten Gemischdüsen entlang einer dritten Kante aus der Vorbrennkammer ausströmt und in die Nachbrennkammer einströmt.

[0010] Die US 3875874 A zeigt eine Nachverbrennungsvorrichtung für die Verbrennung von Abgasen mit einer feu-

erfesten Kammer, die in einen ersten und einen zweiten Bereich unterteilt ist. Ein Oxidationsmittel strömt in das turbulente Abgas durch eine Vielzahl voneinander beabstandeter, umfänglich und längs der feuerfesten Kammer verteilt angeordneter Luftrohre, die rechtwinklig zur Abgasströmung stehen oder in Richtung des strömenden Abgases geneigt sind.

[0011] Ziel der Erfindung ist es deshalb, die genannten Nachteile des Standes der Technik zu überwinden, und eine Sekundärbrennkammer mit einem Strömungskanal sowie ein Verfahren zu schaffen, die eine verbesserte Durchmischung eines Verbrennungsgasstroms mit Sekundärluft ermöglichen, um eine optimierte Nachverbrennung, insbesondere in einer Biomasseverbrennungseinrichtung, zu erreichen. Für die Durchmischung soll hierbei möglichst wenig Energie aufgewandt werden. Zusätzlich sollte die Sekundärbrennkammer einfach aufgebaut, kompakt, sicher im Betrieb und wartungsarm sein, sowie geringe Herstellkosten haben.

[0012] Erfindungsgemäß wird dies mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 und 9 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind den jeweiligen Unteransprüchen zu entnehmen.

[0013] Die Erfindung betrifft eine Sekundärbrennkammer mit einem Strömungskanal zur Nachverbrennung eines Verbrennungsgasstroms mittels Durchmischung mit Sekundärluft, wobei der Strömungskanal eine Strömungsrichtung für den Verbrennungsgasstrom vorgibt, wobei der Strömungskanal einen Querschnitt mit einer langen Seite und einer kurzen Seite hat, wobei wenigstens zwei Sekundärluftdüsen zur Eindüsung der Sekundärluft in den Strömungskanal münden, welche innerhalb eines Eindüsungsabschnitts des Strömungskanals angeordnet sind und nicht parallel zur Strömungsrichtung ausgerichtete Eindüsungsrichtungen aufweisen.

[0014] Erfindungsgemäß ist die lange Seite von zwei gegenüberliegenden langen Kanalwänden ausgebildet, wobei wenigstens zwei Sekundärluftdüsen an der ersten langen Kanalwand und wenigstens zwei Sekundärluftdüsen an der zweiten langen Kanalwand angeordnet sind. Durch eine solche gegenüberliegende Anordnung der Sekundärluftdüsen sind die Strömungswirbel besser ausbildbar, da in beide Richtungen zwischen den langen Kanalwänden Sekundärluft eingedüst wird.

[0015] Hierbei sind die an der ersten langen Kanalwand angeordneten Sekundärluftdüsen erfindungsgemäß jeweils versetzt um einen quer zur Strömungsrichtung ausgerichteten Versatzabstand zu den an der zweiten langen Kanalwand angeordneten Sekundärluftdüsen angeordnet. Zwischen zwei versetzt gegenüberliegenden Sekundärluftdüsen bildet sich dann jeweils ein Strömungswirbel aus, der von zwei Seiten in Rotation versetzt wird.

[0016] Das Eindüsen von Sekundärluft mit zwei Sekundärluftdüsen in dem Eindüsungsabschnitt ermöglicht die Ausbildung mehrerer benachbarter Strömungswirbel im Strömungskanal. Insbesondere setzen sich diese Wirbel im Wesentlichen parallel im Strömungskanal fort. In der Grenzzone zwischen zwei Wirbeln können sich weitere jedoch kleinere Nebenwirbel ausbilden. Einer der Haupteinflussparameter einer sauberen Verbrennung - nämlich die Durchmischung des Verbrennungsgases mit der Sekundärluft - kann so erheblich verbessert werden. Entsprechend steigt die Gasphasenoxidation und die Emission von Kohlenwasserstoff, Kohlenmonoxid und unverbrannten Partikeln sinkt. Mithin kann so zum Beispiel eine saubere Verbrennung von Biomasse erfolgen.

[0017] Zudem ist die Sekundärbrennkammer durch die verbesserte und sehr schnelle Durchmischung insgesamt kleiner ausbildbar. Dies verringert unter anderem den benötigten Bauraum und Materialkosten. Besonders vorteilhaft ist dabei zudem, dass durch eine kleinere Speichermasse in der Sekundärbrennkammer eine wesentlich schnellere Anfahrphase realisierbar ist. Die Verbrennungsgase erreichen so besonders schnell eine Temperatur in der Sekundärbrennkammer, bei der eine Nachverbrennung möglich ist. Die optimale Temperatur liegt hierbei oberhalb von 700 °C. Emissionen in der Anfahrphase werden somit vermieden.

[0018] Die erfindungsgemäße Eindüsung der Sekundärluft erfordert höchstens eine geringe Energiemenge, z.B. durch einen Strömungserzeuger wie ein Gebläse. Die Sekundärluftdüsen können dabei einfach aufgebaut sein, sodass die Sekundärbrennkammer wartungsarm, sicher im Betrieb und günstig fertigbar ist.

[0019] Die Bildung der Wirbel ist besonders gut, wenn die wenigstens zwei Sekundärluftdüsen in etwa gleichauf entlang der Strömungsrichtung liegend angeordnet sind. Eine Ausbildung der Erfindung sieht daher vor, dass zwei benachbarte Sekundärluftdüsen einen maximalen Abstand in Strömungsrichtung zueinander haben, der das Zweifache der Länge der kurzen Seite des Strömungskanalquerschnitts beträgt. Auf diese Weise ist verhinderbar, dass sich einer der Strömungswirbel über den gesamten Strömungsquerschnitt des Strömungskanals ausbreitet, denn seine Ausdehnung wird durch einen benachbarten Strömungswirbel blockiert (begrenzt). Die Strömungswirbel sind auch mit einer gleichen Intensität ausbildbar, sodass keiner der Strömungswirbel die benachbarten dominiert oder überlagert. Somit sind weitestgehend homogene, sowie gleichmäßig ausgebildete benachbarte Strömungswirbel realisierbar.

[0020] Besonders zu bevorzugen ist es, wenn die Sekundärluftdüsen tatsächlich gleichauf entlang der Strömungsrichtung liegend angeordnet sind. Mit anderen Worten sollten die Sekundärluftdüsen auf derselben Höhe entlang der Strömungsrichtung angeordnet sein, sodass diese durch eine einzige Ebene senkrecht zur Strömungsrichtung schneidbar sind. Auf diese Weise kann sich keiner der Wirbel über den gesamten Strömungsquerschnitt des Strömungskanals ausbreiten, denn seine Ausdehnung wird stets, d.h. schon ab dem Zeitpunkt der Eindüsung der Sekundärluft, durch einen benachbarten Strömungswirbel blockiert.

[0021] Besonders günstig ist eine Variante der Erfindung, bei der die Eindüsungsrichtungen wenigstens annähernd senkrecht zur Strömungsrichtung ausgerichtet sind. Bis zu 30 Grad Abweichung von der Senkrechten führen zu einer

guten Ausbildung der Strömungswirbel. Je senkrechter die Eindüsungsrichtung ausgerichtet ist, desto höhere Rotationsgeschwindigkeiten der Strömungswirbel sind erzielbar. Außerdem kommt es zu einer Scherung zwischen dem Verbrennungsgasstrom und dem Sekundärluftstrom, welche die Durchmischung erheblich verbessert.

[0022] Um eine möglichst gute Durchmischung des Verbrennungsgasstroms und der Sekundärluft zu erzielen, ist eine Ausgestaltung der Erfindung von besonderem Vorteil, bei welcher der Strömungskanal einen sich in der Strömungsrichtung an den Eindüsungsabschnitt anschließenden Mischabschnitt aufweist. In diesem Mischabschnitt sollen sich die Wirbel parallel und benachbart zueinander fortsetzen können. Deshalb sollte der Mischabschnitt keine oder nur geringe Richtungs- und/oder Querschnittsänderungen aufweisen. Die Länge des Mischabschnitts sollte auf die Strömungsgeschwindigkeiten der Sekundärluft und des Verbrennungsgasstroms ausgelegt sein, denn hiervon hängt entscheidend ab, wie weit sich die Strömungswirbel fortsetzen können. Reibung, Nebenwirbel und Ähnliches schwächen die Strömungswirbel nämlich mit zunehmender Entfernung vom Eindüsungsabschnitt ab. Der Mischabschnitt sollte dabei wenigstens dreimal so lang sein wie die Länge der kurzen Seite des Strömungskanals. Mithin sorgt der Mischabschnitt dafür, dass die Strömungswirbel zu einer maximalen Durchmischung des Verbrennungsgasstroms mit Sekundärluft führen. Entsprechend gering sind die Emissionen.

[0023] Die Vermischung des Verbrennungsgasstroms mit Sekundärluft wird in einer Version der Erfindung weiter dadurch verbessert, dass die kurze Seite von zwei gegenüberliegenden kurzen Kanalwänden ausgebildet ist, wobei wenigstens eine der kurzen Kanalwände nach außen gewölbt ist. Die Ausbildung einer gewölbten kurzen Außenwand erlaubt, dass ein rund ausgebildeter Strömungswirbel entlang der gesamten kurzen Wand rotieren kann. Es kommt nicht zu einer linearen Strömung in einer Ecke zwischen der kurzen Kanalwand und einer langen Kanalwand, in welche der Strömungswirbel nicht hineinreichen könnte. Somit kann sich hier auch kein undurchmischtes Verbrennungsgas durch den Strömungskanal bewegen. Idealerweise ist die wenigstens eine kurze Kanalwand dafür halbkreisförmig nach außen gewölbt.

[0024] Zur gleichmäßigen Verteilung der Wirbel ist es von besonderem Vorteil, wenn die lange Seite eine Länge (a) und die kurze Seite eine Länge (b) aufweisen, wobei die Länge (a) der langen Seite ungefähr der Länge (b) der kurzen Seite multipliziert mit der Anzahl der Sekundärluftdüsen abzüglich einer entspricht. Dies bedeutet:

$$\text{Länge (a)} \approx \text{Länge (b)} \times (\text{Anzahl der Sekundärluftdüsen} - 1)$$

[0025] Die gewählten Verhältnisse der Längen und der Anzahl der Sekundärluftdüsen führen dazu, dass genau ein Strömungswirbel weniger innerhalb des Strömungskanals ausgebildet wird, als Sekundärluftdüsen vorhanden sind. Dabei können sich die Strömungswirbel kreisrund im Strömungskanal fortsetzen und der Durchmesser von diesen entspricht der Länge der kurzen Seite. Somit erfolgt eine bestmögliche Durchmischung über den gesamten Querschnitt des Strömungskanals. Außerdem kann jeder Wirbel in zwei Richtungen durch Sekundärluft in Rotation versetzt werden. Hierfür sollten die Sekundärluftdüsen gleichmäßig um einen konstanten Versatzabstand versetzt über die lange Seite verteilt sein. D.h. zum Beispiel, dass zwei an einer der Kanalwände angeordnete Sekundärluftdüsen einen quer zur Strömungsrichtung ausgerichteten Abstand von einander haben, welcher dem Zweifachen des Versatzabstandes entspricht. Jeweils mittig zwischen den Sekundärluftdüsen an einer der langen Kanalwände sitzt dann gegenüberliegend an der anderen Kanalwand eine weitere Sekundärluftdüse.

[0026] Dass die Länge (a) der langen Seite nur ungefähr der Länge (b) der kurzen Seite multipliziert mit der Anzahl der Sekundärluftdüsen abzüglich einer entsprechen sollte, liegt darin begründet, dass sich die Wirbel auch problemlos leicht elliptisch ausbilden lassen. Deshalb kann die Länge (a) auch ohne große Nachteile zu erleiden, um bis zur Hälfte der Länge (b) der kurzen Seite vom Sollwert abweichen. Eine zu starke elliptische Ausbildung führt zu mehr Scherung im Gasstrom, was ebenfalls zu positiven Mischeffekten führen kann, letztlich jedoch ein unerwünscht schnelleres Abklingen der Rotation verursacht.

[0027] Die Erfindung entfaltet ihr volles Potential der Durchmischung des Verbrennungsgasstroms mit der Sekundärluft, wenn wenigstens vier Sekundärluftdüsen, bevorzugt jedoch wenigstens sechs Sekundärluftdüsen in den Strömungskanal münden. Zwei oder drei Sekundärluftdüsen sind zwar preiswerter herstellbar, die Mehrkosten pro Sekundärluftdüse halten sich jedoch im Rahmen. Unabhängig von der Anzahl der Sekundärluftdüsen können diese von einem einzigen Strömungserzeuger mit Sekundärluft gespeist werden. Die verbesserte Durchmischung beruht bei einer höheren Anzahl an Sekundärluftdüsen insbesondere auf dem Verhältnis von zentralen Strömungswirbeln zu Strömungswirbeln, welche an die kurzen Kanalwände angrenzen. Die zentralen Strömungswirbel kollidieren auf zwei Seiten mit benachbarten Wirbeln, wodurch die Durchmischung intensiviert wird.

[0028] Ferner ist eine Ausbildung der Erfindung von besonderem Vorteil, bei welcher der Strömungskanal in eine Brennkammer mündet, wobei die Brennkammer bevorzugt eine Zyklonbrennkammer ist. Mit zunehmendem Abstand von den Sekundärluftdüsen nimmt die Rotationsgeschwindigkeit der Strömungswirbel ab, bis kaum noch eine Durchmischung des Verbrennungsgases mit Sekundärluft erzielt wird. Durch eine Einleitung in eine Brennkammer kann eine

Änderung der Strömungsrichtung herbeigeführt werden und die Durchmischung des Verbrennungsgasstroms mit der verbliebenen Sekundärluft, sowie die Sekundärverbrennung werden weiter fortgesetzt. Sehr vorteilhaft ist dabei, dass die verbliebene Sekundärluft schon gut innerhalb des Verbrennungsgasstroms verteilt ist, bevor letzteres überhaupt in die Brennkammer mündet. Dementsprechend kann die Brennkammer relativ klein ausgebildet sein, da die Nachverbrennung schneller abläuft. Als besonders vorteilhaft erweist sich der Einsatz einer Zyklonbrennkammer, bei welcher der eingeleitete Gasstrom durch Rotation um eine Achse und damit verbundenen Reibungen, Scherungen und ähnliches nochmals gut durchmengt und nachverbrannt werden kann.

[0029] Schließlich erfolgt die Anordnung des Strömungskanals zur Zyklonbrennkammer vorzugsweise exzentrisch, ggf. auch tangential, und nicht parallel zur Rotationsachse der Zyklonbrennkammer. Dabei sollte die Zyklonbrennkammer selbst rotationssymmetrisch um die Rotationsachse ausgebildet sein.

[0030] Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Betrieb einer Sekundärbrennkammer mit einem Strömungskanal zur Nachverbrennung eines Verbrennungsgasstroms mittels Durchmischung mit Sekundärluft, wobei der Strömungskanal eine Strömungsrichtung für den Verbrennungsgasstrom vorgibt, wobei der Strömungskanal einen Querschnitt mit einer langen Seite und einer kurzen Seite hat, wobei wenigstens zwei Sekundärluftdüsen zur Eindüsung der Sekundärluft in den Strömungskanal münden, welche innerhalb eines Eindüsungsabschnitts des Strömungskanals angeordnet sind und nicht parallel zur Strömungsrichtung ausgerichtete Eindüsungsrichtungen aufweisen, und wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- Einleiten von Verbrennungsgas in den Strömungskanal mit einer Strömungsgeschwindigkeit in Strömungsrichtung,
- Einleiten von Sekundärluft durch die Sekundärluftdüsen in den Strömungskanal mit einer Eindüsungsgeschwindigkeit,
- Ausbilden von wenigstens zwei parallelen Strömungswirbeln im Strömungskanal.

[0031] Diese Strömungswirbel setzen sich im Wesentlichen parallel im Strömungskanal fort. In der Grenzzone zwischen zwei Wirbeln können sich weitere jedoch kleinere Nebenwirbel ausbilden. Einer der Haupteinflussparameter einer sauberen Verbrennung - nämlich die Durchmischung des Verbrennungsgases mit der Sekundärluft - kann erfindungsgemäß erheblich verbessert werden. Entsprechend steigt die Gasphasenoxidation und die Emission von Kohlenwasserstoff, Kohlenmonoxid und unverbrannten Partikeln sinkt. Mithin kann so zum Beispiel eine saubere Verbrennung von Biomasse erfolgen.

[0032] Zudem ist die Sekundärbrennkammer durch die verbesserte und sehr schnelle Durchmischung insgesamt kleiner ausbildbar. Dies verringert unter anderem den benötigten Bauraum und Materialkosten. Besonders vorteilhaft ist dabei zudem, dass durch eine kleinere Speichermasse in der Sekundärbrennkammer eine wesentlich schnellere Anfahrphase realisierbar ist. Die Verbrennungsgase erreichen so besonders schnell eine Temperatur in der Sekundärbrennkammer, bei der eine Nachverbrennung möglich ist. Die optimale Temperatur liegt hierbei oberhalb von 700 °C. Emissionen in der Anfahrphase werden somit vermieden.

[0033] Die erfindungsgemäße Einleitung der Sekundärluft erfordert höchstens eine geringe Energiemenge, z.B. durch einen Strömungserzeuger wie ein Gebläse. Die Sekundärluftdüsen können dabei einfach aufgebaut sein, sodass das Verfahren mit einer wartungsarmen Sekundärbrennkammer durchführbar ist, welche zudem sicher im Betrieb und günstig fertigbar ist.

[0034] Eine wichtige Verfahrensalternative der Erfindung sieht dabei vor, dass die Eindüsungsgeschwindigkeit der Sekundärluft wenigstens halb so groß und höchstens viermal so groß ist wie die Strömungsgeschwindigkeit des Verbrennungsgases. Hierdurch können stabile Strömungswirbel ausgebildet werden, welche zu einer guten Durchmischung des Verbrennungsgases mit Sekundärluft führen.

[0035] Die Zeichnungen stellen Ausführungsbeispiele der Erfindung dar und zeigen in

Fig. 1 einen Querschnitt durch einen Strömungskanal mit vier Sekundärluftdüsen;
Fig. 2 einen Querschnitt durch einen Strömungskanal mit sechs Sekundärluftdüsen; und
Fig. 3 eine schematische Ansicht einer Sekundärbrennkammer.

[0036] Fig. 1 zeigt einen Querschnitt durch eine Sekundärbrennkammer, und insbesondere eine Schnittansicht E-E, wie sie in Figur 3 durch den Strömungskanal 1 der Sekundärbrennkammer gekennzeichnet ist. Der Strömungskanal 1 dient der Nachverbrennung eines Verbrennungsgasstroms G mittels Durchmischung mit Sekundärluft L. Hierfür gibt der Strömungskanal 1 zunächst einmal eine Strömungsrichtung für den Verbrennungsgasstrom G vor, in dessen Richtung sich das Verbrennungsgas G mit einer Strömungsgeschwindigkeit v_G bewegt.

[0037] Wie man erkennt, münden vier Sekundärluftdüsen 11, 12, 13, 14 zur Eindüsung der Sekundärluft L in den Strömungskanal 1. Diese sind alle innerhalb eines Eindüsungsabschnitts 2 des Strömungskanals 1 angeordnet. Insbesondere sind die Sekundärluftdüsen 11, 12, 13, 14 alle von der Ebene E-E geschnitten und liegen somit alle gleichauf entlang des Strömungskanals 1. Weiterhin weisen sie nicht parallel zur Strömungsrichtung R ausgerichtete Eindüsungs-

richtungen R1, R2, R3, R4 auf. Vielmehr sind die Eindüsungsrichtungen R1, R2, R3, R4 senkrecht zur Strömungsrichtung des Verbrennungsgases G ausgerichtet.

[0038] Der Strömungskanal 1 hat einen Querschnitt mit einer langen Seite 5 und einer kurzen Seite 6. Die kurze Seite 6 ist von zwei gegenüberliegenden kurzen Kanalwänden 61, 62 ausgebildet, welche beide nach außen gewölbt sind. Insbesondere sind diese halbkreisförmig nach außen gewölbt.

[0039] Ferner haben die lange Seite 5 eine Länge a und die kurze Seite 6 eine Länge b, wobei die Länge a der langen Seite 5 ungefähr der Länge b der kurzen Seite 6 multipliziert mit der Anzahl der Sekundärluftdüsen 11, 12, 13, 14 abzüglich einer entspricht. Das heißt in der gezeigten Ausführung, dass die lange Seite 5 eine Länge a hat, welche in etwa dreimal so lang ist wie die Länge b der kurzen Seite 6.

[0040] Die lange Seite 5 wird von zwei gegenüberliegenden langen Kanalwänden 51, 52 ausgebildet, wobei zwei Sekundärluftdüsen 12, 14 an der ersten langen Kanalwand 51 und zwei Sekundärluftdüsen 11, 13 an der zweiten langen Kanalwand 52 angeordnet sind. Hierbei sind die an der ersten langen Kanalwand 51 angeordneten Sekundärluftdüsen 12, 14 jeweils versetzt um einen quer zur Strömungsrichtung des Verbrennungsgases G ausgerichteten Versatzabstand c zu den an der zweiten langen Kanalwand 52 angeordneten Sekundärluftdüsen 11, 13 angeordnet. Der Abstand e zwischen zwei auf einer Seite angeordneten Sekundärluftdüsen 11, 13 oder 12, 14 beträgt entsprechend dem Zweifachen des Versatzabstandes c. Schließlich sind die am nächsten zu den kurzen Kanalwänden 61, 62 angeordneten Sekundärluftdüsen 11, 14 nicht ganz außen angeordnet, sondern diese haben einen Abstand d zum am weitesten außen liegenden Punktes der kurzen Kanalwände 61, 62.

[0041] Gleichzeitig zum Verbrennungsgas G, welches mit der Strömungsgeschwindigkeit v_G durch den Strömungskanal 1 strömt, kann nunmehr Sekundärluft L mit einer Eindüsungsgeschwindigkeit v_L durch die Sekundärluftdüsen 11, 12, 13, 14 in den Strömungskanal 1 eingeleitet werden. Durch die gegenüberliegend angeordneten Sekundärluftdüsen 11, 12, 13, 14 und die Versatzabstände c entstehen 3 parallele Strömungswirbel W, wobei benachbart angeordnete Strömungswirbel W jeweils eine gegenläufige Rotationsrichtung haben. Die Rotationsgeschwindigkeiten der Strömungswirbel W werden so kaum abgebremst und können sich sehr weit parallel zueinander fortsetzen, insbesondere in einem nicht dargestellten Mischabschnitt.

[0042] Um gute stabile Strömungswirbel W und ein gutes Verhältnis der Anteile von Verbrennungsgas G und Sekundärluft L zu erreichen, sollte die Eindüsungsgeschwindigkeit v_L der Sekundärluft L wenigstens halb so groß und höchstens viermal so groß sein wie die Strömungsgeschwindigkeit v_G des Verbrennungsgases G. Zusätzlich können hierfür die Querschnittsflächen des Strömungskanals 1 und die kumulierte Querschnittsfläche der Sekundärluftdüsen 11, 12, 13, 14 aufeinander abgestimmt sein. Durch die Durchmischung des Verbrennungsgases G mit Sekundärluft L wird das Verbrennungsgas G im Strömungskanal 1 nachverbrannt.

[0043] Fig. 2 zeigt ebenfalls einen Querschnitt durch eine Sekundärbrennkammer, und insbesondere eine Schnittansicht E-E wie sie in Figur 3 durch den Strömungskanal 1 der Sekundärbrennkammer gekennzeichnet ist. Der Strömungskanal 1 dient der Nachverbrennung eines Verbrennungsgasstroms G mittels Durchmischung mit Sekundärluft L. Hierfür gibt der Strömungskanal 1 zunächst einmal eine Strömungsrichtung für den Verbrennungsgasstrom G vor, in dessen Richtung sich das Verbrennungsgas G mit einer Strömungsgeschwindigkeit v_G bewegt.

[0044] Wie man erkennt, münden sechs Sekundärluftdüsen 11, 12, 13, 14, 15, 16 zur Eindüsung der Sekundärluft L in den Strömungskanal 1. Diese sind alle innerhalb eines Eindüsungsabschnitts 2 des Strömungskanals 1 angeordnet. Insbesondere sind die Sekundärluftdüsen 11, 12, 13, 14, 15, 16 alle von der Ebene E-E geschnitten und liegen somit alle gleichauf entlang des Strömungskanals 1. Weiterhin weisen sie nicht parallel zur Strömungsrichtung R ausgerichtete Eindüsungsrichtungen R1, R2, R3, R4, R5, R6 auf. Vielmehr sind die Eindüsungsrichtungen R1, R2, R3, R4, R5, R6 senkrecht zur Strömungsrichtung des Verbrennungsgases G ausgerichtet.

[0045] Der Strömungskanal 1 hat einen Querschnitt mit einer langen Seite 5 und einer kurzen Seite 6. Die kurze Seite 6 ist von zwei gegenüberliegenden kurzen Kanalwänden 61, 62 ausgebildet, welche beide nach außen gewölbt sind. Insbesondere sind diese halbkreisförmig nach außen gewölbt.

[0046] Die lange Seite 5 wird von zwei gegenüberliegenden langen Kanalwänden 51, 52 ausgebildet, wobei zwei Sekundärluftdüse 13, 15 an der ersten langen Kanalwand 51 und zwei Sekundärluftdüse 12, 14 an der zweiten langen Kanalwand 52 angeordnet sind. Die verbleibenden zwei Sekundärluftdüsen 11, 16 sind jeweils an einer der kurzen Kanalwände 61, 62 angeordnet. Hier mündet Sekundärluftdüse 16 tangential in die halbkreisförmige Wölbung von der zweiten kurzen Kanalwand 62. Schließlich ist Sekundärluftdüse 16 auch ganz außen angeordnet, sodass kein Abstand zum am weitesten außen liegenden Punkt der zweiten kurzen Kanalwand 62 vorliegt. Sekundärluftdüse 11 mündet exzentrisch, jedoch nicht tangential in die halbkreisförmige Wölbung der ersten kurzen Kanalwand 61 und ist dabei nicht senkrecht zu den langen Kanalwänden 51, 52 ausgerichtet.

[0047] Die an der ersten langen Kanalwand 51 angeordneten Sekundärluftdüsen 12, 14 und die an der zweiten kurzen Kanalwand 62 angeordnete Sekundärluftdüse 16 sind jeweils versetzt um einen quer zur Strömungsrichtung des Verbrennungsgases G ausgerichteten Versatzabstand zu den an der zweiten langen Kanalwand 52 angeordneten Sekundärluftdüsen 13, 15 sowie der an der ersten kurzen Kanalwand 61 angeordneten Sekundärluftdüse 11 angeordnet.

[0048] Gleichzeitig zum Verbrennungsgas G, welches mit der Strömungsgeschwindigkeit v_G durch den Strömungs-

kanal 1 strömt, kann nunmehr Sekundärluft L mit einer Eindüsungsgeschwindigkeit v_L durch die Sekundärluftdüsen 11, 12, 13, 14, 15, 16 in den Strömungskanal 1 eingeleitet werden. Durch die gegenüberliegend angeordneten Sekundärluftdüsen 11, 12, 13, 14, 15, 16 und die Versatzabstände entstehen fünf benachbart angeordnete Strömungswirbel W mit jeweils gegenläufigen Rotationsrichtungen. Die Rotationsgeschwindigkeiten der Strömungswirbel W werden so kaum abgebremst und können sich sehr weit parallel zueinander fortsetzen, insbesondere in einem nicht dargestellten Mischabschnitt.

[0049] Um gute stabile Strömungswirbel W und ein gutes Verhältnis der Anteile von Verbrennungsgas G und Sekundärluft L zu erreichen, sollte die Eindüsungsgeschwindigkeit v_L der Sekundärluft L wenigstens halb so groß und höchstens viermal so groß sein wie die Strömungsgeschwindigkeit v_G des Verbrennungsgases G. Durch die Durchmischung des Verbrennungsgases G mit Sekundärluft L wird das Verbrennungsgas G im Strömungskanal 1 nachverbrannt.

[0050] Fig.3 zeigt eine Sekundärbrennkammer 100 mit einem Strömungskanal 1 zur Nachverbrennung eines Verbrennungsgasstroms G mittels Durchmischung mit Sekundärluft L. Der Strömungskanal 1 gibt eine Strömungsrichtung R für den Verbrennungsgasstrom G vor. Dabei hat der Strömungskanal 1 einen Querschnitt mit einer langen Seite sowie einer kurzen Seite und auf der zum Betrachter zeigenden Seite münden zwei Sekundärluftdüsen 11, 12 zur Eindüsung der Sekundärluft L in den Strömungskanal 1. Die Sekundärluftdüsen 11, 12 sind innerhalb eines Eindüsungsabschnitts 2 des Strömungskanals 1 angeordnet und weisen nicht parallel zur Strömungsrichtung R ausgerichtete Eindüsungsrichtungen auf. Sie sind dabei in der Strömungsrichtung R parallel zueinander angeordnet, bzw. liegen gleichauf entlang des Strömungskanals 1. Somit sind sie von einer einzigen Ebene E-E senkrecht zur Strömungsrichtung R schneidbar.

[0051] Weiterhin weist der Strömungskanal 1 einen sich in der Strömungsrichtung R an den Eindüsungsabschnitt 2 anschließenden Mischabschnitt M auf. Mit diesem mündet der Strömungskanal 1 schließlich in eine als Zyklonbrennkammer ausgebildete Brennkammer 102. Insbesondere mündet der Strömungskanal 1 quer zur Rotationsachse der Zyklonbrennkammer in diese. Ob tangential und/oder exzentrisch ist in der Abbildung nicht erkennbar.

[0052] Ein in einer Primärkammer 101 erzeugtes Verbrennungsgas G kann nunmehr mit einer in Strömungsrichtung R ausgerichteten Strömungsgeschwindigkeit v_G durch eine Eintrittsöffnung 3 in den Strömungskanal 1 eingeleitet werden. Gleichzeitig ist Sekundärluft L mit einer Eindüsungsgeschwindigkeit v_L durch die Sekundärluftdüsen 11, 12 in den Strömungskanal 1 einleitbar. Hierdurch bilden sich parallele Strömungswirbel im Strömungskanal 1 aus und setzen sich im Mischabschnitt M parallel fort. Mit zunehmendem Fortschritt in Strömungsrichtung R nimmt dabei die Rotationsgeschwindigkeit der Strömungswirbel ab. Anschließend verlässt das Verbrennungsgas G gut durchmischt mit Sekundärluft L den Strömungskanal 1 durch eine Austrittsöffnung 4 und strömt in die Brennkammer 102 ein. Sowohl im Strömungskanal 1 als auch in der Brennkammer 102 kann das Verbrennungsgas G dabei nachverbrannt werden. Dies ist insbesondere abhängig von der Temperatur des Verbrennungsgases G, die nach einem Brennerstart aufgrund der geringen Volumina der Sekundärbrennkammer 100 schnell ansteigt. Überschreitet das Verbrennungsgas G eine bestimmte Temperatur, entzündet es sich selbstständig bei der Anreicherung mit Sekundärluft L.

[0053] Um gute stabile Strömungswirbel und ein gutes Verhältnis der Anteile von Verbrennungsgas G und Sekundärluft L zu erreichen, sollte die Eindüsungsgeschwindigkeit v_L der Sekundärluft L wenigstens halb so groß und höchstens viermal so groß sein wie die Strömungsgeschwindigkeit v_G des Verbrennungsgases G.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0054]

1	Strömungskanal	E	Ebene
2	Eindüsungsabschnitt	G	Verbrennungsgasstrom
3	Eintrittsöffnung	L	Sekundärluft
4	Austrittsöffnung	M	Mischabschnitt
5	lange Seite	R	Strömungsrichtung
6	kurze Seite	R1	Eindüsungsrichtung der ersten Sekundärluftdüse
11	erste Sekundärluftdüse	R2	Eindüsungsrichtung der zweiten Sekundärluftdüse
12	zweite Sekundärluftdüse		
13	dritte Sekundärluftdüse	R3	Eindüsungsrichtung der dritten Sekundärluftdüse
14	vierte Sekundärluftdüse		
15	fünfte Sekundärluftdüse	R4	Eindüsungsrichtung der vierten Sekundärluftdüse
16	sechste Sekundärluftdüse		
		R5	Eindüsungsrichtung der fünften Sekundärluftdüse
51	erste lange Kanalwand		

(fortgesetzt)

52	zweite lange Kanalwand	R6	Eindüsungsrichtung der sechsten Sekundärluftdüse
61	erste kurze Kanalwand	V_G	Strömungsgeschwindigkeit des Verbrennungsgasstroms
62	zweite kurze Kanalwand	V_L	Eindüsungsgeschwindigkeit der Sekundärluft
100	Sekundärbrennkammer		
101	Primärbrennkammer	W	Strömungswirbel
102	Brennkammer		

a	Länge der langen Seite
b	Länge der kurzen Seite
c	Versatzabstand zwischen zwei Sekundärluftdüsen
d	Abstand von den äußeren Sekundärluftdüsen zum Rand
e	Abstand von zwei auf einer Seite angeordneten Sekundärluftdüsen

Patentansprüche

1. Sekundärbrennkammer (100) mit einem Strömungskanal (1) zur Nachverbrennung eines Verbrennungsgasstroms (G) mittels Durchmischung mit Sekundärluft (L), wobei der Strömungskanal (1) eine Strömungsrichtung (R) für den Verbrennungsgasstrom (G) vorgibt,
wobei der Strömungskanal (1) einen Querschnitt mit einer langen Seite (5) und einer kurzen Seite (6) hat, wobei wenigstens zwei Sekundärluftdüsen (11, 12, 13, 14, 15, 16) zur Eindüsung der Sekundärluft (L) in den Strömungskanal (1) münden, welche innerhalb eines Eindüsungsabschnitts (2) des Strömungskanals (1) angeordnet sind und nicht parallel zur Strömungsrichtung (R) ausgerichtete Eindüsungsrichtungen (R1, R2, R3, R4, R5, R6) aufweisen, wobei
die lange Seite (5) von zwei gegenüberliegenden langen Kanalwänden (51, 52) ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei Sekundärluftdüsen (11, 12, 13, 14, 15, 16) an der ersten langen Kanalwand (51) und wenigstens zwei Sekundärluftdüsen (11, 12, 13, 14, 15, 16) an der zweiten langen Kanalwand (52) angeordnet sind, und wobei die an der ersten langen Kanalwand (51) angeordneten Sekundärluftdüsen (11, 12, 13, 14, 15, 16) jeweils versetzt um einen quer zur Strömungsrichtung (R) ausgerichteten Versatzabstand (c) zu den an der zweiten langen Kanalwand (52) angeordneten Sekundärluftdüsen (11, 12, 13, 14, 15, 16) angeordnet sind.

2. Sekundärbrennkammer (100) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass zwei benachbarte Sekundärluftdüsen (11, 12, 13, 14, 15, 16) einen maximalen Abstand in Strömungsrichtung (R) zueinander haben, der das Zweifache der Länge der kurzen Seite (6) beträgt.

3. Sekundärbrennkammer (100) nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass die Eindüsungsrichtungen (R1, R2, R3, R4, R5, R6) wenigstens annähernd senkrecht zur Strömungsrichtung (R) ausgerichtet sind.

4. Sekundärbrennkammer (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Strömungskanal (1) einen sich in der Strömungsrichtung (R) an den Eindüsungsabschnitt (2) anschließenden Mischabschnitt (M) aufweist.

5. Sekundärbrennkammer (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die kurze Seite (6) von zwei gegenüberliegenden kurzen Kanalwänden (61, 62) ausgebildet ist, wobei wenigstens eine der kurzen Kanalwände (61, 62) nach außen gewölbt ist.

6. Sekundärbrennkammer (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die lange Seite (5) eine Länge (a) und die kurze Seite (6) eine Länge (b) aufweisen, wobei die Länge (a) der langen Seite (5) ungefähr der Länge (b) der kurzen Seite (6) multipliziert mit der Anzahl der Sekundärluftdüsen (11, 12, 13, 14, 15, 16) abzüglich einer entspricht.

7. Sekundärbrennkammer (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens vier Sekundärluftdüsen (11, 12, 13, 14, 15, 16) in den Strömungskanal (1) münden.

8. Sekundärbrennkammer (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Strömungskanal (1) in eine Zyklonbrennkammer (102) mündet.

9. Verfahren zum Betrieb einer Sekundärbrennkammer (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte:

a) Einleiten von Verbrennungsgas (G) in den Strömungskanal (1) mit einer Strömungsgeschwindigkeit (v_G) in Strömungsrichtung (R),
b) Einleiten von Sekundärluft (L) **durch** die Sekundärluftdüsen (11, 12, 13, 14, 15, 16) in den Strömungskanal (1) mit einer Eindüsungsgeschwindigkeit (v_L),
c) Ausbilden von wenigstens zwei parallelen Strömungswirbeln (W) im Strömungskanal (1).

10. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, dass die Eindüsungsgeschwindigkeit (v_L) der Sekundärluft (L) wenigstens halb so groß und höchstens viermal so groß ist wie die Strömungsgeschwindigkeit (v_G) des Verbrennungsgases (G).

Claims

1. Secondary combustion chamber (100) having a flow duct (1) for the recombustion of a combustion gas stream (G) by mixing with secondary air (L), wherein the flow duct (1) predefines a flow direction (R) for the combustion gas stream (G),
wherein the flow duct (1) has a cross section with a long side (5) and with a short side (6), wherein at least two secondary air nozzles (11, 12, 13, 14, 15, 16) for injection of the secondary air (L) issue into the flow duct (1), which secondary air nozzles are arranged within an injection section (2) of the flow duct (1) and have injection directions (R1, R2, R3, R4, R5, R6) oriented non-parallel with respect to the flow direction (R), wherein
the long side (5) is formed by two opposite long duct walls (51, 52), **characterized in that** at least two secondary air nozzles (11, 12, 13, 14, 15, 16) are arranged on the first long duct wall (51) and at least two secondary air nozzles (11, 12, 13, 14, 15, 16) are arranged on the second long duct wall (52), and wherein the secondary air nozzles (11, 12, 13, 14, 15, 16) arranged on the first long duct wall (51) are arranged in each case so as to be offset, by an offset distance (c) oriented perpendicular to the flow direction (R), with respect to the secondary air nozzles (11, 12, 13, 14, 15, 16) arranged on the second long duct wall (52).

2. Secondary combustion chamber (100) according to Claim 1,
characterized in that two adjacent secondary air nozzles (11, 12, 13, 14, 15, 16) have a maximum distance to one another, as viewed in the flow direction (R), of two times the length of the short side (6).

3. Secondary combustion chamber (100) according to either of Claims 1 and 2,
characterized in that the injection directions (R1, R2, R3, R4, R5, R6) are oriented at least approximately perpendicular to the flow direction (R).

4. Secondary combustion chamber (100) according to one of the preceding claims,
characterized in that the flow duct (1) has a mixing section (M) which adjoins the injection section (2) as viewed in the flow direction (R).

5. Secondary combustion chamber (100) according to one of the preceding claims,
characterized in that the short side (6) is formed by two opposite short duct walls (61, 62), wherein at least one of the short duct walls (61, 62) is bulged outward.

6. Secondary combustion chamber (100) according to one of the preceding claims,
characterized in that the long side (5) has a length (a) and the short side (6) has a length (b), wherein the length (a) of the long side (5) corresponds approximately to the length (b) of the short side (6) multiplied by the number of secondary air nozzles (11, 12, 13, 14, 15, 16) minus one.

7. Secondary combustion chamber (100) according to one of the preceding claims, **characterized in that** at least four secondary air nozzles (11, 12, 13, 14, 15, 16) issue into the flow duct (1).

8. Secondary combustion chamber (100) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the flow duct (1) issues into a cyclone combustion chamber (102).

9. Method for operating a secondary combustion chamber (100) according to one of Claims 1 to 8, **characterized by** the following steps:

a) introducing combustion gas (G) into the flow duct (1) with a flow speed (v_G) in the flow direction (R),
b) introducing secondary air (L) into the flow duct (1) with an injection speed (v_L) through the secondary air nozzles (11, 12, 13, 14, 15, 16),
c) generating at least two parallel flow vortices (W) in the flow duct (1).

10. Method according to Claim 9, **characterized in that** the injection speed (v_L) of the secondary air (L) is at least half, and at most four times, the flow speed (v_G) of the combustion gas (G).

Revendications

1. Chambre de combustion secondaire (100) avec un canal d'écoulement (1) pour la postcombustion d'un flux de gaz de combustion (G) au moyen d'un mélange avec de l'air secondaire (L), le canal d'écoulement (1) prédéfinissant une direction d'écoulement (R) pour le flux de gaz de combustion (G),
le canal d'écoulement (1) présentant une section transversale avec un côté long (5) et un côté court (6), au moins deux buses d'air secondaire (11, 12, 13, 14, 15, 16) débouchant dans le canal d'écoulement (1) pour injecter l'air secondaire (L), lesquelles buses d'air secondaire étant disposées à l'intérieur d'une section d'injection (2) du canal d'écoulement (1) et présentant des directions d'injection (R1, R2, R3, R4, R5, R6) orientées non parallèlement à la direction d'écoulement (R),
le côté long (5) étant réalisé par deux parois de canal longues opposées (51, 52), **caractérisée en ce qu'**au moins deux buses d'air secondaire (11, 12, 13, 14, 15, 16) sont disposées au niveau de la première paroi de canal longue (51) et au moins deux buses d'air secondaire (11, 12, 13, 14, 15, 16) sont disposées au niveau de la deuxième paroi de canal longue (52) et les buses d'air secondaire (11, 12, 13, 14, 15, 16) disposées au niveau de la première paroi de canal longue (51) étant disposées à chaque fois de manière décalée d'une distance de décalage (c) orientée transversalement à la direction d'écoulement (R) par rapport aux buses d'air secondaire (11, 12, 13, 14, 15, 16) disposées au niveau de la deuxième paroi de canal longue (52).

2. Chambre de combustion secondaire (100) selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** deux buses d'air secondaire adjacentes (11, 12, 13, 14, 15, 16) présentent entre elles une distance maximale dans la direction d'écoulement (R) qui vaut le double de la longueur du côté court (6).

3. Chambre de combustion secondaire (100) selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, **caractérisée en ce que** les directions d'injection (R1, R2, R3, R4, R5, R6) sont orientées au moins approximativement perpendiculairement à la direction d'écoulement (R).

4. Chambre de combustion secondaire (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le canal d'écoulement (1) présente une section de mélange (M) se raccordant à la section d'injection (2) dans la direction d'écoulement (R).

5. Chambre de combustion secondaire (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le côté court (6) est réalisé par deux parois de canal courtes opposées (61, 62), au moins l'une des parois de canal courtes (61, 62) étant courbée vers l'extérieur.

6. Chambre de combustion secondaire (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le côté long (5) présente une longueur (a) et le côté court (6) présente une longueur (b), la longueur (a) du côté long (5) correspondant approximativement à la longueur (b) du côté court (6) multipliée par le nombre des buses d'air secondaire (11, 12, 13, 14, 15, 16) moins un.

7. Chambre de combustion secondaire (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'**au moins quatre buses d'air secondaire (11, 12, 13, 14, 15, 16) débouchent dans le canal d'écoulement (1).

8. Chambre de combustion secondaire (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le canal d'écoulement (1) débouche dans une chambre de combustion à cyclone (102).

9. Procédé pour faire fonctionner une chambre de combustion secondaire (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé par** les étapes suivantes :

a) introduction de gaz de combustion (G) dans le canal d'écoulement (1) à une vitesse d'écoulement (v_G) dans la direction d'écoulement (R),
b) introduction d'air secondaire (L) à travers les buses d'air secondaire (11, 12, 13, 14, 15, 16) dans le canal d'écoulement (1) à une vitesse d'injection (v_L),
c) réalisation d'au moins deux tourbillons d'écoulement parallèles (W) dans le canal d'écoulement (1).

10. Procédé selon la revendication 9,
caractérisé en ce que la vitesse d'injection (v_L) de l'air secondaire (L) est au moins deux fois plus petite et au maximum quatre fois plus grande que la vitesse d'écoulement (v_G) du gaz de combustion (G).

Fig. 1

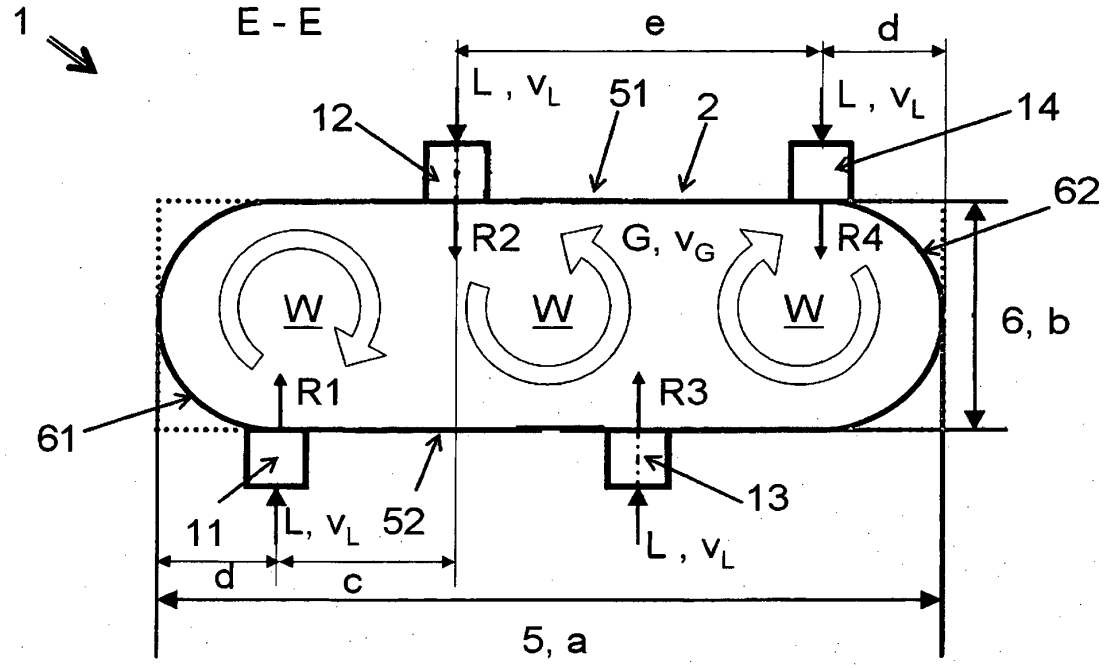

1
E - E
e
d
L , v_L
51
2
L , v_L
14
12
62
R2
G, v_G
R4
W
W
W
6, b
R1
R3
61
13
11
L, v_L
52
L , v_L
d
c
5, a

Fig. 2

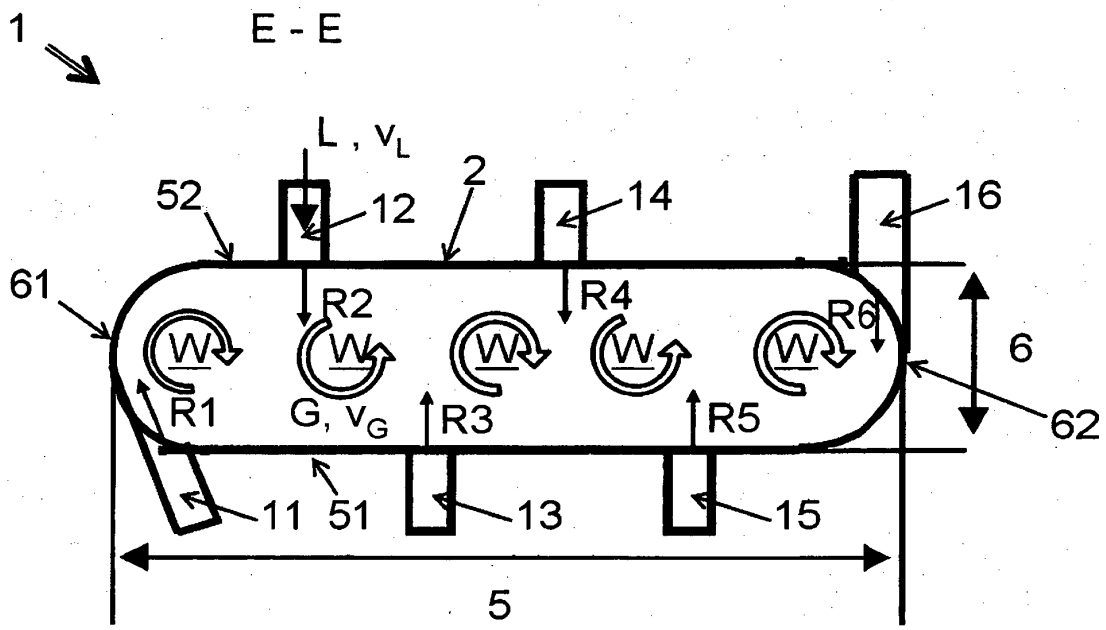
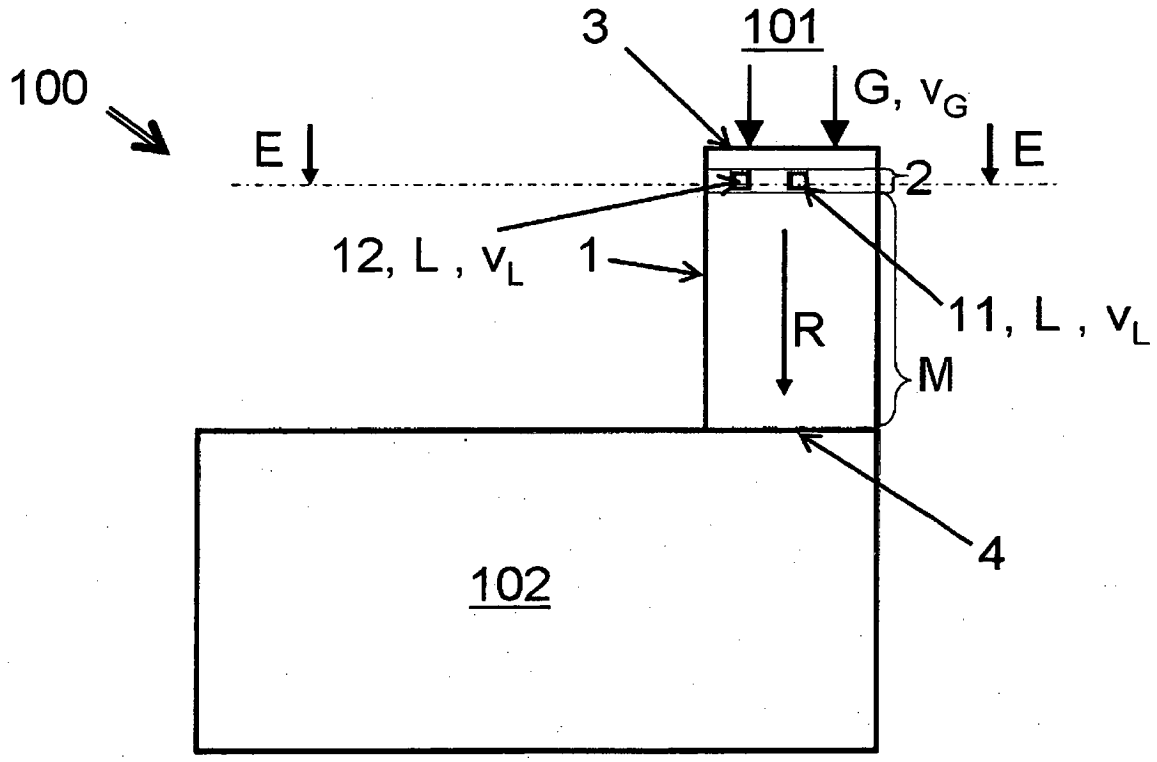

1
E - E
L , v_L
52
12
2
14
16
61
R2
R4
R6
W
W
W
W
W
6
R1
G, v_G
R3
R5
62
11
51
13
15
5

Fig. 3



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 4021005 C1 **[0006]**
- GB 2199929 A **[0009]**
- US 3875874 A **[0010]**