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

(11) **EP 2 058 590 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
23.03.2016 Patentblatt 2016/12

(51) Int Cl.:
F23C 7/00 *(2006.01)* ***F23D 11/40*** *(2006.01)*
F23D 17/00 *(2006.01)* ***F23R 3/28*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **08168235.3**

(22) Anmeldetag: **04.11.2008**

(54) Verfahren zum Betrieb eines Brenners

Method for operating a burner

Procédé de fonctionnement d'un brûleur

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

(30) Priorität: **09.11.2007 CH 17382007**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.05.2009 Patentblatt 2009/20

(73) Patentinhaber: **ALSTOM Technology Ltd**
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder:
- **Eroglu, Adnan**
  5417 Untersiggenthal (CH)
- **Carroni, Richard**
  5443 Niederrohrdorf (CH)
- **Bernero, Stefano**
  5452 Oberrohrdorf (CH)

(74) Vertreter: **Bernotti, Andrea et al**
Studio Torta S.p.A.
Via Viotti, 9
10121 Torino (IT)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 833 105
WO-A-2005/121648
WO-A-2006/058843
WO-A-2006/069861
DE-A1- 19 757 189

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 2 058 590 B1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren gemäss Oberbegriff des Anspruchs 1. Sie betrifft auch einen Brenner zur Durchführung dieses Verfahrens.

Stand der Technik

[0002] Motiviert durch das nahezu weltweite Bestreben hinsichtlich der Reduzierung des Ausstosses von Treibhausgasen in die Atmosphäre, nicht zuletzt festgelegt im so genannten Kioto-Protokoll, soll die im Jahre 2010 zu erwartende Emission von Treibhausgasen auf den gleichen Stand reduziert werden wie im Jahre 1990. Zur Umsetzung dieses Vorhabens bedarf es grosser Anstrengungen, insbesondere den Beitrag an anthropogenbedingten CO_2-Freisetzungen zu reduzieren. Etwa ein Drittel des durch den Menschen in die Atmosphäre freigesetzten CO_2 ist auf die Energieerzeugung zurückzuführen, bei der die zumeist fossilen Brennstoffe in Kraftwerksanlagen zur Stromerzeugung verbrannt werden. Insbesondere durch den Einsatz moderner Technologien sowie durch zusätzliche politische Rahmenbedingungen kann auf dem Energie erzeugenden Sektor ein erhebliches Einsparungspotential zur Vermeidung eines weiter zunehmenden CO_2-Ausstosses erzielt werden.

[0003] Eine an sich bekannte und technisch beherrschbare Möglichkeit die CO_2-Emission in Verbrennungskraftwerken zu reduzieren, besteht im Entzug von Kohlenstoff aus den zur Verbrennung gelangenden Brennstoffen, die noch vor Einleiten derselben in die Brennkammer bewerkstelligt werden. Dies setzt entsprechende Brennstoffvorbehandlungen voraus, dass beispielsweise die teilweise Oxidation des Brennstoffes mit Sauerstoff und/oder eine Vorbehandlung des Brennstoffes mit Wasserdampf in Verbindung gebracht wird. Derartig vorbehandelte Brennstoffe weisen zumeist einen grossen Anteil von H_2 und CO auf, und verfügen je nach Mischungsverhältnissen über Heizwerte, die in der Regel unter jenen von natürlichem Erdgas liegen. In Abhängigkeit ihres Heizwertes werden derartig synthetisch hergestellten Gase als Mbtu- oder Lbtu-Gase bezeichnet, die sich nicht ohne weiteres für den Einsatz in herkömmlichen, für die Verbrennung von Naturgasen wie Erdgas konzipierte Brenner eignen, wie sie beispielsweise der EP 0 321 809 B1, EP 0 780 629 A2, WO 93/17279 sowie der EP 1 070 915 A1 entnehmbar sind. In allen vorstehenden Druckschriften, welche einen integrierenden Bestandteil der vorliegenden Beschreibungen sind, sind Brenner vom Typ der Brennstoffvormischung beschrieben, bei denen jeweils eine sich in Strömungsrichtung konisch erweiternde Drallströmung aus Verbrennungsluft und beigemischtem Brennstoff erzeugt wird, die in Strömungsrichtung nach Austritt aus dem Brenner möglichst nach Erreichen eines homogenen Luft-Brennstoff-Gemisches durch den zunehmenden Drall instabil wird und in eine ringförmige Drallströmung mit Rückströmung im Kern übergeht.

[0004] Je nach Brennerkonzept sowie in Abhängigkeit der Brennerleistung wird der sich im Inneren des Vormischbrenners ausbildenden Drallströmung flüssiger und/oder gasförmiger Brennstoff zur Ausbildung eines möglichst homogenen Brennstoff-Luftgemisches eingegeben. Gilt es jedoch, wie vorstehend erwähnt, zu Zwecken einer reduzierten Schadstoff-, insbesondere CO_2-Emission synthetisch aufbereitete, gasförmige Brennstoffe alternativ zu oder in Kombination mit der Verbrennung herkömmlicher Brennstoffarten einzusetzen, so ergeben sich besondere Anforderungen an die konstruktive Auslegung herkömmlicher Vormischbrennersysteme. So erfordern Synthesegase zur Einspeisung in Brennersysteme einen vielfachen Brennstoff-Volumenstrom gegenüber vergleichbaren mit Erdgas betriebenen Brennern, so dass sich deutlich unterschiedliche Strömungsimpulsverhältnisse ergeben. Aufgrund des hohen Anteils an Wasserstoff im Synthesegas und der damit verbundenen niedrigen Zündtemperatur und hohen Flammengeschwindigkeit des Wasserstoffes, besteht eine hohe Reaktionsneigung des Brennstoffes, die zu einer erhöhten Rückzündgefahr führt. Um dies zu vermeiden, gilt es die mittlere Verweilzeit von zündfähigem Brennstoff-Luftgemisch innerhalb des Brenners möglichst zu reduzieren.

[0005] In der WO 2006/058843 A1 sind ein Verfahren sowie ein Brenner zur Verbrennung von gasförmigen, flüssigen sowie von Wasserstoff enthaltenden oder aus Wasserstoff bestehenden Brennstoff, kurz Synthesegas, bekannt geworden. In diesem Fall wird ein Vormischbrenner, der auch als Doppelkegelbrenner bekannt geworden ist, mit nach geschalteter Mischstrecke gemäss der EP 0 780 629 A2 eingesetzt, der in Figur 2a und b in Längsschnittdarstellung schematisiert dargestellt ist. Die Vormischbrenneranordnung sieht einen sich in Brennerlängsachse konisch erweiternden Drallerzeuger 1 vor, der von Drallschalen 2 begrenzt ist. Axial sowie koaxial um die Brennerachse A des Drallerzeugers 1 sind Mittel zur Einspeisung von Brennstoff vorgesehen. So gelangt Flüssigbrennstoff B_{fl} durch eine längs der Brennerachse A am Ort des kleinsten Innendurchmessers des Drallerzeugers 1 positionierte Einspritzdüse 3 in den Drallraum. Längs tangentialer Lufteintrittsschlitze 4, über die Verbrennungsluft L mit tangentialer Strömungsrichtung in den Drallraum eintritt, wird gasförmiger Brennstoff B_g, vorzugsweise Erdgas, der Verbrennungsluft L beigemischt. Zusätzlich sind Eindüsungsvorrichtungen 5 vorgesehen (siehe Fig. 2b), die der weiteren Einspeisung von Synthesegas B_{H2} dienen.

[0006] Das sich innerhalb des Drallerzeugers 1 ausbildende Brennstoff-Luftgemisch gelangt als Drallströmung durch einen Übergangsabschnitt 6, der die Drallströmung stabilisierende Strömungsmittel 7 vorsieht, in ein Mischrohr 8, in dem eine vollständig homogene Durchmischung des sich ausbildenden Brennstoff-Luftgemisches erfolgt, bevor das zündfähige Brennstoff-Luft-

gemisch innerhalb einer sich stromab an das Mischrohr 8 anschliessenden Brennkammer B gezündet wird. Aufgrund einer unsteten Strömungsquerschnittsvergrösserung beim Übergang vom Mischrohr 8 in die Brennkammer B platzt die Drallströmung des durchmischten Brennstoff-Luftgemisches unter Ausbildung einer Rückströmzone in Form einer Rückströmblase RB auf, in der sich eine räumlich stabile Flammenfront einstellt.

[0007] Das sich längs des Brenners ausbildende Strömungsprofil ist in Fig. 2a dargestellt, das sich durch ein deutliches Geschwindigkeitsmaximum längs zur Brennerachse A auszeichnet, dessen Betrag zumeist drei bis vier mal über jenen Strömungsgeschwindigkeiten liegt, die sich nahe der Brennerwand auszubilden vermögen. Aufgrund dieses drastischen Geschwindigkeitsunterschiedes zwischen Brennerachse und Brennerwand stellen sich nahe der Brennerwand lokale Strömungswirbel ein, die zu lokalen Brennstoffkonzentrationen führen und insbesondere im Fall einer zusätzlichen Einspeisung von Synthesegas aufgrund des durch den Wasserstoffanteil bedingten hohen Zündpotentials zu einer erhöhten Flammenrückzündgefahr beitragen, die es zu vermeiden gilt. Um die Gefahr der Flammenrückzündung zu verringern, sind daher an sich bekannte Filmlochöffnungen längs des Mischrohrs vorgesehen, über die Zuluft längs der Innenwand des Mischrohrs zur Ausbildung eines wandnahen Luftfilmes eingespeist wird.

[0008] Um zu vermeiden, dass das wasserstoffhaltige Synthesegas in Brennerwand nahe Bereiche gelangt, wird das Synthesegas B_{H2} gemäss der schematischen Längsschnittdarstellung in Fig. 2b etwa unter 60° zur Brennerlängsachse A in den Drallraum des Drallerzeugers 1 ausgebracht. Insbesondere wasserstoffreiche Brennstoffe mit Wasserstoffanteilen von > 50% weisen typischerweise sehr hohe Flammengeschwindigkeiten auf und verfügen darüber hinaus über einen sehr viel geringeren volumenspezifischen Wärmeheizwert (MJ/m^3), so dass es sehr viel grössere Mengen an Wasserstoff enthaltenden Brennstoff bedarf, die dem Brenner zum Erreichen einer gewünschten leistungsbezogenen Verbrennungswärme zugeführt werden müssen. So zeigt sich insbesondere bei so genannten Hochdruckversuchen, dass bereits im Drallraum bzw. längs der Mischstrecke des Brenners Zünderscheinungen auftreten, die auf eine unzureichende Durchmischung des mit grossem Volumenstrom in den Brenner eingespeisten wasserstoffhaltigen Brennstoffes zurückzuführen sind. Selbst in Fällen, in denen keine Rückzünderscheinungen auftreten, sorgt eine unzureichende Vermischung des den Wasserstoff enthaltenden Synthesegases und der Verbrennungsluft für eine diffusionsähnliche Verbrennung, die letztlich zu erhöhten Stickoxydemissionen führt. Es besteht daher der Wunsch den Anforderungen zur Vermeidung von Rückzünderscheinungen sowie den im Lichte immer strenger werdenden Umweltanforderungen geforderten NO_x-Emissionsgrenzen zu entsprechen.

[0009] Die Nachteile, die mit dem bisher bekannten Vormischbrennerkonzept verbunden sind, werden nachfolgend in nicht abschliessender Form stichpunktartig zusammengefasst:

1. Es bestehen unzureichende Vorkehrungen zur Vermeidung von Flammenrückzündereignissen, die u.a. auf eine unzureichende Strömungsabstimmung zwischen dem in den Brennerraum einzuspeisenden Wasserstoff enthaltenden Brennstoffstrom und der sich innerhalb des Drallerzeugers ausbildenden Brennstoff-Luft-Drallströmung zurückzuführen sind.

2. Überhöhte NO_x-Emissionen, die sich als Folge einer zusätzlichen Brennstoffanreicherung von Synthesegas längs der Brennerachse und einer damit verbundenen Temperaturerhöhung einstellen.

3. Komplizierte Bauform der Brenneranordnung aufgrund einer Vielzahl in den Drallraum zugeführter Brennstoffleitungen, die jeweils über separate Brennstoffverteilerkreise gespeist werden, die allesamt mit ursächlich für eine unzureichende, vorstehend bezeichnete Strömungsabstimmung sind.

4. Die Leistungsvariation des Brenners durch Variation der Brennstoffzuführung ist sehr begrenzt, zumal sich Brennerinstabilitäten ausbilden, die sich u. a. durch das Auftreten von Brennkammerpulsationen auszeichnen.

Darstellung der Erfindung

[0010] Ausgehend von diesem Stand der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein Verfahren zum Betrieb eines Vormischbrenners sowie auch einen Vormischbrenner selbst anzugeben, bei dem die obigen Nachteile vermieden werden sollen. Ferner gilt es beim Betrieb mit einem Wasserstoff enthaltenden Brennstoff, einem so genannten Synthesegas, für eine verbesserte Durchmischung mit der Brennerluftdrallströmung sowie für stabilere Strömungsverhältnisse innerhalb des Brenners zu sorgen.

[0011] Die Lösung der der Erfindung zugrunde liegenden Aufgabe ist im Anspruch 1 angegeben. Gegenstand des Anspruches 7 ist eine lösungsgemäss ausgebildete Vorrichtung. Den Erfindungsgedanken vorteilhaft weiterbildende Merkmale sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der weiteren Beschreibung unter Bezugnahme auf die Ausführungsbeispiele zu entnehmen. Sämtliche Ansprüche sind Bestandteil der weiteren Beschreibung.

[0012] Die dem lösungsgemässen Verfahrensprinzip zum Betrieb eines Vormischbrenners zugrunde liegende Idee macht sich sowohl die Eigenschaften des den Wasserstoff enthaltenden Brennstoffes als auch die Charakteristika des vorstehend bezeichneten Vormischbrenners zur eigenen, um das erklärte Ziel zu realisieren, nämlich das Erreichen möglichst geringer Emissionswer-

te ohne das Auftreten von Flammenrückzündungsereignissen und dies bei nur geringen oder gegebenenfalls vernachlässigbaren Brennerinstabilitäten.

[0013] So werden der geringe volumenspezifischen Wärmeheizwert und der dadurch erforderliche größere Volumenstrom sowie die geringe Dichte des Wasserstoff enthaltenden Synthesegases vorteilhaft insofern genutzt, indem einerseits der grosse Synthesegas-Volumenstrom zur gezielten Anhebung der Strömungsgeschwindigkeit im brennerwandnahen Strömungsbereiche, um das Flammenrückzündrisiko stromab des Übergangsabschnittes zu reduzieren. Zum anderen trägt die nur geringe Brennstoffdichte des Synthesegases zu einer verbesserten Durchmischung mit der der Drallströmung der Verbrennungsluft bei, indem Zentrifugalkräfte innerhalb der Drallströmung genutzt werden, um eine radiale Durchmischung des Synthesegases mit der Verbrennungsluft zu ermöglichen. Wird Synthesegas in radial aussen liegende Bereichen der Drallströmung zugeführt, so erfolgt aufgrund der schwereren Luftanteile, die durch die innerhalb der Drallströmung wirkenden Zentrifugalkräfte radial nach aussen getrieben werden, eine Verdrängung des leichteren Synthesegases in achsnahe Bereiche relativ zur Brennerachse.

[0014] Auf Basis der vorstehenden Überlegungen zeichnet sich ein lösungsgemässes Verfahren zur Verbrennung von Wasserstoff enthaltenden oder aus Wasserstoff bestehenden gasförmigen Brennstoff, kurz Synthesegas, mit einem Brenner gemäss dem Oberbegriff des Anspruches 1 dadurch aus, dass das Synthesegas innerhalb des Bereiches des Übergangsabschnittes in die Brennstoff-Luft-Drallströmung eingespeist wird.

[0015] Der Übergangsabschnitt zwischen dem Bereich des Drallerzeugers und dem sich stromab anschliessenden Mischrohrs dient in erster Linie einer weitgehend verlustfreien Überführung der sich innerhalb des Drallerzeugers in Brennerlängsachse konisch aufweitenden Drallströmung in eine längs des Mischrohrs mit gleich bleibendem Strömungsquerschnitt ausbreitenden, zylinderförmigen Drallströmung. Die Überführung der Strömungsform in eine zylinderförmige Drallströmung erfolgt mittels längs des Übergangsabschnittes vorgesehenen Strömungsleitblechen bzw. Strömungsleitkonturen. Trotz aller Massnahmen für eine möglichst verlustfreie Strömungsüberführung, trägt insbesondere der Übergangsabschnitt massgeblich dazu bei, dass die Strömungsgeschwindigkeit in Wand nahen Bereichen längs des Mischrohrs verglichen zur Strömungsgeschwindigkeit im Bereich der Brenner- bzw. Mischrohrachse viel geringer ist. Lösungsgemäss wird daher vorgeschlagen, am Ort, der ursächlich für eine Strömungsgeschwindigkeitsreduzierung längs der Brenner- bzw. Mischrohrwand ist, Massnahmen zu treffen, um die Strömungsgeschwindigkeit in diesem Bereich zu erhöhen. Wie vorstehend ausgeführt, eignet sich Synthesegas aufgrund seiner ihm zu eigenen hohen Volumenflussrate besonders gut, wandnahe Strömungsbereiche gezielt im Strömungsverhalten zu beschleunigen. Die gezielte Einspeisung des Wasserstoff enthaltenden Synthesegases längs des Übergangsabschnittes erfolgt lösungsgemäss derart, dass die zusätzliche Brennstoffeinspeisung in Richtung der ohnehin den Übergangsabschnitt passierenden Drallströmung beigemischt wird, d.h. das Synthesegas wird mit einer zur im Inneren des Brenners sich ausbildenden Drallströmung passend gewählten tangentialen sowie auch radialen Strömungskomponente relativ zur Brennerlängsachse eingespeist. Hierbei gilt es, die Brennstoffeinspeisung derart vorzunehmen, dass eine Strömungsirritation der sich bereits innerhalb des Brenners ausgebildeten Brennstoff-Luft-Drallströmung minimal ist. So wird die Brennstoffeindüsung auf lokale Strömungswinkel angepasst, um das Flammenrückschlagrisiko aufgrund erhöhter Turbulenz zu vermeiden. Zu Zwecken einer verbesserten Durchmischung ist es zudem vorteilhaft, die Synthesegaseinspeisung längs des Übergangsabschnittes mit einer RadialKomponente vorzunehmen, d.h. mit einer Winkelkomponente quer zur anliegenden Strömungsrichtung der Drallströmung, so dass das eingespeiste Synthesegas möglichst effektiv mit der Brennstoff-Luft-Drallströmung durchmischt wird. Jedoch würde andererseits eine zu stark ausgeprägte Radialkomponente, d.h. ein zu groß gewählter Winkel zwischen Brennerachse und Synthesegaseinspeiserichtung, das strömungsdynamische Ausbreitungsverhalten der Drallströmung zu stark beeinträchtigen, wodurch sich lokale, bevorzugt wandnahe Strömungswirbel ausbilden und das Flammenrückschlagrisiko erhöht wird. Es zeigt sich, dass die Synthesegaseinspeisung mit einem Kompromiss zwischen einer effektiven Beschleunigung wandnaher Strömungsbereiche zum Zwecke der Reduzierung des Flammenrückschlagrisikos und einer möglichst guten Durchmischung mit der Drallströmung vorgenommen werden muss.

[0016] Auch aus einem weiteren Grund eignet sich der Übergangsabschnitt für die Eindüsung eines zusätzlichen Synthesegasstromes, zumal der Übergangsabschnitt von einem mit einer ausreichend grossen Wanddicke ausgebildeten Übergangsstück begrenzt ist, durch das eine Vielzahl einzelner Austrittsöffnungen für die Synthesegaszuführung vorgesehen werden kann. Die Ausbildung der Austrittsöffnungen sowie die einzelnen mit den Austrittsöffnungen verbundenen Synthesegaszuführungskanäle kann nach Form und Lage ohne jegliche konstruktive Einschränkungen nahezu beliebig vorgenommen werden, zumal das Übergangsstück ausreichend Platz für diese Massnahmen bietet.

[0017] Auch ist es möglich, durch bereits längs des Übergangsabschnittes verteilt angeordnete, so genannte Filmlöcher, durch die üblicherweise Luft eingespeist wird, die sich als Luftfilm längs der Brenner- bzw. Mischrohrwand anschmiegt, zur Einspeisung von Synthesegas zu verwenden. Auf diese Weise ist es möglich, eine andauernde Spüllufteinspeisung auch im Betrieb des Brenners mit Erdgas oder Erdöl zu vermeiden.

[0018] Je nach konstruktiver Auslegung der innerhalb des Übergangsabschnittes vorhandenen Austrittsöff-

nungen, durch die Synthesegas ausgetragen wird, ist es zudem möglich, Synthesegasströmungen mit einem kreisrunden, elliptischen, ringförmigen, nahezu rechteckigen oder nahezu dreieckigen Strömungsquerschnitt auszubilden, der für eine verbesserte Durchmischung mit der innerhalb des Brenners vorhandenen Brennstoff-Luft-Drallströmung beiträgt.

[0019] Bezüglich der lösungsgemäss ausgebildeten Vorrichtung zur Verbrennung von Wasserstoff enthaltenden oder aus Wasserstoff bestehenden gasförmigen Brennstoff mit einem Brenner, gemäss dem Oberbegriff des Anspruches 9, wird insbesondere auf die nachstehenden Ausführungen zur Erläuterung der Ausführungsbeispiele verwiesen. Ein derartig lösungsgemäss ausgebildeter Brenner weist längs des Übergangsabschnittes Mittel zur Einspeisung des zumindest den Wasserstoff enthaltenden Synthesegases auf.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0020] Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen exemplarisch beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 Längsschnittdarstellung durch einen lösungsgemäss ausgebildeten Vormischbrenner,

Fig. 2a, b Längsschnittdarstellungen durch einen Vormischbrenner nach Stand der Technik,

Fig. 3 Querschnittsdarstellung durch den Übergangsabschnitt eines lösungsgemäss ausgebildeten Brenners, und

Fig. 4 Längsschnitt eines weiteren Ausführungsbeispiels durch einen lösungsgemäss ausgebildeten Brenner.

Wege zur Ausführung der Erfindung, gewerbliche Verwendbarkeit

[0021] In Fig. 1 ist eine Längsschnittdarstellung eines lösungsgemäss ausgebildeten Vormischbrenners gezeigt, mit einem Drallerzeuger 1, dessen Drallraum von zwei Drallschalen in Form von Teilkegelschalen 2 umschlossen ist, die jeweils gegenseitig Lufteintrittsschlitze 4 begrenzen, durch die Verbrennungszuluft unter Ausbildung einer Drallströmung innerhalb des Drallraumes eingespeist wird. Die Drallströmung umschliesst eine sich konisch ausbreitende Flüssigbrennstoffsäule, die durch Flüssigbrennstoffaustrag durch die mittig angebrachte Brennstoffdüse 3 ausgetragen wird. Zusätzlich sind nicht weiter zeichnerisch dargestellt längs der Lufteintrittsschlitze 4 weitere Mittel zur Einspeisung von gasförmigem Brennstoff, vorzugsweise Erdgas, vorgesehen, der der Luft beigemischt wird. Die sich somit innerhalb des Drallerzeugers 1 ausbildende Luft-Brennstoff-Drallströmung erfährt stromab des Drallerzeugers 1 durch den Übergangsabschnitt 6 eine Überführung der sich ursprünglich konisch ausbreitenden Drallströmung in eine zylinderförmig, d.h. mit konstantem Strömungsquerschnitt längs zur Brennerachse A ausbreitende Drallströmung. Das lösungsgemässe Brennerkonzept sieht vor, dass längs des Übergangsabschnittes zusätzlich Wasserstoff enthaltender Brennstoff, d.h. Synthesegas durch ein weiteres Brennstoffeinspeisungsmittel 9 vorgenommen wird.

[0022] Die zusätzliche Brennstoffeinspeisung im Bereich des Übergangsabschnittes 6 erfolgt entweder über zirkular gleichmässig verteilt angeordnete einzelne Austrittsöffnungen, die allesamt über eine gemeinsame Versorgungsleitung 10 mit Synthesegas B_{H2} versorgt werden. Die Brennstoffleitung 10 mündet in ein den Übergangsabschnitt 6 zirkular umgebendes Brennstoffreservoir 11, von dem aus die einzelnen Austrittsöffnungen 9' des Brennstoffeinspeisungsmittels 9 mit Brennstoff versorgt werden.

[0023] Die Einspeisung des Synthesegases B_{H2} erfolgt dabei derart, dass die wandnahen Bereiche, insbesondere des sich stromab des Übergangsabschnittes 6 anschliessenden Mischrohrs 8 hinsichtlich ihres Strömungsverhalten beschleunigt werden, um das Flammenrückschlagrisiko zu reduzieren. Gleichsam gilt es jedoch, die Brennstoffeinspeisung mit nur geringer Beeinträchtigungen der sich innerhalb des Drallerzeugers 1 ausbildenden Drallströmung vorzunehmen.

[0024] Aus der in Fig. 1 dargestellten Längsschnittdarstellung ist gleichfalls die RadialKomponente, mit der die Brennstoffeinspeisung in den Bereich des Übergangsabschnittes 6 sowie des sich stromab daran anschliessenden Mischrohrs 8 eingebracht wird, zu ersehen. Die gegenüber der Brennerachse A leicht geneigte Richtung der Brennstoffeinspeisung des Synthesegases B_{H2} trägt zur verbesserten Durchmischung des Brennstoffes mit der Brennstoff-Luft-Drallströmung bei, gleichwohl sich aufgrund der durch die Rotationsbewegung innerhalb der Drallströmung bewirkte Zentrifugalkraft ein radialer Austausch des leichteren, Wasserstoff enthaltenden Brennstoffes, mit den schwereren Luftanteilen der Drallströmung unterstützt wird. Anhand der Längsschnittdarstellung in Fig. 1 kann ersehen werden, dass unmittelbar vor Eintritt in die stromab an das Mischrohr 8 angrenzende Brennkammer B der Wasserstoff enthaltende Brennstoff B_{H2} über den gesamten Strömungsquerschnitt möglichst homogen verteilt durchmischt ist.

[0025] Neben der mit einer Radialkomponente vorgenommenen Synthesegaseinspeisung, wie vorstehend beschrieben wird, das Synthesegas zusätzlich auch mit einer zur Drallströmung tangentialen Komponente eingespeist, um die Drallströmung möglichst wenig zu irritieren. Zur bessren Verdeutlichung der tangentialen Einspeisung des den Wasserstoff enthaltenden Synthesegases in peripherer Umfangsrichtung der sich innerhalb des Brenners ausbildenden Brennstoff-Luft-Drallströ-

mung sei auf Fig. 3 verwiesen, die eine Querschnittsdarstellung im Bereich des Übergangsabschnitts 6 zeigt. Die innere Kontur des Übergangsabschnittes 6 ist geprägt durch sich in Durchflussrichtung konisch erweiternde Strömungsleitmittel 7, die unter strömungstechnischen Gesichtspunkten optimiert sind und die sich konisch erweiternde Drallströmung in eine sich mit konstantem Strömungsquerschnitt ausbreitende Drallströmung überzuführen vermögen. Radial die Strömungsleitmittel 7 umschliessend ist das das Synthesegas bevorratende Reservoir 11 vorgesehen, das über die in Fig. 1 dargestellte Versorgungsleitung 10 mit Brennstoff versorgt wird. Innerhalb des Übergangsabschnittes 6 sind zur Einspeisung des den Wasserstoff enthaltenden Brennstoffs mehrere Zuführungskanäle 12 vorgesehen, über die das Synthesegas in den Innenraum des Übergangsabschnittes 6 eingespeist wird. Die räumliche Ausrichtung der einzelnen Brennstoffzuführungskanäle 12 ist derart vorgenommen, dass der Brennstoffaustrag weitgehend tangential an die sich innerhalb des Brenners ausbildende Drallströmung D anschmiegt, ohne dabei die Drallströmung in ihrem Strömungsverhalten wesentlich zu beeinträchtigen. Nochmals sei an dieser Stelle betont, dass eine Brennstoffeinspeisung mit zunehmend radialer Komponente zwar für eine verbesserte Durchmischung mit der sich innerhalb des Brenners ausbildenden Drallströmung sorgt, diese jedoch auch in ihrem Strömungsverhalten zunehmend irritiert, wodurch die unerwünschten turbulenten Wirbelbildungen entstehen, die wiederum die Flammenrückschlaggefahr erhöhen. Insofern ist die Anordnung und Ausbildung der Strömungskanäle, durch die das Synthesegas in das Innere des Brenners eingespeist wird, unter einem Kompromiss vorzunehmen, hinsichtlich einer optimierten Mischungsqualität sowie reduzierter Flammenrückschlaggefahr.

[0026] In einer weiteren Längsschnittdarstellung gemäss Fig. 4 sind stromauf zu den Austrittsöffnungen 9' der Zuführkanäle 12 Spülgaskanäle 13 vorgesehen, durch die in an sich bekannter Weise zusätzliche Luft längs der Wand des sich stromab zum Übergangsabschnitt 6 anschliessenden Mischrohrs 8 ausgetragen wird. Das in Fig. 4 dargestellte Ausführungsbeispiel sieht vor, dass auch durch die Spülgaskanäle 13 Wasserstoff enthaltendes Synthesegas ausgetragen wird, insbesondere in Fällen, in denen der Brenner mit Erdgas und Erdöl betrieben wird. Die zusätzliche Nutzung bereits vorhandener Spülgaskanäle bzw. Filmlochöffnungen mit Wasserstoff enthaltendem Brennstoff trägt dazu bei, die Brennstoffkonzentration im Bereich der Brennerwand, d. h. der Wand längs des Mischrohres, zu kontrollieren bzw. zu beeinflussen.

[0027] Das lösungsgemässe Brennerkonzept hilft somit die Flammenrückschlaggefahr erheblich zu reduzieren, dies zum einen durch eine längs des Mischrohrs wandnahe Strömungsgeschwindigkeitserhöhung, zum anderen durch eine individuelle Anpassung der Einspeisung zusätzlichen Brennstoffes, d.h. Wasserstoff enthaltenden Brennstoffes in Bezug auf die bereits innerhalb des Drallerzeugers sich ausbildenden Drallströmung, wodurch turbulente Wirbelbildungen weitgehend vermieden bzw. reduziert werden können. Aufgrund des weitaus geringeren spezifischen Gewichtes des eingespeisten Wasserstoff enthaltenden Synthesegases im Vergleich zum weitaus größeren Luftanteil der sich innerhalb des Brenners ausbildenden Drallströmung bewirkt die, durch die Rotationsbewegung auftretende Zentrifugalkraft, eine radiale Durchmischung des im peripheren Randbereich eingespeisten Synthesegases derart, dass vor Eintritt der Luft-Brennstoff-Drallströmung in die Brennkammer eine vollständige Durchmischung des eingespeisten Wasserstoffs erreicht wird. Aufgrund des innerhalb des Übergangsabschnittes vorhandenen Platzes ist es überdies möglich, die Massnahme zur Brennstoffeinspeisung in robuster Bauform und hoher Integrität vorzunehmen. So können die Brennstoffzuführleitungen sowie Austrittsöffnungen in Abhängigkeit des gewählten Wasserstoff-aufweisenden Brennstoffes, individuell gestaltet und dimensioniert werden. Bereits vorhandene Spülluft-Zuführöffnungen zur Ausbildung wandnaher Filmschichten können gleichfalls zur Einspeisung von Wasserstoff enthaltenden Synthesegas genutzt werden. Durch die zusätzliche Einspeisung von Synthesegas erst im Bereich des Übergangsabschnittes 6 ist die mittlere Verweilzeit des Wasserstoffs im Vergleich zu einer Einspeisung längs des Drallerzeugers weitaus geringer, so dass der Brennerbetrieb entsprechend sicherer durchgeführt werden kann.

Bezugszeichenliste

[0028]

1	Drallerzeuger
2	Drallschalen, Teilkegelschalen
3	Brennstoffdüse
4	Lufteintrittsschlitze
5	Mittel zur Einspeisung von Synthesegas
6	Übergangsabschnitt
7	Strömungsleitmittel
8	Mischrohr
9	Mittel zur Einspeisung eines Wasserstoff enthaltenden Brennstoffes
9'	Austrittsöffnung
10	Versorgungsleitung
11	Brennstoffreservoir
12	Zuführleitungen
13	Leitungen für Reinigungsluft bzw. Spülgas
A	Brennerachse
B	Brennkammer
D	Drallströmung
RB	Rückströmblase, Rückströmzone
BH2	Synthesegas
Bfl	Flüssigbrennstoff
Bg	Gasförmiger Brennstoff
L	Verbrennungsluft

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Brenners, welcher Brenner im wesentlichen aus einem Drallerzeuger (1) besteht, der eine Drallströmung des Verbrennungsluftstromes bildet, wobei stromab dieses Drallerzeugers (1) eine Mischstrecke anschliesst, bei welcher innerhalb eines ersten Übergangsabschnitts (6) in Strömungsrichtung verlaufende Strömungsleitmittel (7) wirken, welche die Überführung der im Drallerzeuger (1) gebildeten Drallströmung in das stromab der Strömungsleitmittel (7) wirkenden Mischrohr (8) übernehmen, wobei im Drallerzeuger (1) Mittel zur Eindüsung eines flüssigen und/oder gasförmigen Brennstoffs in den Verbrennungsluftstrom vorhanden sind, und wobei das so entstandene Brennstoff/Luft-Gemisch in einer sich stromab der Mischstrecke anschliessenden Brennkammer unter Bildung einer Rückstromzone (RB) gezündet und verbrannt wird, wobei ein Wasserstoff enthaltender oder ein aus Wasserstoff bestehender Brennstoff (BH2) innerhalb der Strömungsleitmittel (7) und/oder stromab dieser Strömungsleitmittel (7) in die stromauf gebildete Strömung des Brennstoff/Luft-Gemisches eingebracht wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einspeisung des den Wasserstoff enthaltenden oder aus Wasserstoff bestehenden gasförmigen Brennstoffs derart durchgeführt wird, dass eine Strömungsstörung der Brennstoff-Luft-Drallströmung (D) minimiert wird, wobei die Einspeisung des Brennstoffes mit einer in Drallrichtung der Brennstoff-Luft-Drallströmung (D) orientierten Tangentialkomponente sowie mit einer längs zu einer Brennerachse (A) orientierten Radialkomponente erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wasserstoff enthaltende oder aus Wasserstoff bestehende Brennstoff in Form einer Vielzahl einzelner Brennstoffströmungen in zirkulärer Verteilung um die rotierende Brennstoff-Luft-Drallströmung (D) eingespeist wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** unmittelbar stromauf zur Einspeisung des den Wasserstoff enthaltenden oder aus Wasserstoff bestehenden Brennstoffs Reinigungsluft über die Austrittsöffnungen (9') für den Brennstoff zumindest zeitweise ausgebracht wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennstoffströmung einen kreisförmigen, elliptischen, ringförmigen, nahezu rechteckigen oder nahezu dreieckigen Strömungsquerschnitt aufweist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wasserstoff enthaltende oder aus Wasserstoff bestehende Brennstoff mit einem Strömungsimpuls in den Bereich des Übergangsabschnittes (6) eingespeist wird, der weitgehend an den Strömungsimpuls der sich längs des Übergangsabschnittes (6) ausbreitenden, rotierenden Brennstoff-Luft-Drallströmung (D) angepasst ist oder diesem entspricht.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wasserstoff enthaltende oder aus Wasserstoff bestehende Brennstoff vor Eintritt in den Drallerzeuger (1) teilweise katalytisch oxidiert wird.

7. Brenner zur Durchführung eines Verfahrens, das auf einer Vormischung eines flüssigen und/oder gasförmigen Brennstoffs beruht, und bei welchem an passender Stelle mindestens ein zusätzlicher Brennstoff zugemischt wird, wobei der Brenner im wesentlichen aus einem Drallerzeuger (1) zur Bildung eines Verbrennungsluftstromes besteht, wobei stromab dieses Drallerzeugers (1) eine Mischstrecke angeordnet ist, bei welcher innerhalb eines ersten Übergangsabschnitts (6) in Strömungsrichtung verlaufende Strömungsleitmittel (7) vorhanden sind, welche Strömungsleitungsmittel der Überführung der im Drallerzeuger (1) gebildeten Drallströmung in das stromab der Strömungsleitmittel (7) wirkenden Mischrohr (8) dienen, wobei im Drallerzeuger (1) Mittel zur Eindüsung eines flüssigen und/oder gasförmigen Brennstoffs in den Verbrennungsluftstrom vorgesehen sind, und wobei das so entstandene Brennstoff/Luft-Gemisch in einer sich stromab der Mischstrecke anschliessenden Brennkammer (B) unter Bildung einer Rückstromzone (RB) gezündet und verbrannt wird, und wobei innerhalb der Strömungsleitungsmittel (7) und/oder stromab dieser Strömungsleitmittel (7) ein drittes Mittel (9) zur Einspeisung eines den Wasserstoff enthaltenden oder aus Wasserstoff bestehenden Brennstoffs vorgesehen ist, und der Brennstoff in radial aussen liegende Bereichen der Drallströmung zuführbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das dritte Mittel (9) eine Vielzahl einzelner in dem Übergangsabschnitt (6) zirkular gleich verteilt angebrachter Austrittsöffnungen (9') vorsieht, aus denen der Wasserstoff enthaltende oder aus Wasserstoff bestehende Brennstoff ausbringbar ist und die Austrittsöffnungen (9') derart längs des Übergangsabschnittes (6) ausgebildet und angeordnet sind, dass der Brennstoff mit einer Tangential- und Radialkomponente relativ zur Brennerachse (A) ausbringbar ist.

8. Brenner nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drallerzeuger (1) aus mindestens zwei hohlen in Strömungsrichtung ineinandergeschachtelten sich zu einem Körper ergänzenden Teilkegelschalen besteht, dass der Querschnitt des von den

hohlen Teilkegelschalen gebildeten Innenraumes in Strömungsrichtung zunimmt, dass die jeweiligen Längssymmetrieachsen dieser Teilkegelschalen versetzt zueinander verlaufen, dergestalt, dass die benachbarten Wandungen der Teilkegelschalen in deren Längserstreckung tangentiale Schlitze oder Kanäle für die Einströmung einer Verbrennungsluft in den von den Teilkegelschalen gebildeten Innenraum bilden.

9. Brenner nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drallerzeuger aus mindestens zwei hohlen in Strömungsrichtung ineinandergeschachtelten sich zu einem Körper ergänzenden Teilschalen besteht, dass der Querschnitt des von den hohlen Teilschalen gebildeten Innenraum in Strömungsrichtung zylindrisch oder quasi-zylindrisch verläuft, dass die jeweiligen Längssymmetrieachsen dieser Teilschalen versetzt zueinander verlaufen, dergestalt, dass die benachbarten Wandungen der Teilschalen in deren Längserstreckung tangentiale Schlitze oder Kanäle für die Einströmung einer Verbrennungsluft in den von den teilschalen gebildeten Innenraum bilden, und dass der Innenraum einen Innenkörper aufweist, dessen Querschnitt in Strömungsrichtung abnimmt.

10. Brenner nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Innerkörper in Strömungsrichtung kegelförmig oder quasi-kegelförmig verläuft.

Claims

1. Method for operating a burner, which burner consists essentially of a swirl generator (1) which forms a swirl flow of the combustion air stream, this swirl generator (1) being followed downstream by a mixing zone in which, within a first transitional portion (6), flow guide means (7) act which run in the flow direction and which take over the transfer of the swirl flow formed in the swirl generator (1) into the mixing pipe (8) acting downstream of the flow guide means (7), means for injecting a liquid and/or gaseous fuel into the combustion air stream being present in the swirl generator (1), and the fuel/air mixture thus obtained being ignited and burnt in a combustion chamber following the mixing zone downstream, at the same time forming a backflow zone (RB), wherein a fuel (B_{H2}) containing hydrogen or consisting of hydrogen is introduced within the flow guide means (7) and/or downstream of these flow guide means (7) into the upstream flow of the fuel/air mixture, **characterized in that** the infeed of the gaseous fuel containing hydrogen or consisting of hydrogen is carried out in such a way that a flow disturbance of the fuel/air swirl flow (D) is minimized, wherein the infeed of the fuel takes place with a tangential component oriented in the swirl direction of the fuel/air swirl flow (D) and with a radial component oriented longitudinally with respect to a burner axis (A).

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the fuel containing hydrogen or consisting of hydrogen is fed in in the form of a multiplicity of individual fuel flows in a circular distribution around the rotating fuel/air swirl flow (D).

3. Method according to Claim 2, **characterized in that**, directly upstream of the infeed of the fuel containing hydrogen or consisting of hydrogen, cleaning air is discharged at least intermittently via the outlet orifices (9') for the fuel.

4. Method according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the fuel flow has a circular, elliptic, annular, virtually rectangular or virtually triangular flow cross section.

5. Method according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the fuel containing hydrogen or consisting of hydrogen is fed into the region of the transitional portion (6) with a flow pulse which largely is adapted to or corresponds to the flow pulse of the rotating fuel/air swirl flow (D) propagating along the transitional portion (6).

6. Method according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the fuel containing hydrogen or consisting of hydrogen is partially oxidized catalytically before entering into the swirl generator (1).

7. Burner for carrying out a method which is based on a premixing of a liquid and/or gaseous fuel and in which at least one additional fuel is admixed at a suitable point, the burner consisting essentially of a swirl generator (1) for forming a combustion air stream, there being arranged downstream of this swirl generator (1) a mixing zone in which, within a first transitional portion (6), flow guide means (7) are present which run in the flow direction and which serve for transferring the swirl flow formed in the swirl generator (1) into the mixing pipe (8) acting downstream of the flow guide means (7), means for injecting a liquid and/or gaseous fuel into the combustion air stream being provided in the swirl generator (1), and the fuel/air mixture thus obtained being ignited and burnt in a combustion chamber (B) following the mixing zone downstream, at the same time forming a backflow zone (RB), and wherein a third means (9) for the infeed of a fuel containing hydrogen or consisting of hydrogen is provided within the flow guide means (7) and/or downstream of these flow guide means (7), and the fuel can be supplied in radially outer regions of the swirl flow, **characterized in that** the third means (9) provides a multiplicity of

individual outlet orifices (9') which are circularly formed, equally distributed, in the transitional portion (6) and out of which the fuel containing hydrogen or consisting of hydrogen can be discharged and the outlet orifices (9') are designed and arranged along the transitional portion (6) in such a way that the fuel can be discharged with a tangential and a radial component in relation to the burner axis (A).

8. Burner according to Claim 7, **characterized in that** the swirl generator (1) consists of at least two hollow part conical shells nested one in the other in the flow direction and completing one another to form a body, **in that** the cross section of the inner space formed by the hollow part conical shells increases in the flow direction, and **in that** the respective longitudinal axes of symmetry of these part conical shells run, offset to one another, in such a way that the adjacent walls of the part conical shells form in their longitudinal extent tangential slots or ducts for the flow of a combustion air into the inner space formed by the part conical shells.

9. Burner according to Claim 7, **characterized in that** the swirl generator consists of at least two hollow part shells nested one in the other in the flow direction and completing one another to form a body, **in that** the cross section of the inner space formed by the hollow part shells runs cylindrically or quasi-cylindrically in the flow direction, **in that** the respective longitudinal axes of symmetry of these part shells run, offset to one another, in such a way that the adjacent walls of the part shells form in their longitudinal extent tangential slots or ducts for the flow of a combustion air into the inner space formed by the part shells, and **in that** the inner space has an inner body, the cross section of which decreases in the flow direction.

10. Burner according to Claim 9, **characterized in that** the inner body runs conically or quasi-conically in the flow direction.

Revendications

1. Procédé de fonctionnement d'un brûleur, ce brûleur se composant d'un générateur de tourbillon (1), qui forme un écoulement giratoire du courant d'air de combustion, dans lequel une zone de mélange se raccorde en aval de ce générateur de tourbillon (1), dans laquelle opèrent des moyens de guidage d'écoulement (7) s'étendant dans la direction d'écoulement à l'intérieur d'une première partie de transition (6), moyens qui assurent le transfert de l'écoulement giratoire formé dans le générateur de tourbillon (1) dans le tube de mélange (8) agissant en aval des moyens de guidage d'écoulement (7), dans lequel il se trouve dans le générateur de tourbillon (1) des moyens pour injecter un combustible liquide et/ou gazeux dans le courant d'air de combustion, et dans lequel le mélange combustible-air ainsi formé est allumé et brûlé dans une chambre de combustion se raccordant en aval de la zone de mélange avec formation d'une zone de reflux (RB), dans lequel on introduit dans l'écoulement du mélange combustible-air formé en amont un combustible (BH2) contenant de l'hydrogène ou se composant d'hydrogène à l'intérieur des moyens de guidage d'écoulement (7) et/ou en aval de ces moyens de guidage d'écoulement (7), **caractérisé en ce que** l'on effectue l'introduction du combustible contenant de l'hydrogène ou se composant d'hydrogène de façon à minimiser une perturbation d'écoulement de l'écoulement giratoire combustible-air (D), dans lequel l'introduction du combustible est effectuée avec une composante tangentielle orientée dans la direction de rotation de l'écoulement giratoire combustible-air (D) ainsi qu'avec une composante radiale orientée le long d'un axe de brûleur (A).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on introduit le combustible contenant de l'hydrogène ou se composant d'hydrogène sous la forme d'une multiplicité d'écoulements de combustible individuels en une répartition circulaire autour de l'écoulement giratoire combustible-air (D).

3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'**immédiatement en amont de l'introduction du combustible contenant l'hydrogène ou se composant d'hydrogène, on expulse au moins temporairement de l'air de nettoyage par les ouvertures de sortie (9') pour le combustible.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'écoulement de combustible présente une section transversale d'écoulement de forme circulaire, elliptique, annulaire, presque rectangulaire ou presque triangulaire.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'on introduit le combustible contenant de l'hydrogène ou se composant d'hydrogène avec une impulsion d'écoulement dans la région de la partie de transition (6), qui est largement adaptée à l'impulsion d'écoulement de l'écoulement giratoire (D) combustible-air tournant en s'évasant le long de la partie de transition (6) ou qui correspond à celle-ci.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** l'on soumet partiellement à une oxydation catalytique le combustible contenant de l'hydrogène ou se composant d'hydrogène avant l'entrée dans le générateur de tourbillon (1).

7. Brûleur pour la mise en oeuvre d'un procédé, qui est basé sur un pré-mélange d'un combustible liquide et/ou gazeux, et dans lequel au moins un combustible supplémentaire est ajouté en un endroit approprié, dans lequel le brûleur se compose essentiellement d'un générateur de tourbillon (1) pour la formation d'un courant d'air de combustion, dans lequel une zone de mélange est disposée en aval de ce générateur de tourbillon (1), dans laquelle il se trouve des moyens de guidage d'écoulement (7) s'étendant dans la direction d'écoulement à l'intérieur d'une première partie de transition (6), moyens de guidage d'écoulement qui servent pour le transfert de l'écoulement giratoire produit dans le générateur de tourbillon (1) dans le tube de mélange (8) agissant en aval des moyens de guidage d'écoulement (7), dans lequel il est prévu dans le générateur de tourbillon (1) des moyens pour injecter un combustible liquide et/ou gazeux dans le courant d'air de combustion, et dans lequel le mélange combustible-air ainsi formé est allumé et brûlé dans une chambre de combustion (B) se raccordant en aval de la zone de mélange avec formation d'une zone de reflux (RB), et dans lequel il est prévu à l'intérieur des moyens de guidage d'écoulement (7) et/ou en aval de ces moyens de guidage d'écoulement (7) un troisième moyen (9) pour l'introduction du combustible contenant l'hydrogène ou se composant d'hydrogène, et le combustible peut être fourni dans des régions de l'écoulement giratoire situées radialement à l'extérieur, **caractérisé en ce que** le troisième moyen (9) prévoit une multiplicité d'ouvertures de sortie (9') individuelles uniformément réparties en cercle dans la partie de transition (6), hors desquelles le combustible contenant de l'hydrogène ou se composant d'hydrogène peut être expulsé et les ouvertures de sortie (9') sont configurées et disposées le long de la partie de transition (6) de telle manière que le combustible puisse être expulsé avec une composante tangentielle et une composante radiale par rapport à l'axe de brûleur (A).

8. Brûleur selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** le générateur de tourbillon (1) se compose d'au moins deux coques coniques partielles creuses emboîtées l'une dans l'autre dans la direction d'écoulement et se complétant en un corps, **en ce que** la section transversale de l'espace intérieur formé par les coques coniques partielles creuses augmente dans la direction d'écoulement, **en ce que** les axes de symétrie longitudinaux respectifs de ces coques coniques partielles sont décalés l'un par rapport à l'autre, de telle manière que les parois voisines des coques coniques partielles forment dans leur extension longitudinale des fentes tangentielles ou des canaux tangentiels pour la pénétration d'un air de combustion dans l'espace intérieur formé par les coques coniques partielles.

9. Brûleur selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** le générateur de tourbillon se compose d'au moins deux coques partielles creuses, emboîtées l'une dans l'autre dans la direction d'écoulement et se complétant en un corps, **en ce que** la section transversale de l'espace intérieur formé par les coques partielles creuses est cylindrique ou quasi cylindrique dans la direction d'écoulement, **en ce que** les axes de symétrie longitudinaux respectifs de ces coques partielles sont décalés l'un par rapport à l'autre, de telle manière que les parois voisines des coques partielles forment dans leur extension longitudinale des fentes tangentielles ou des canaux tangentiels pour la pénétration d'un air de combustion dans l'espace intérieur formé par les coques partielles, et **en ce que** l'espace intérieur présente un corps intérieur, dont la section transversale diminue dans la direction d'écoulement.

10. Brûleur selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le corps intérieur est conique ou quasi conique dans la direction d'écoulement.

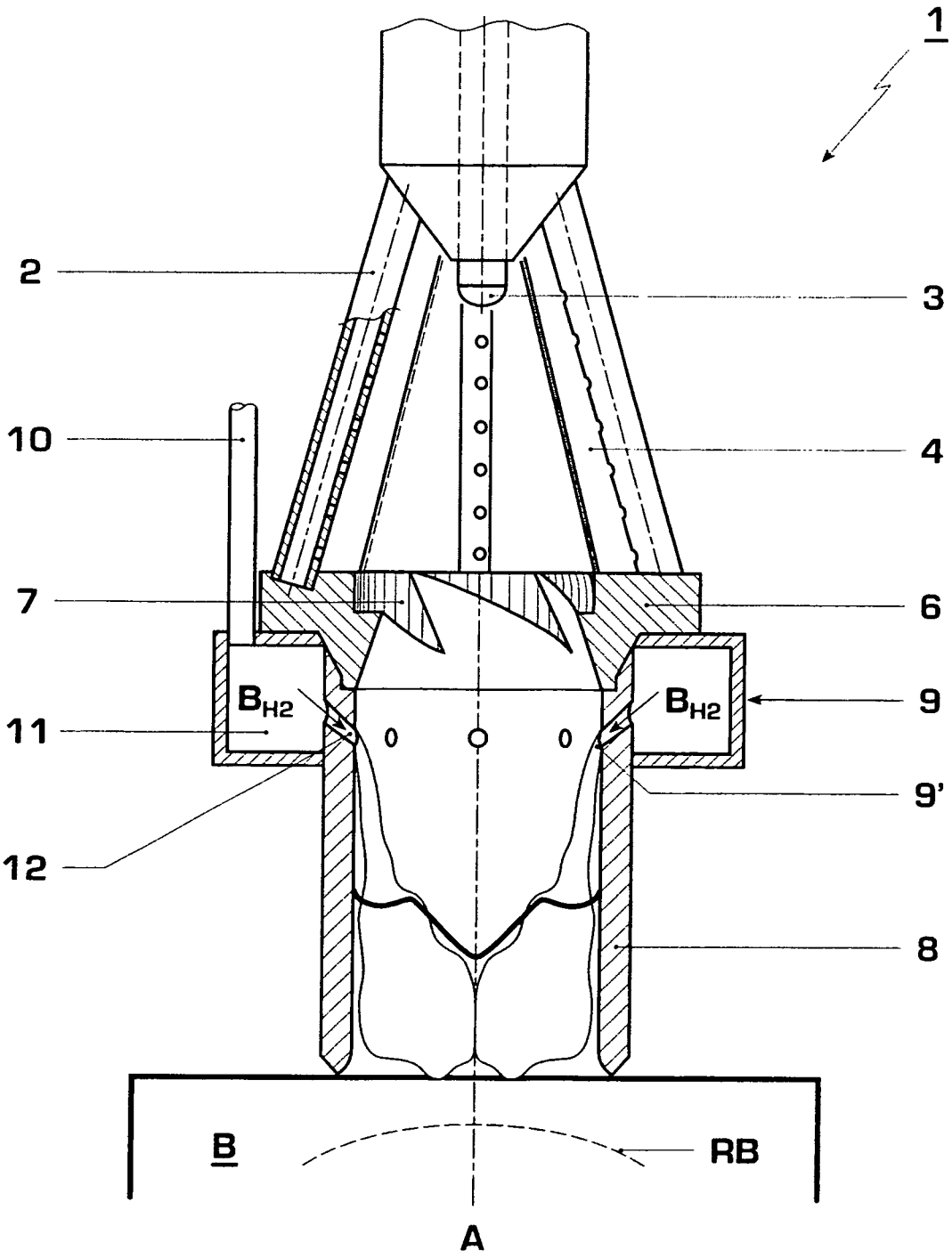

Fig. 1

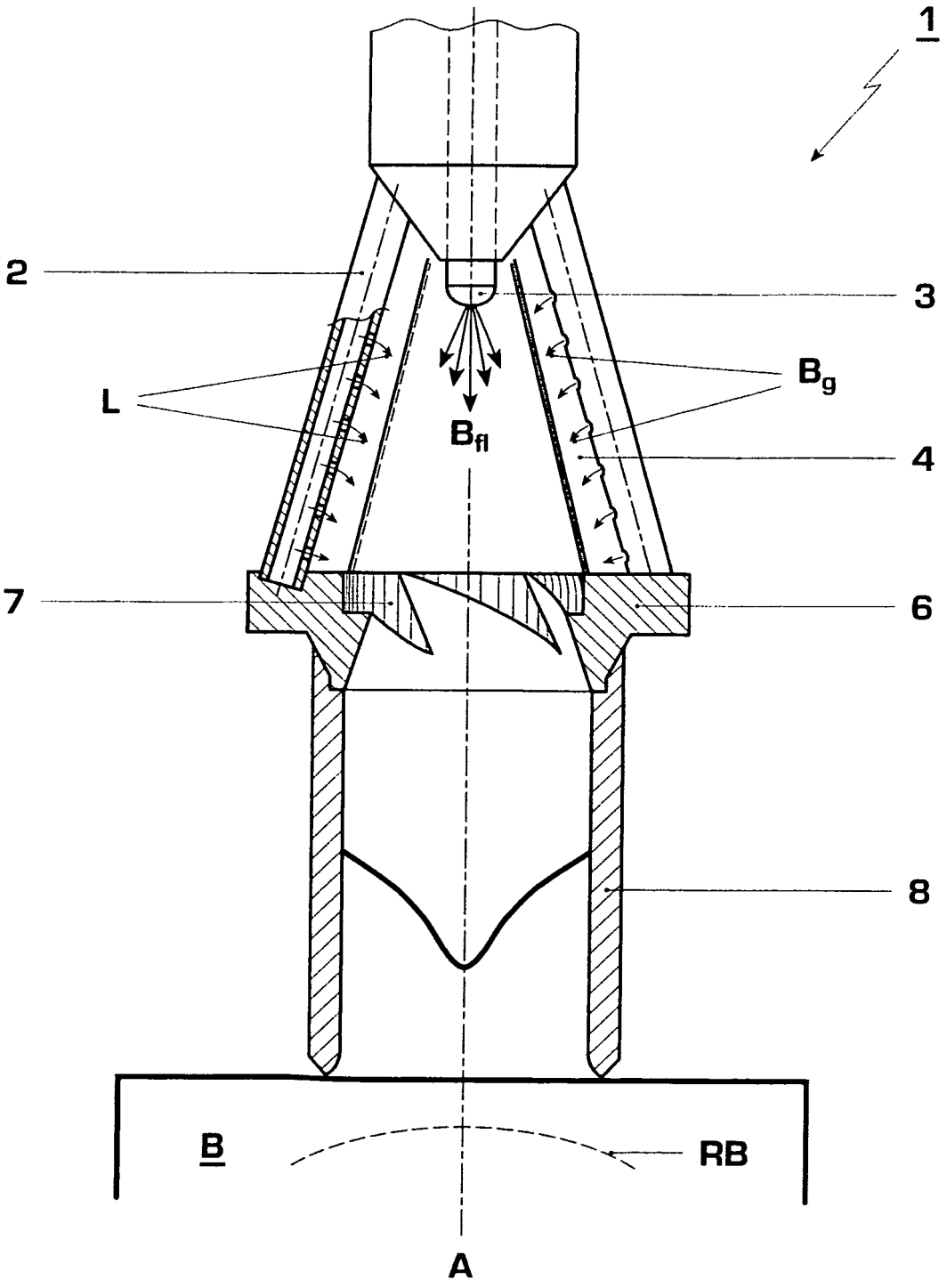

Fig. 2a

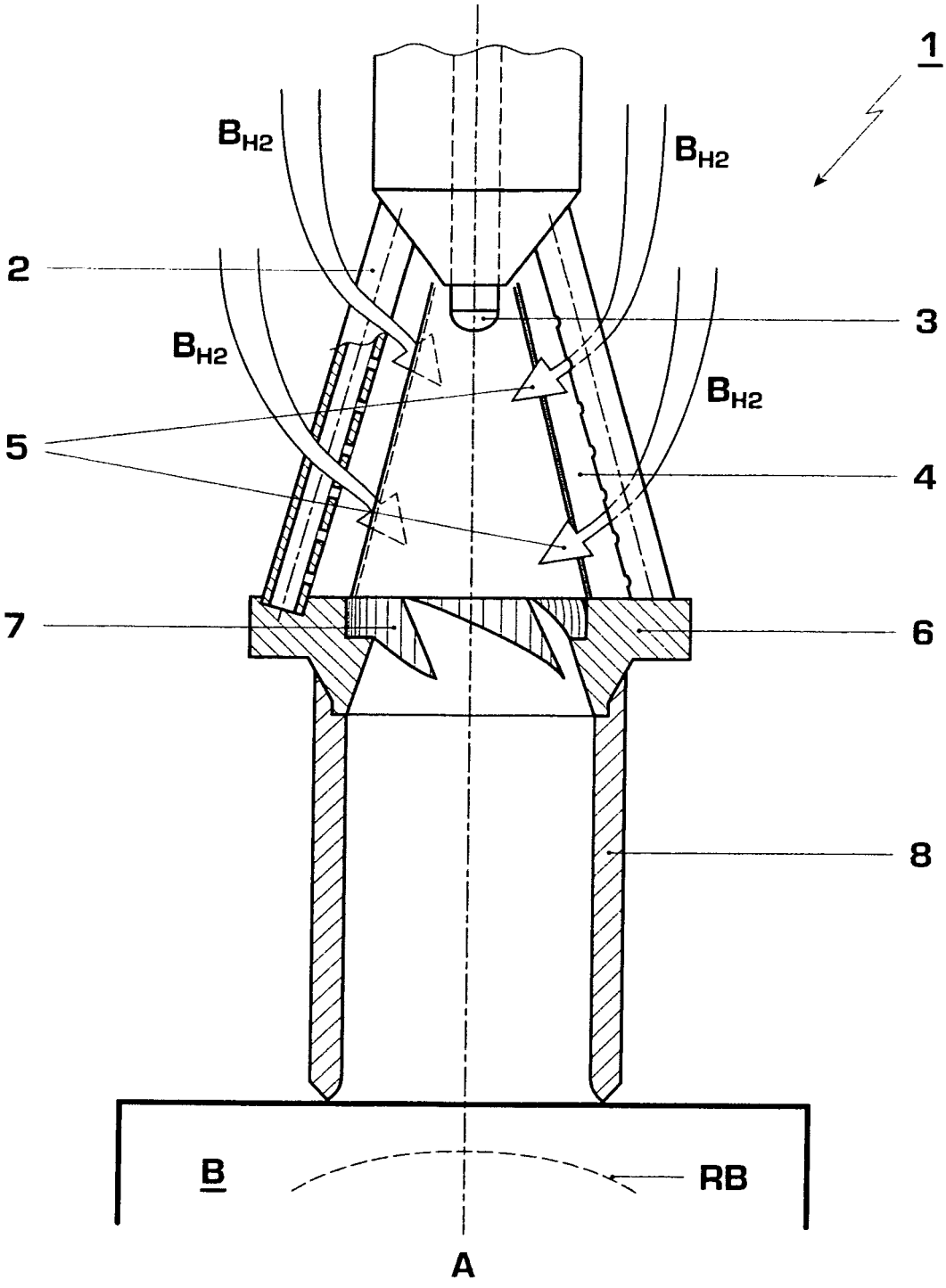

Fig. 2b

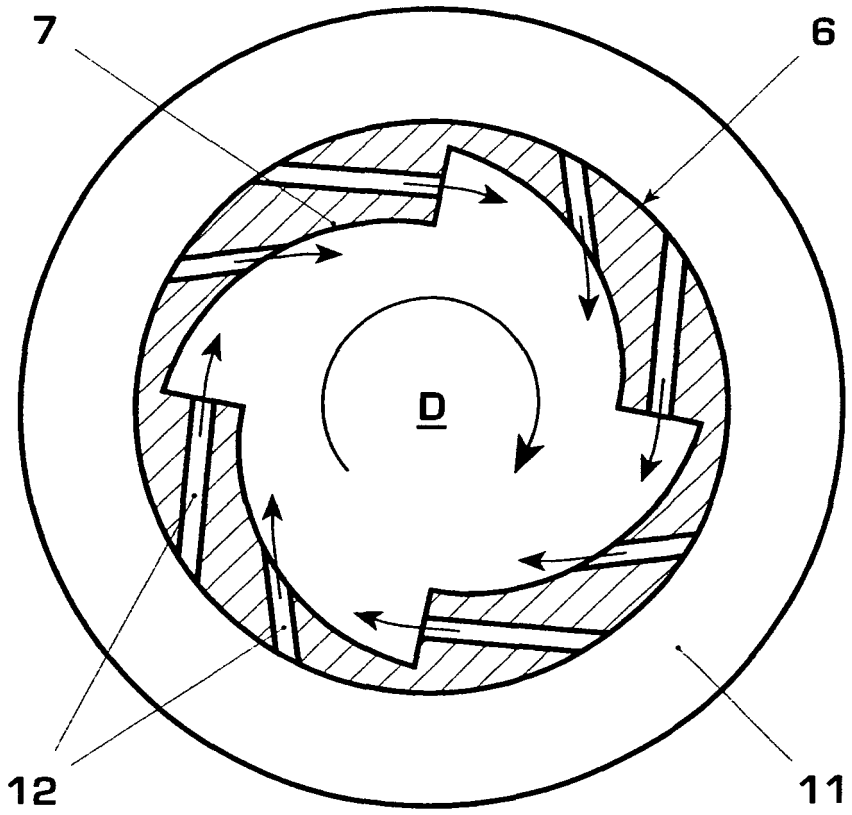

Fig. 3

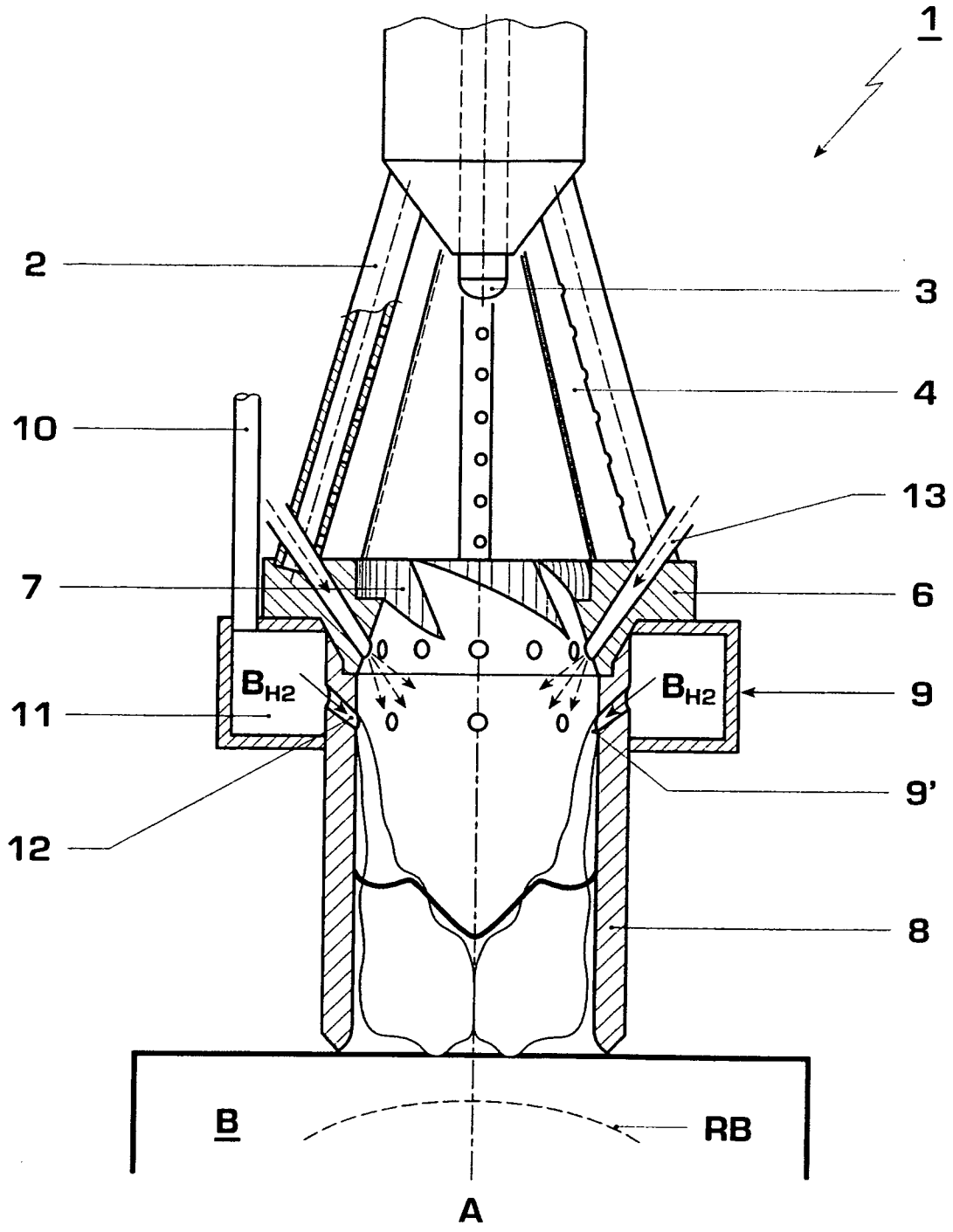

Fig. 4

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

- EP 0321809 B1 **[0003]**
- EP 0780629 A2 **[0003] [0005]**
- WO 9317279 A **[0003]**
- EP 1070915 A1 **[0003]**
- WO 2006058843 A1 **[0005]**