

⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑰ Numéro de dépôt: 90810471.4

⑤ Int. Cl.⁵: **F23D 11/40, F23C 9/00**

⑱ Date de dépôt: 22.06.90

⑳ Priorité: 22.06.89 FR 8908585

⑦ Demandeur: **Müller, Rudolf**
Chemin du Ciclet
CH-1860 Aigle(CH)

④③ Date de publication de la demande:
27.12.90 Bulletin 90/52

⑦② Inventeur: **Müller, Rudolf**
Chemin du Ciclet
CH-1860 Aigle(CH)

④④ Etats contractants désignés:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE

⑦④ Mandataire: **Nithardt, Roland**
CABINET ROLAND NITHARDT 15, rue
Edouard Verdan
CH-1400 Yverdon-les-Bains(CH)

⑤④ **Brûleur à flux torique-cyclonique pour chaudière à combustible liquide et gazeux.**

⑤⑦ Le brûleur comprend un corps tubulaire composé d'une douille intérieure (12) et d'une douille extérieure (10). La douille intérieure (12) porte un gicleur (11), une électrode d'allumage (23) et un tube d'observation (40). Un espace annulaire (E) ménagé entre les deux douilles assure l'amenée d'un flux de comburant. Un flux primaire (A) d'alimentation en gaz comburant est amené à travers des ouvertures (15) vers une plaque déflectrice (18). Cet agencement permet d'obtenir une zone de combustion torique-cyclonique (33) grâce notamment à l'existence de fentes (16) ménagées dans la plaque déflectrice (18) et de pales inclinées (13) montées dans l'espace (E) localisé entre la douille intérieure (12) et la douille extérieure (10).

Les avantages sont une meilleure homogénéité du mélange, une augmentation du temps de séjour du mélange dans la zone de combustion et un meilleur recyclage des gaz de combustion.

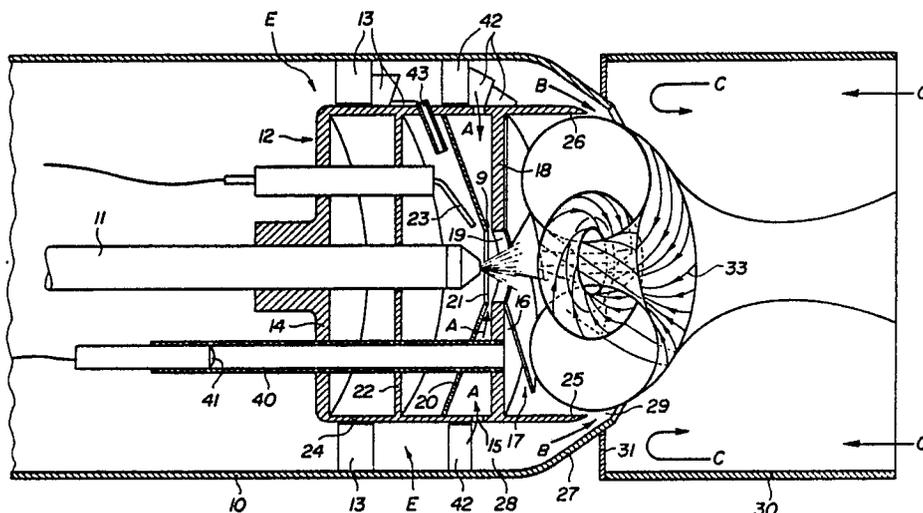


FIG. 1

EP 0 404 731 A2

BRULEUR A FLUX TORIQUE-CYCLONIQUE POUR CHAUDIERE A COMBUSTIBLE LIQUIDE ET GAZEUX

La présente invention concerne un brûleur à flux torique-cyclonique pour chaudière à combustible liquide et gazeux comportant un corps tubulaire, composé d'une douille extérieure et d'une douille intérieure montée coaxialement à la douille extérieure, un gicleur d'alimentation en combustible disposé coaxialement à l'intérieur de ces douilles et des électrodes d'allumage, dans lequel la douille intérieure et la douille extérieure définissent entre elles un espace annulaire pourvue d'une ouverture circulaire rétrécie qui débouche à l'avant du brûleur.

On connaît déjà différents types de brûleurs dans lesquels les gaz comburants et combustibles sont mélangés en aval du gicleur de manière à engendrer une combustion en deux phases destinée à améliorer la qualité de la combustion obtenue dans ce brûleur. Les brûleurs de ce type permettent souvent de réaliser une amélioration notoire de la combustion, sans pour autant atteindre les résultats escomptés, et notamment des taux d'oxyde d'azote et d'anhydride carbonique suffisamment faibles pour que les gaz de combustion rejetés soient en dessous des tolérances fixées par les normes actuelles en vigueur et en préparation pour le futur.

Il faut savoir qu'une combustion propre et complète d'un combustible liquide ou gazeux, mélangé à un gaz comburant qui est l'air ne peut être réalisée que si les trois conditions suivantes sont remplies:

- a) Le combustible doit être divisé en particules extrêmement fines,
- b) Le mélange combustible comburant doit être effectué dans des proportions parfaitement définies,
- c) Le guidage des fluides doit être assuré de façon à permettre un mélange complet des substances en présence et engendrer un écoulement dynamique fluide de gaz de combustion.

Dans un brûleur du type appelé "Low NOx", il est impératif d'obtenir une combustion en deux phases. La première phase consiste à enclencher la combustion à l'aide d'un mélange riche et la deuxième phase consiste à effectuer cette combustion dans des conditions approchant les conditions stoechiométriques. En ce qui concerne le problème de la division particulaire du carburant, on sait qu'une combustion optimale n'est possible que si le carburant se présente sous la forme de particules extrêmement fines. Par ailleurs on sait également qu'il est nécessaire d'obtenir un mélange stratifié du carburant et du comburant et qu'à cet effet il est indispensable d'utiliser au maximum les effets résultant de l'écoulement de ces fluides et des turbulences avec une faible perte de charge à l'intérieur du brûleur. D'une manière générale un excès d'air refroidit la flamme et handicape la combustion. En revanche une insuffisance d'air laisse des gaz imbrûlés et favorise la formation de monoxydes de carbone. Si le mélange carburant/comburant est mal effectué, c'est-à-dire si on aboutit à un mélange non stratifié, il n'est pas possible d'obtenir un coefficient de mélange permettant de minimiser les quantités de substances nocives et/ou polluantes dans les gaz de combustion. Dans ce cas, la flamme répond à ses propres lois de comportement dynamique. En revanche, lorsque le mélange est stratifié et se compose d'air et de particules de carburant finement divisées et brûlées dans la première phase de combustion, la flamme a une vitesse parfaitement prédéterminée. Pour que l'on puisse obtenir une flamme stable, le mélange doit être effectué avec précision et amené à une vitesse constante correspondant à la vitesse du front de la flamme. Pour que la combustion soit complète et que le rendement de la flamme soit maximal sans qu'il y ait apparition de résidus indésirables dans les gaz de combustion, il est nécessaire que les réglages permettant de définir les turbulences et la durée de séjour des gaz dans le brûleur soient parfaitement définis. Le recyclage des gaz de combustion présente des avantages bénéfiques du fait que ce recyclage permet de préchauffer le mélange, d'accroître la durée du séjour des gaz dans le brûleur et d'exercer des influences favorables sur les réactions chimiques qui se produisent. Ce recyclage doit néanmoins être effectué de façon très soignée et la quantité des gaz recyclés doit être déterminée de façon optimale en fonction des quantités d'air primaire, secondaire et tertiaire qui sont injectées.

Les brûleurs connus à ce jour ne permettent en général pas de concilier de façon optimale les différents paramètres de sorte que les résultats des analyses des gaz de combustion aboutissent généralement à des valeurs qui se trouvent au-dessus du seuil admissible par les réglementations actuelles et futures, ou il se produit souvent des oscillations de la flamme et un encrassement du dispositif, ou ils sont d'un prix exorbitant.

La présente invention se propose de pallier ces différents inconvénients en réalisant un brûleur de construction relativement simple et économique, qui permet de créer un flux torique-cyclonique avec un recyclage direct des gaz de combustion, qui a pour effet d'obtenir une division extrêmement fine des particules de carburant, un mélange stratifié du carburant et du comburant, en l'occurrence l'air, un recyclage efficace des gaz de combustion et, par la suite, un temps de séjour des gaz dans le brûleur suffisamment long pour que les résidus imbrûlés soient quasiment inexistantes.

Ce but est atteint par le brûleur selon l'invention, caractérisé en ce que la douille intérieure est obturée à l'arrière du gicleur par une plaque de fermeture hermétique, en ce qu'elle comporte à l'avant du gicleur une plaque déflectrice pourvue d'un orifice central et de fentes radiales découpées selon des plans inclinés par rapport au plan de la plaque, en ce que la paroi latérale de cette douille intérieure est pourvue d'au moins une ouverture agencée pour générer un flux primaire d'alimentation en gaz comburant débouchant sous ladite plaque déflectrice, et en ce qu'au moins une couronne de pales inclinées est disposée dans l'espace annulaire ménagé entre la douille intérieure et la douille extérieure, en amont de ladite ouverture rétrécie, pour vriller un flux secondaire d'alimentation en gaz comburant.

Selon un mode de réalisation préféré, le brûleur comporte une surface de guidage du flux primaire d'alimentation, cette surface étant disposée entre la plaque de fermeture de la douille intérieure et la plaque déflectrice, et étant pourvue d'un orifice central disposé en regard de l'orifice central de la plaque déflectrice.

D'une façon avantageuse ladite surface de guidage est agencée pour définir avec la plaque déflectrice un passage annulaire rétréci entourant l'orifice central de cette plaque, pour le flux primaire d'alimentation de gaz comburant.

De préférence, ladite surface de guidage est conique.

Dans cette forme de réalisation, la douille extérieure comporte une partie amont cylindrique et une partie aval, disposée à l'avant du gicleur, présentant une surface conique dont les génératrices convergent à l'avant du gicleur, sur l'axe de ce dernier.

Ce brûleur peut également comporter un manchon de recyclage des gaz de combustion, monté à l'avant du gicleur, ce manchon étant fixé à l'extrémité aval de la douille extérieure.

La fixation de ce manchon à la douille extérieure se fait au moyen d'une pièce annulaire disposée dans un plan perpendiculaire à l'axe de ce brûleur.

D'une façon avantageuse, la douille intérieure est équipée d'un conduit d'amenée de gaz comburant reliant l'espace annulaire (E) et l'intérieur de cette douille annulaire, de manière à dériver une partie du flux d'alimentation en gaz comburant en direction des électrodes d'allumage.

Ladite douille intérieure peut être fixée à la douille extérieure par au moins trois pattes disposées selon des plans diamétraux et de préférence par une couronne de pattes également disposées régulièrement selon des plans diamétraux.

La présente invention sera mieux comprise en référence à la description d'exemples de réalisation et du dessin annexé dans lequel:

la figure unique 1 représente une vue schématique partiellement en coupe axiale d'une forme de réalisation préférée d'un brûleur domestique ou industriel selon l'invention,

En référence à la figure, le brûleur représenté comporte essentiellement un corps tubulaire composé d'une douille extérieure 10, sensiblement cylindrique et d'une douille intérieure 12 disposée coaxialement à la douille extérieure 10. A l'intérieur de la douille intérieure 12 est monté un gicleur 11, disposé coaxialement aux douilles intérieure 12 et extérieure 10. Ces deux douilles sont disposées de manière à délimiter entre elles un espace annulaire E dont le rôle sera précisé par la suite. La douille intérieure 12 est obturée à son extrémité amont par une plaque de fermeture hermétique 14 et à son extrémité aval ou frontale par une plaque déflectrice 18 comportant une ouverture centrale 19 et une série de fentes radiales 16 qui sont disposées selon des plans inclinés par rapport au plan de la plaque. Dans la pratique, ces fentes peuvent être découpées obliquement dans la plaque, ou la plaque elle-même peut être composée d'ailettes 17 qui se chevauchent en partie pour définir lesdites fentes inclinées.

La partie latérale de la douille intérieure 12 comporte au moins une ouverture 15, mais de préférence une série d'ouvertures régulièrement espacées et disposées sur une ligne circulaire pour assurer le passage d'un flux primaire d'alimentation en gaz comburant débouchant en amont de ladite plaque déflectrice.

Ce flux d'alimentation illustré par les flèches A provient d'une soufflerie ou d'un ventilateur (non représenté) disposé à l'arrière du brûleur et qui envoie de l'air dans l'espace annulaire E d'amont en aval. Etant donné que la douille intérieure 12 est fermée, cet espace est le seul passage possible du flux d'air généré par le ventilateur.

Le flux primaire A est guidé en direction de l'orifice central 19 de la plaque déflectrice 1 et vers les fentes radiales 16 par une surface de guidage 20 qui est de préférence conique et qui présente à son sommet un orifice 21 disposé en regard de l'orifice 19. La base de cette surface est fixée à la paroi latérale 24 de la douille intérieure 12. Les bords de l'orifice 21 définissent avec les bords de l'orifice 19 un passage annulaire de section rétrécie 9 formant un étranglement par lequel l'air du flux primaire d'alimentation, qui alimente le jet de carburant éjecté par le gicleur 11 et qui protège ce dernier contre la chaleur et l'encrassement en formant un écran de protection, est accéléré.

Comme le montre la figure, la paroi latérale 24 de cette douille intérieure 12 se prolonge au-delà de la plaque déflectrice 18 par un rebord annulaire 25 qui, dans sa zone d'extrémité 26, est incurvée vers l'axe du brûleur. Par ailleurs, la douille extérieure 10 se prolonge vers l'avant du brûleur par une partie aval 27 constituée par une surface conique qui forme avec le rebord 25 un passage annulaire 28 prolongeant l'espace annulaire E et débouchant en aval du gicleur par une ouverture circulaire rétrécie 29. Ce passage annulaire 28 est traversé par un flux secondaire d'alimentation en gaz comburant représenté par les flèches B. Ce flux secondaire B d'alimentation en gaz comburant provient également du ventilateur et est canalisé par l'espace annulaire E. Ce flux secondaire B correspond partiellement au solde du flux total généré par le ventilateur après séparation du flux primaire A.

La douille intérieure 12 comporte par ailleurs une plaque intermédiaire 22, parallèle à la plaque de fermeture 14 et servant au maintien ou à la fixation d'électrodes d'allumage 23 (dont une seule est représentée par la figure), et d'un tube d'observation 40 équipé d'une cellule photoélectrique 41

La douille intérieure 12 est fixée à la douille extérieure 10 par au moins trois pattes de fixation 13 et de préférence par une couronne de pattes régulièrement espacées. Ces pattes sont disposées selon des plans diamétraux. Ladite couronne est de préférence montée à proximité de l'extrémité amont de la paroi latérale 24 de la douille intérieure

Une couronne de pales inclinées 42 est montée dans l'espace annulaire E en aval de la couronne de pattes de fixation 13. Ces pales ont pour objet de vriller le flux secondaire B d'alimentation en gaz comburant et d'engendrer l'effet cyclonique à l'avant du gicleur. En d'autres termes, ces pales ont pour objet de donner au flux de gaz B une composante de rotation autour de l'axe de l'injecteur. Cet effet est par ailleurs complété par le passage du flux primaire à travers les fentes 16. L'effet obtenu a pour conséquences :

- une meilleure homogénéité du mélange,
- une augmentation du temps de séjour du mélange combustible dans la zone de combustion,
- un meilleur recyclage des gaz de combustion.

Un conduit 43 d'amenée de gaz comburant, de préférence de l'air, est monté sur la douille intérieure 12 pour relier l'espace annulaire E et l'intérieur de cette douille, de manière à dériver une partie du flux d'alimentation en gaz comburant en direction des électrodes d'allumage 23. Le souffle d'air engendré à travers ce conduit fait dévier l'arc d'allumage produit entre les électrodes vers le gicleur 11.

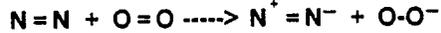
En avant du corps du brûleur, se trouve un manchon 30, relié par une pièce annulaire 31 à la douille extérieure 10. Les gaz de combustion sont recyclés selon une trajectoire illustrée par les flèches C, dans une direction opposée à celle de la flamme, c'est-à-dire d'aval en amont. Ce phénomène contribue à stabiliser la flamme.

L'effet torique-cyclonique schématiquement représenté par le tracé de courbes et de flèches 33 est obtenu par la combinaison de plusieurs effets. Un premier effet est obtenu par l'injection de gouttelettes de combustible dans le sens opposé de rotation du tourbillon torique-cyclonique. Un deuxième effet étant provoqué par l'alimentation primaire en gaz comburant qui se fait, à une vitesse faible, à travers ouvertures 15 et les fentes 16 ménagées entre les ailettes 17 inclinées de la plaque déflectrice 18. Ces ailettes inclinées selon un angle prédéterminé provoquent une pénétration de l'air correspondant à l'alimentation primaire selon un ensemble de courants tourbillonnaires encerclant le flux de fluide carburant. Une partie du flux primaire sert à former un écran de protection du gicleur 11 contre la chaleur et l'encrassement. L'alimentation secondaire en gaz comburant correspondant au flux B traverse le canal annulaire et pénètre dans l'espace localisé en avant de la plaque déflectrice 18 par l'embouchure 29. En raison de l'étranglement, l'air pénétrant dans cette zone traverse le canal et est fortement accéléré. En outre, la déviation obtenue grâce à l'existence des rebords 25 et 27 engendre un courant enveloppant qui crée une zone cyclonique et en rotation torique très stable au voisinage de la plaque déflectrice. En outre, la composante de rotation engendrée par les pales 42 favorise la dynamique particulière du flux gazeux dans cette zone. Cette zone torique-cyclonique permet d'améliorer la division des particules de fluide carburant et d'homogénéiser de façon très efficace le mélange carburant/ comburant. En outre, elle permet de prolonger sensiblement la durée de séjour des gaz dans la zone de combustion, ce qui constitue un des atouts particulièrement favorables à une combustion complète. Enfin, le recyclage des gaz de combustion à travers le manchon 30 permet de maintenir le mélange gazeux dans la zone de combustion à une température de préchauffage relativement élevée et d'assurer une combustion complète des éventuels gaz imbrûlés initialement entraînés dans les gaz de combustion.

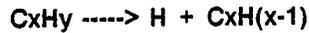
Les résultats des tests effectués démontrent de façon particulièrement claire que la combinaison des différents effets obtenus grâce à des particularités constructives de ce brûleur, aboutit à des résultats pratiques très favorables. D'une manière plus précise, la combustion, grâce à la chaleur qu'elle dégage, provoque la vaporisation des fines particules de carburant qui se mélangent, grâce à la turbulence, à une

quantité prédéterminée d'air. On considère que le carburant a pour formule C_xH_y où x et y ont des valeurs différentes réparties dans une gamme déterminée. L'air est constitué essentiellement d'un mélange de 21% d'oxygène et d'environ 78% d'azote, de 1% d'argon et de quelques traces d'anhydride carbonique et d'autres gaz. Les réactions qui se produisent lors de la combustion, et notamment grâce à l'échauffement du mélange à la température d'allumage, sont les suivantes:

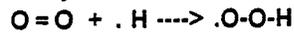
Formation d'un ion négatif d'oxygène par les chocs thermiques dans l'air selon la relation :



Formation d'un radical carburant et d'un radical d'hydrogène par pyrolyse selon la relation :



L'ion d'oxygène réagit immédiatement avec le carburant et le radical hydrogène avec l'oxygène ou avec du carburant selon les relations suivantes:



Le radical peroxyde H-O-O réagit également comme deshydrogénant sur le carburant selon la relation :



tandis que l'ion H-O-O engendre une réaction d'oxydation selon la relation :



La combustion qui s'établit après l'allumage présente deux caractéristiques fondamentales :

1 - Les ions et les radicaux qui se forment au moment de l'allumage sont constamment renouvelés en fonction des besoins et le combustible se transforme au fur et à mesure de son utilisation

2 - Suite aux réactions exothermiques qui dégagent une température élevée, l'allumeur est auto-entretenu.

En présence d'humidité dans l'air comburant, les radicaux H et O-H-sont considérablement augmentés ce qui permet d'accroître la qualité de la combustion. Une combustion idéale d'un combustible C_xH_y en présence de la quantité d'air stoechiométrique théoriquement nécessaire pour assurer une combustion complète correspond à l'équation chimique suivante :



étant entendu que l'air de combustion comporte une part d'oxygène pour 4 parts d'azote. Le rapport de combustion est donné dans ce cas par la formule suivante:

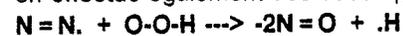
$$\text{Lambda} = \frac{\text{Poids moléculaire air}}{\text{Poids moléculaire combustible} \times 5 \cdot (x + y/4)}$$

Cette combustion théorique n'est en général pas possible dans la pratique étant donné que la réaction de décomposition en radicaux ne se fait pas aussi proprement.

Parallèlement aux réactions selon la relation théorique ci-dessous



on effectue également des décompositions selon les relations suivantes:



au cours desquelles on obtient une combustion incomplète des hydrocarbures, du monoxyde de carbone ainsi que la formation de suie selon la relation



Les avantages du brûleur ci-dessus sont obtenus essentiellement grâce audit effet torique-cyclonique qui est engendré par les caractéristiques constructives définies précédemment. La position axiale de la douille intérieure peut être modifiée selon la puissance du brûleur.

La présente invention n'est pas limitée aux formes de réalisation décrites, mais peut subir différentes modifications et se présenter sous diverses variantes évidentes pour l'homme de l'art. En particulier, le nombre de pales inclinées, ou de couronnes de pales, n'est pas limité. Celui des fentes 16 peut être augmenté ou diminué et les dimensions des différentes ouvertures pour le passage des flux d'alimentation en gaz comburant peuvent être modifiées.

Revendications

1. Brûleur à flux torique-cyclonique pour chaudière à combustible liquide et gazeux comportant un corps tubulaire, composé d'une douille extérieure (10) et d'une douille intérieure (12) montée coaxialement par rapport à la douille extérieure, un gicleur (11) d'alimentation en combustible disposé coaxialement à l'intérieur de ces douilles et des électrodes d'allumage (23), dans lequel la douille intérieure et la douille extérieure définissent entre elles un espace annulaire (E) pourvu d'une ouverture circulaire rétrécie (29) qui débouche à l'avant du brûleur, caractérisé en ce que la douille intérieure (12) est obturée à l'arrière du gicleur (11) par une plaque (14) de fermeture hermétique, en ce qu'elle comporte à l'avant du gicleur une plaque déflectrice (18) pourvue d'un orifice central (19) et de fentes radiales (16) disposées selon des plans inclinés par rapport au plan de la plaque, en ce que la paroi latérale (24) de cette douille intérieure est pourvue d'au moins une ouverture (15) agencée pour générer un flux primaire d'alimentation (A) en gaz comburant, débouchant en amont ladite plaque déflectrice, et en ce qu'au moins une couronne de pales inclinées (42) est disposée dans l'espace annulaire (E) ménagé entre la douille intérieure et la douille extérieure, en amont de ladite ouverture rétrécie (29), pour vriller un flux secondaire d'alimentation (B) en gaz comburant.

2. Brûleur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte une surface de guidage (20) du flux primaire d'alimentation (A), cette surface étant disposée entre la plaque de fermeture (14) de la douille intérieure et la plaque déflectrice (18), cette surface de guidage étant pourvue d'un orifice central (21) disposé en regard de l'orifice central (19) de la plaque déflectrice (18).

3. Brûleur selon la revendication 2, caractérisé en ce que la surface de guidage (20) est agencée pour définir avec la plaque déflectrice (18) un passage annulaire rétréci (9) entourant l'orifice central de cette plaque, pour le flux primaire d'alimentation de gaz comburant.

4. Brûleur selon la revendication 3, caractérisé en ce que ladite surface de guidage (20) est conique.

5. Brûleur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la douille extérieure (10) comporte une partie amont cylindrique et une partie aval (27), disposée à l'avant du gicleur (11) présentant une surface conique dont les génératrices convergent à l'avant du gicleur, sur l'axe de ce dernier.

6. Brûleur selon la revendication 5, caractérisé qu'il comporte un manchon (30) de recyclage des gaz de combustion, monté à l'avant du gicleur (11), ce manchon étant fixé à l'extrémité aval (27) de la douille extérieure (10).

7. Brûleur selon la revendication 6, caractérisé en ce que le manchon (30) est fixé à la douille extérieure au moyen d'une pièce annulaire (31) disposée dans un plan perpendiculaire à l'axe de ce brûleur.

8. Brûleur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la douille intérieure (12) est équipée d'un conduit d'amenée (43) de gaz comburant reliant l'espace annulaire (E) et l'intérieur de cette douille (12), de manière à dériver une partie du flux d'alimentation en gaz comburant en direction des électrodes d'allumage (23).

9. Brûleur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la douille intérieure (12) est fixée à la douille extérieure (10) par au moins trois pattes (13) disposées selon des plans diamétraux.

10. Brûleur selon la revendication 9, caractérisé en ce que la douille intérieure (12) est fixée à la douille extérieure (10) par une couronne de pattes (13) disposées régulièrement selon des plans diamétraux.

45

50

55

FIG. 1
FIG. 2
FIG. 3
FIG. 4
FIG. 5
FIG. 6
FIG. 7
FIG. 8
FIG. 9
FIG. 10
FIG. 11
FIG. 12
FIG. 13
FIG. 14
FIG. 15
FIG. 16
FIG. 17
FIG. 18
FIG. 19
FIG. 20
FIG. 21
FIG. 22
FIG. 23
FIG. 24
FIG. 25
FIG. 26
FIG. 27
FIG. 28
FIG. 29
FIG. 30
FIG. 31
FIG. 32
FIG. 33
FIG. 34
FIG. 35
FIG. 36
FIG. 37
FIG. 38
FIG. 39
FIG. 40
FIG. 41
FIG. 42
FIG. 43
FIG. 44
FIG. 45
FIG. 46
FIG. 47
FIG. 48
FIG. 49
FIG. 50
FIG. 51
FIG. 52
FIG. 53
FIG. 54
FIG. 55
FIG. 56
FIG. 57
FIG. 58
FIG. 59
FIG. 60
FIG. 61
FIG. 62
FIG. 63
FIG. 64
FIG. 65
FIG. 66
FIG. 67
FIG. 68
FIG. 69
FIG. 70
FIG. 71
FIG. 72
FIG. 73
FIG. 74
FIG. 75
FIG. 76
FIG. 77
FIG. 78
FIG. 79
FIG. 80
FIG. 81
FIG. 82
FIG. 83
FIG. 84
FIG. 85
FIG. 86
FIG. 87
FIG. 88
FIG. 89
FIG. 90
FIG. 91
FIG. 92
FIG. 93
FIG. 94
FIG. 95
FIG. 96
FIG. 97
FIG. 98
FIG. 99
FIG. 100

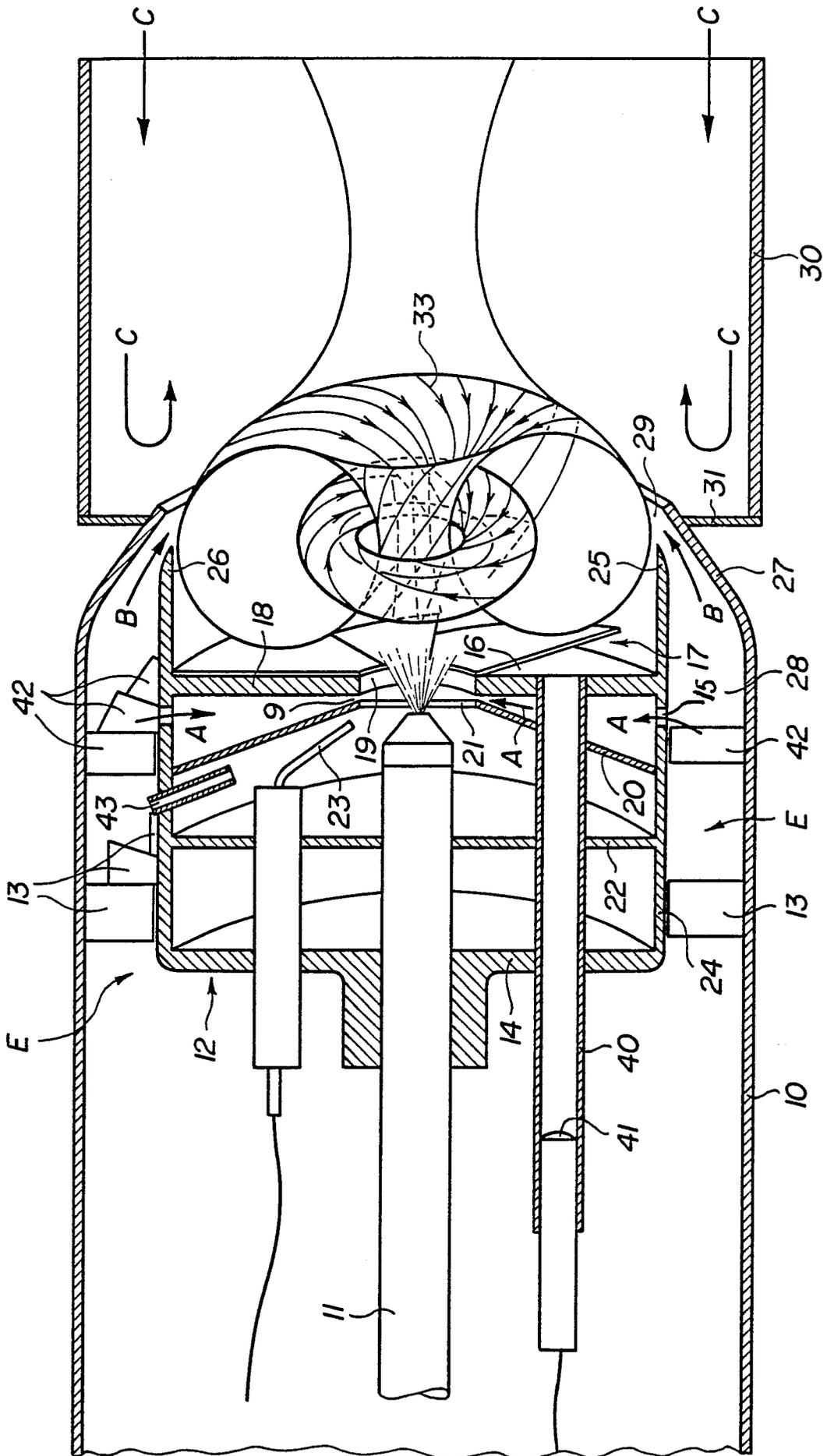


FIG. 1