

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. Februar 2009 (12.02.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/019140 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/059744

(22) Internationales Anmeldedatum:
24. Juli 2008 (24.07.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 036 953.2 4. August 2007 (04.08.2007) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT E. V.** [DE/DE]; Linder Höhe, 51147 Köln (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHÜTZ, Harald** [DE/DE]; Im Fuchsdriesch 8, 53773 Hennef (DE). **SCHMITZ, Guido** [DE/DE]; Annaberger Str. 216, 53175 Bonn (DE).

(74) Anwalt: **SELTING, Günther**; Deichmannhaus am Dom, Bahnhofsvorplatz 1, 50667 Köln (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

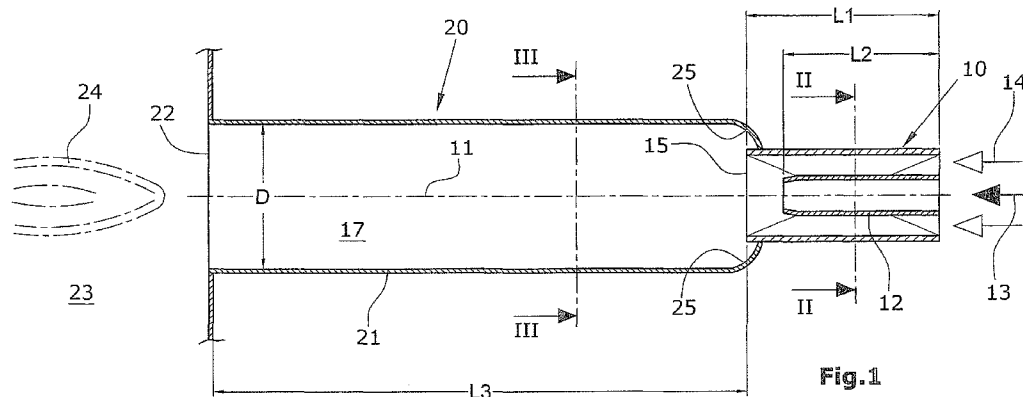
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

(54) Title: BURNER

(54) Bezeichnung: BRENNER



(57) Abstract: A burner having an inlet (10) and a mixing path (20) is designed such that the inlet (10) has a rectangular cross section. The mixing path (20) adjacent thereto has a round cross section and a larger diameter, thus forming four transitional stages (25). The transitional stages (25) form two secondary vortices, thus improving the distribution of the fuel in the radial direction. The burner provides combustion with low emissions of hazardous substances, and with low emission of nitrogen oxides.

(57) Zusammenfassung: Ein Brenner mit einem Einlauf (10) und einer Mischstrecke (20) ist so ausgebildet, dass der Einlauf (10) rechteckigen Querschnitt hat. Die sich daran anschließende Mischstrecke (20) hat runden Querschnitt und einen größeren Durchmesser, so dass vier Übergangsstufen (25) gebildet werden. Die Übergangsstufen (25) bewirken die Ausbildung von vier Sekundärwirbeln, wodurch die Verteilung des Brennstoffs in radialer Richtung verbessert wird. Der Brenner bewirkt eine schadstoffarme Verbrennung mit niedriger Stickoxidemission.

WO 2009/019140 A2

Brenner

Die Erfindung betrifft einen Brenner mit einem Einlauf, der Einlässe für Brennstoff und Luft aufweist und einer sich an den Einlauf anschließenden Mischstrecke.

In EP 0 463 218 B1 ist ein Brenner beschrieben, der einen Einlauf mit koaxialen Einlässen für Brennstoff und Luft aufweist. An den Brennereinlauf schließt sich eine Mischstrecke an, in der Brennstoff und Luft sich mischen bevor das Gemisch in eine Brennkammer eintritt. Treibstoff und Luft haben einen solchen Strömungsimpuls, dass eine Verbrennung erst in der Brennkammer stattfindet.

In DE 43 29 237 A1 ist eine Anordnung zur Vergleichmäßigung der Staubbelastung eines Gasstromes in einem Kanal beschrieben. Hierbei wird ein Kohlenstaub-Trägergas-Gemischstrom einem Brenner zugeführt. In einem Fall ist

- 2 -

eine rechteckige Anströmleitung vorgesehen, die Seitenprallelemente sowie Lenk- und Leitelemente zur Führung des Staubstromes und zur Ableitung in die Mitte der Anströmleitung aufweist. Die Anströmleitung mündet in einen Konus, der mit seinem rückwärtigen Ende die Anströmleitung umgibt und dort Lufteinlässe aufweist. Das Staub-Luft-Gemisch durchläuft einen Luftring und wird in einer Brennkammer verbrannt.

DE 23 52 204 A1 beschreibt eine zylindrische Brennkammer, die von einer Gaseintritts-Ringkammer und von einem Wärmetauscher umgeben ist. Die aus der Brennkammer austretenden Verbrennungsgase werden durch den Wärmetauscher geleitet. In einer Ausführungsform kann ein rechteckiger Brenner- und Flammrohrteil mit einem zylindrischen Hauptbrennraum oder ein zylindrischer Brenner- und Flammrohrteil mit einem rechteckigen Hauptbrennraum zu einer Gesamtanlage kombiniert werden.

EP 1 112 972 A1 beschreibt eine Brennvorrichtung mit einem rechteckigen oder runden Brennerblock, der von einem Düsenring umgeben ist, aus welchem ein Inertgas austritt. Das Inertgas erzeugt einen ringförmigen Schutzgasmantel von rechteckigem Querschnitt um die Flamme herum.

Eine Verbrennungsvorrichtung für pulverisierte Kohle ist in EP 0 672 863 A2 beschrieben. Hierin ist eine Drosselstelle im Wege des Brennstoff-Luft-Gemisches vorgesehen, um die Strömung zu konzentrieren.

Bei der Verbrennung ist es im Sinne einer Reduzierung des NO_x -Ausstoßes wichtig, eine gute Durchmischung des Brennstoffs mit der Luft und eine möglichst niedrige maximale Verbrennungstemperatur zu erreichen. Der Grad der Mischung im Austritt der Brennerdüse hat einen ganz wesentlichen Einfluss auf die nachfolgenden Verbrennungsvorgänge in der Brennkammer. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Stickoxidbildung (NO_x), die ihrerseits maßgeblich durch die lokale Verbrennungstemperatur (Zeldovich oder

thermisches NO) bestimmt ist. Das Ziel einer bestmöglichen Reduktion der Stickoxidemission lässt sich folglich dadurch erreichen, indem man durch geeignete Kontrolle der Mischungs- und Verbrennungsprozesse die Verbrennungstemperatur so gering wie möglich hält ($T_{\max} < 1750 - 1800$ K). Dies lässt sich entweder durch starken Wärmeentzug im Brennraum mittels Wärmetauscher oder durch Zumischung von inerten, an den chemischen Reaktionen nur als Drittkörper beteiligter Gase (Luft, N_2 , Ar, ... usw.) erreichen. Im Falle von Gasturbinenbrennkammern wird die Verbrennungstemperatur durch einen Überschuss an Verbrennungsluft durch den Brenner reguliert. Die maßgebliche Kennzahl ist hierbei die Luftzahl λ , gebildet aus dem molaren Verhältnis von Luft zu Brennstoff bezogen auf die stoichiometrische Zusammensetzung ($\lambda = 1$). Für doppelten Luftüberschuss beispielsweise gilt dann $\lambda = 2$. Im Brenner selbst werden Brennstoff und Luft zusammengeführt und es entstehen zunächst auch bei hohem Luftüberschuss stoichiometrische Bereiche. Das Mischungsverhalten eines Brenners lässt sich nun dadurch charakterisieren, in welchem Maße auftretende λ -Inhomogenitäten im Brenner vor Eintritt in die Brennkammer abgebaut werden. Im besten Fall erreicht man ein homogenes Profil mit dem λ -Wert der zugeordneten globalen Mischung. Die entsprechende adiabate Verbrennungstemperatur der globalen Mischung kann somit als die untere Grenze der optimaler Weise zu erreichenden maximalen Verbrennungstemperatur angesehen werden, vorausgesetzt, es findet kein zusätzlicher Wärmeentzug statt. Der Grad der Annäherung an diesen Idealzustand charakterisiert die Mischungsgüte eines jeden Brenners.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Brenner mit verbessertem Mischungsverhalten zur Verringerung der Stickoxidbildung zu schaffen.

Der erfindungsgemäße Brenner ist durch den Patentanspruch 1 definiert. Er weist einen Einlauf mit im wesentlichen rechteckigem Querschnitt auf, wobei zwei parallele Wände eine lichte Weite begrenzen: Die Mischstrecke bildet einen runden Kanal, dessen Weite größer ist als die lichte Weite zwischen den

parallelen Wänden, so dass dadurch in Strömungsrichtung sich erweiternde Übergangsstufen gebildet werden.

Durch die Erfindung wird erreicht, dass an den Übergangsstufen Querströmungen initiiert werden, durch die der Mischungsvorgang durch Erhöhung des turbulent diffusen Transportes sowie der Induktion eines konvektiven Sekundärtransportes stark verbessert wird. Dies wird dadurch erzielt, dass die Verbrennungsluft aus einem Rechteckkanal in einen Kanal mit rundem Querschnitt überführt wird. Rechteckkanal und Rundkanal sind „inline“, d. h. auf derselben Brennerachse angeordnet und bilden auf ihrer Übergangsfläche zwei zueinander parallele Stufen (Übergangsstufen) aus. Es entsteht ein konvektiv-diffusiver Transport des Brennstoff-Luft-Gemisches und eine starke und gleichmäßige Ausbreitung des Brennstoffs auch in radialer Richtung. Die maximale Brennstoffkonzentration am Ausgang der Mischstrecke ist somit gering und die Verteilung des Brennstoffs über den Querschnitt des Mischkanals wird verbessert. Die Folge ist eine Reduktion der thermischen Stickoxidbildung. Die Übergangsstufen zwischen eckigem und rundem Querschnitt bewirken die Induktion von vier Sekundärwirbeln, die jeweils um eine parallel zu der Brennerachse, jedoch radial versetzt, verlaufende Wirbelachse rotieren. Die Rotationen benachbarter Sekundärwirbel haben entgegengesetzten Drehsinn.

Vorzugsweise ist die Abmessung des Einlaufs rechteckig zu der lichten Weite größer als die Weite des Kanals. Dies bedeutet, dass der Einlauf den runden Kanal seitlich überragt. Das Querschnittsverhältnis des mit dem runden Kanal deckungsgleichen Anteils der Fläche des Einlaufs sollte etwa $2/3$ der Fläche des runden Kanals betragen. Die Querschnitte der Fläche des Einlaufs und der Fläche des runden Kanals sollten etwa gleich groß sein. Das Verhältnis der Längen der zueinander rechtwinklig verlaufenden Seiten des Einlaufs beträgt vorzugsweise 2,5 bis 3,5.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung enthält der Einlauf eine Brennstofflanze, die im Abstand vor der Mischstrecke endet.

Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert.

Es zeigen:

- Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen Brenner nach der Erfindung,
- Fig. 2 einen Schnitt entlang der Linie II-II von Figur 1,
- Fig. 3 einen Schnitt entlang der Linie III-III von Figur 1,
- Fig. 4 eine perspektivische Darstellung der vier sich in der Mischkammer ausbildenden und in dieser fortschreitenden Sekundärwirbel,
- Fig. 5 eine Darstellung der Strömungsvektoren in einer Querebene des runden Kanals und
- Fig. 6 eine Stirnansicht in die Brennkammer eines Ringbrennersystems mit zahlreichen Brennern.

Der Brenner nach den Figuren 1 – 5 weist einen Einlauf 10 auf, der aus einem Rohr von im wesentlichen rechteckigem Querschnitt besteht. Der Einlauf 10 hat zwei Paare jeweils paralleler Wände. Entlang der Längsachse des Einlaufs 10, welche die Brennerachse 11 bildet, ist eine Brennstofflanze 12 angeordnet. Diese besteht aus einem Rohr von rundem Querschnitt. Die Brennstofflanze 12 wird mit Brennstoff 13 versorgt, während der die Brennstofflanze 12 umgebende Raum des Einlaufs 10 mit Luft 14 versorgt wird. Als Brennstoff wird beispielsweise Methan (CH_4) benutzt. Sowohl der Brennstoff als auch die Luft werden mit hohen Drücken zugeführt. Die Brennstofflanze 12 endet in einem Abstand vor dem Auslassende 15 des Einlaufs 10.

An den Einlauf 10 schließt sich eine Mischstrecke 20 an. Diese besteht aus einem Rohr 21 von rundem Querschnitt, das den Kanal bildet. Das zylindrische Rohr 21 ist koaxial zur Brennerachse 17 angeordnet und abdichtend mit dem Auslassende des Einlaufs 10 verbunden. Das Auslassende 22 der Mischstrecke 20 ist offen. Die Mischstrecke mündet hier in eine Brennkammer 23, in der sich eine Flamme 24 ausbildet.

Der Innendurchmesser D des Rohres 21 ist größer als die lichte Weite W des Einlaufs 10, welche durch den gegenseitigen Abstand zweier paralleler Wände des Einlaufs definiert wird. Daher ist an jeder der vier parallelen Wände des Einlaufs 10 am Auslassende 15 eine Übergangsstufe 25 ausgebildet, bei der im Strömungsweg des Gasgemisches die betreffende Seitenwand zurückweicht. Die Wände des Einlaufs 10 überragen nach entgegengesetzten Seiten hin die Kontur des Kanals 17. Die Flächen des Einlaufs 10 und des Kanals 17 verhalten sich etwa wie 1:1. Wie aus den Figuren 3 und 5 ergibt, beträgt das Querschnittsverhältnis des mit dem runden Kanal 17 deckungsgleichen Anteils der Fläche des Einlaufs 10 etwa $2/3$ der Fläche des runden Kanals 17. Die Abmessung W_r des Einlaufs 10 rechtwinklig der lichten Weite W ist größer als die Weite D des Kanals 17. Durch diese Kanalgestaltung ergibt sich hinter dem Auslassende 15 des Einlaufs 10 ein radialer Impuls auf die Gemischströmung. Infolge der vier Übergangsstufen 25 ergeben sich um den Umfang verteilt im Mischrohr insgesamt vier Wirbel, die nachfolgend noch erläutert werden.

Bei einem praktisch ausgeführten Ausführungsbeispiel beträgt die Gesamtlänge L_1 des Einlaufs 10 14 mm und die Länge der Brennstofflanze 12 beträgt 11 mm, so dass die Brennstofflanze im Abstand von 3 mm vor dem Auslassende 15 endet. Die Länge der Mischstrecke 20 beträgt bei diesem Beispiel 30 – 40 mm.

In den Figuren 4 und 5 sind die Strömungsverhältnisse in der Mischstrecke 20 dargestellt. Bei einer gasturbinenrelevanten Anwendung sei eine Luftzahl der globalen Mischung von $\lambda = 2,16$ vorgegeben. Die Lufttemperatur beträgt 720K,

womit sich die adiabate Flammentemperatur zu ca. 1.750K ergibt. Bei idealer, d.h. vollständiger Durchmischung, ergibt sich daraus eine NO_x -Emission von ca. 2 ppm. Der Stromlinienverlauf in Figur 5 zeigt, dass die Strömung aus dem Rechteckeinlauf bevorzugt in den Bereich der größten Stufenhöhe strömt. Im weiteren Verlauf der Strömung in der Mischstrecke wird dies aus Kontinuitätsgründen durch die Bildung von vier achsensymmetrischen Sekundärwirbeln W1 - W4 ausgeglichen. Der Brennstoff wird über die auf der Brennerachse angeordnete Brennstofflanze 12 axial in Höhe der Übergangsstufen direkt in die Symmetrieachse dieser vier Sekundärwirbel eingedüst. Der beschriebene konvektiv/diffusive Transport bewirkt eine relative starke und gleichmäßige Ausbreitung des Brennstoffes in radialer Richtung. Figur 4 zeigt weiterhin, dass die anfänglich 100%-ige CH_4 -Konzentration am Brennstoffeinlass bis auf einen maximalen Wert von 8% ($\lambda=1.2$) auf der Brennerachse im Brenneraustrittsquerschnitt verdünnt wird. Demgegenüber zeigt ein kommerziell verfügbarer Vergleichsbrenner eine relativ hohe CH_4 -Konzentration von ca. 13% ($\lambda=0.7$). Der höhere minimale λ -Wert im Bereich der maximalen Brennstoffkonzentration führt schließlich zu lokal erheblich niedrigeren Maximaltemperaturen in der Brennkammer. Damit wird durch den Einsatz des vorgestellten neuen Brennerkonzepts das Potential zur Reduktion der thermischen Stickoxidbildung deutlich gesteigert.

Die Sekundärwirbel W1 - W4 befinden sich jeweils in einem Quadranten des Querschnitts der Mischstrecke 20. Die Drehrichtungen zweier benachbarter Sekundärwirbel sind entgegengesetzt. Durch die Sekundärwirbel wird der Brennstoff nach außen getragen und die Brennstoffverteilung wird gleichmäßig. Die Übergangsstufen 25 bewirken eine Geschwindigkeitskomponente in Querrichtung.

Figur 6 zeigt ein Ringbrennersystem, wie es beispielsweise in stationären Gasturbinen zur Anwendung kommt. Zahlreiche Brenner B der oben beschriebenen Art sind ringförmig angeordnet, so dass sie in eine gemeinsame

Brennkammer 23 einmünden. Die Einläufe 10 der einzelnen Brenner B sind gegeneinander abgegrenzt. Sie sind gekrümmt, um insgesamt die Ringstruktur zu ergeben.

Der erfindungsgemäße Brenner eignet sich insbesondere für Gasturbinen sowohl zur Energiegewinnung als auch in Flugzeugen. Er kann aber auch für Heizungszwecke eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Brenner mit einem Einlauf (10), wobei der Einlauf (10) Einlässe für Luft und für Brennstoff aufweist und der Einlass für Brennstoff eine Brennstofflanze (12) aufweist, und einer sich in einer Brennerachse (11) an den Einlauf (10) anschließenden und längs der Brennerachse angeordneten Mischstrecke (20), die in eine Brennkammer (23) zur Ausbildung einer Flamme mündet, wobei der Einlauf (10) im wesentlichen rechteckigen Querschnitt hat, wobei zwei parallele Wände eine lichte Weite (W) begrenzen, und wobei die Mischstrecke (20) einen runden Kanal (17) bildet, dessen Weite (D) größer ist als die lichte Weite (W) zwischen den parallelen Wänden, wobei die Mischstrecke (20) mit dem Einlauf (10) abdichtend verbunden ist, so dass dadurch in Strömungsrichtung sich erweiternde Übergangsstufen (25) gebildet sind.
2. Brenner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abmessung (W_r) des Einlaufs (10) rechtwinklig zu der lichten Weite (W) größer ist als die Weite (D) des Kanals (17).
3. Brenner nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Querschnittsverhältnis des mit dem runden Kanal (17) deckungsgleichen Anteils der Fläche des Einlaufs (10) etwa 2/3 der Fläche des runden Kanals (17) beträgt.
4. Brenner nach einem der Ansprüche 1 - 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Querschnittsverhältnis der Fläche des Einlaufs zur Fläche des runden Kanals etwa 1:1 beträgt.
5. Brenner nach einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis der Längen der Seiten des Einlaufs (10) 2,5 bis 3,5 beträgt.

6. Brenner nach einem der Ansprüche 1 - 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstofflanze (12) im Abstand vor der Mischstrecke (20) endet.

-2/3-

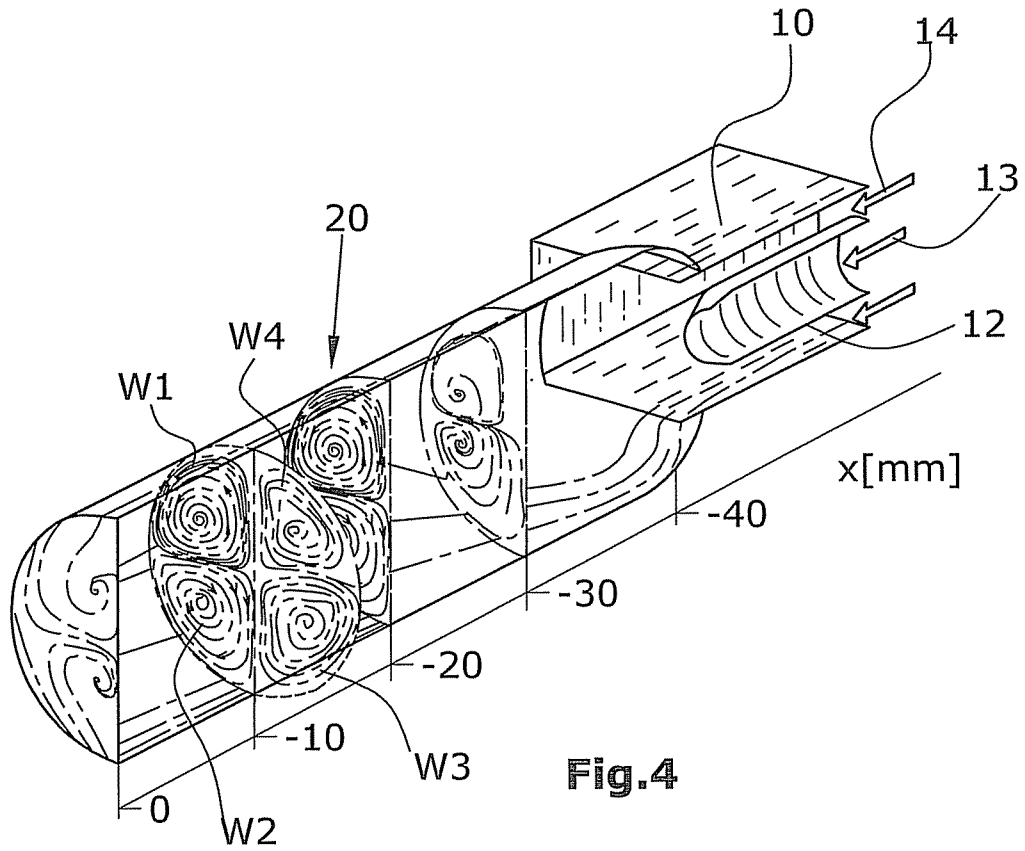


Fig.4

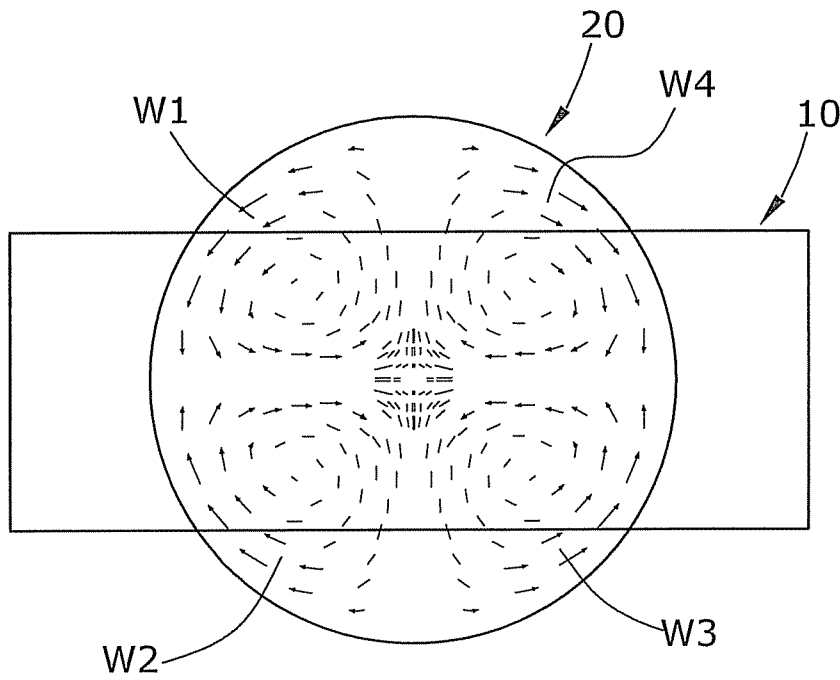


Fig.5

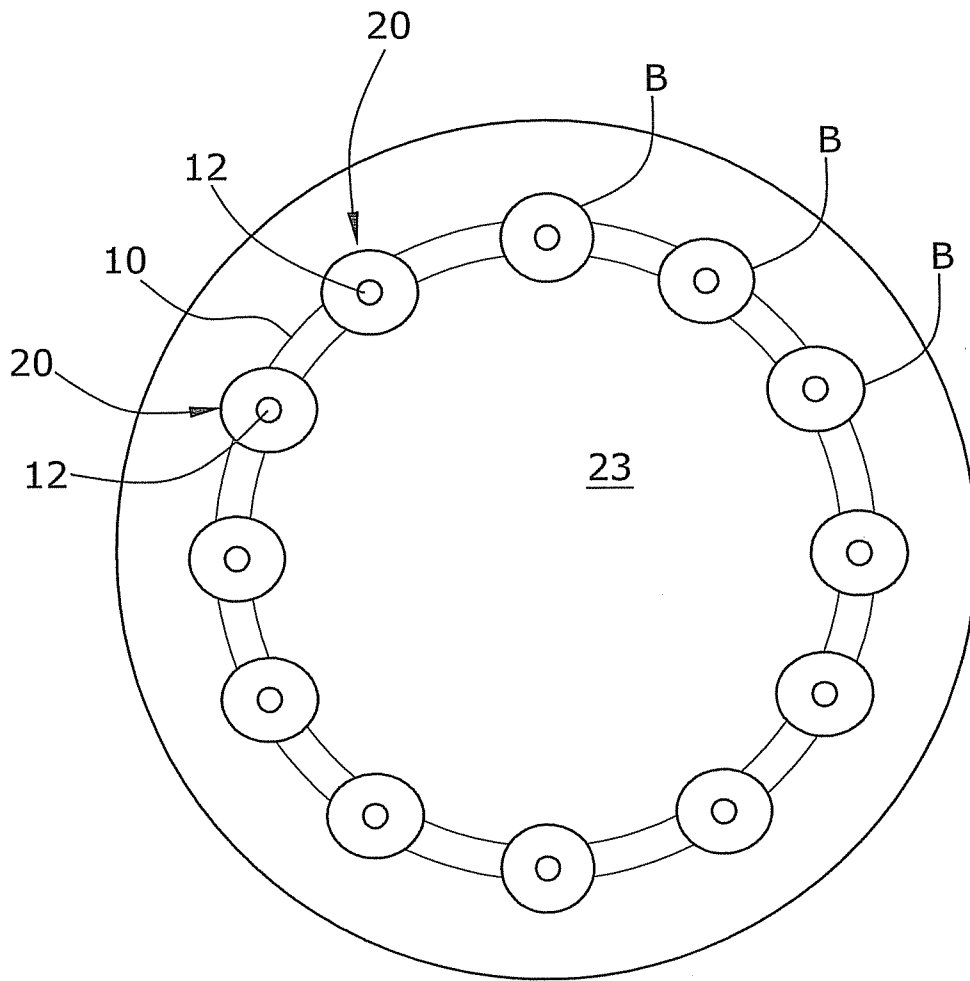


Fig.6