

(19)



(11)

EP 1 563 224 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
10.07.2013 Patentblatt 2013/28

(51) Int Cl.:
F22B 31/00 (2006.01)

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2003/003808

(21) Anmeldenummer: **03767428.0**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2004/048848 (10.06.2004 Gazette 2004/24)

(22) Anmeldetag: **18.11.2003**

(54) **DURCHLAUFDAMPFERZEUGER MIT ZIRKULIERENDER ATMOSPHERISCHER WIRBELSCHICHTFEUERUNG**

CONTINUOUS STEAM GENERATOR WITH CIRCULATING ATMOSPHERIC FLUIDISED-BED COMBUSTION

GENERATEUR DE VAPEUR CONTINU A COMBUSTION ATMOSPHERIQUE EN LIT FLUIDISE CIRCULANT

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR

- **STAMATELOPOULOS, Georg-Nikolaus**
70619 Stuttgart (DE)
- **TRAUTMANN, Günter**
71364 Winnenden (DE)

(30) Priorität: **22.11.2002 DE 10254780**

(74) Vertreter: **Rüger, Barthelt & Abel**
Postfach 10 04 61
73704 Esslingen a.N. (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.08.2005 Patentblatt 2005/33

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

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 882 872 EP-A- 1 030 150
US-A- 2 997 031 US-A- 4 544 020

(72) Erfinder:
• **WEISSINGER, Gerhard**
73257 Köngen (DE)

EP 1 563 224 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Durchlaufdampfzeuger mit zirkulierender atmosphärischer Wirbelschichtfeuerung.

[0002] Neben Naturumlauf- und Zwangumlaufdampfzeugern sind Zwangdurchlauf- bzw. Durchlaufdampfzeuger zur Erzeugung von elektrischer Energie durch Verfeuerung von beispielsweise fossilen Brennstoffen bekannt. Letztere werden insbesondere bei modernen bzw. großen Kraftwerksanlagen eingesetzt. Dabei wird die bei der Verbrennung des Brennstoffes in der Brennkammer des Durchlaufdampfzeugers entbundene Wärme an ein Arbeitsmedium durchströmte Heizflächen, bestehend aus z. B. Brennkammer- Umfassungswände, Strahlungs- bzw. Konvektivheizflächen, des Durchlaufdampfzeugers abgegeben. Das Arbeitsmedium ist dabei in einen Wasser/Dampfkreislauf einer Dampfturbine eingebunden, in der es die aufgenommene thermische Energie weitergibt.

[0003] Derartige Durchlaufdampfzeuger, bei denen das Arbeitsmedium im wesentlichen in einem Durchlauf des Dampfzeugers vorgewärmt, verdampft, überhitzt und ggf. zwischenüberhitzt wird, sind seit langem bekannt und üblicherweise mit Brennern zur Verfeuerung von fossilen Brennstoffen bestückt. Aus der Druckschrift "Zwangdurchlaufkessel für Gleitdruckbetrieb mit vertikaler Brennkammerberohrung", VGB Kraftwerkstechnik 64, Heft 4, April 1984, H. Juzi, A. Salem und W. Stocker ist ein konventioneller, kohlenstaubbefuerter Durchlaufdampfzeuger bekannt geworden. In der Regel werden die Brennkammerumfassungswände der Durchlaufdampfzeuger aus verschweißten Rohr-Steg-Rohr Verdampferheizflächen gebildet. Zur Sicherstellung einer ausreichenden Kühlung der Umfassungs-Rohrwände werden entweder geneigte Glattröhre (d. h. Röhre mit glatten Innenwänden, die innerhalb der Umfassungs-Rohrwände schräg verlaufen), innenberippte Vertikalrohre oder Fall-/Steigrohrsysteme (d. h. die Umfassungs-Rohrwände sind in mehrere Wandsektionen aufgeteilt, die nacheinander durchströmt werden, siehe auch Bild 2c der obengenannten Druckschrift) eingesetzt.

[0004] In den letzten Jahren ist man auch daran gegangen, Durchlaufdampfzeuger mit zirkulierenden Wirbelschichtfeuerungen (ZWSF) auszubilden. Dabei wird wie bei sämtlichen mit fossilen Brennstoffen befeuerten Kraftwerksanlagen versucht, die durch die Verbrennung entstehenden Emissionen zum Schutze der Umwelt zu minimieren. Dies kann durch Erhöhung des Kraftwerkprozesswirkungsgrades und die einhergehende Verminderung des Brennstoffes bewirkt werden. Ein Teil der Wirkungsgradsteigerung erfolgt dabei durch Erzeugung von Dampf mit hohen Dampfparametern (hohe Dampfdrücke und -temperaturen). Damit die Kraftwerksblöcke innerhalb eines großen Lastbereiches wirtschaftlich arbeiten, werden die Dampfzeuger im Gleitdruck betrieben. Um gleichzeitig die diversen Anforderungen (konstant hohe Dampftemperatur, gleitender Dampfdruck, hohe Laständerungsgeschwindigkeit) zu erfüllen, kommen nur die vorerwähnten Zwangdurchlaufdampfzeugersysteme zum Einsatz bzw. in Frage.

[0005] Aus Erosionsgründen können die Brennkammerumfassungswände von Durchlaufdampfzeugern mit zirkulierenden Wirbelschichtfeuerungen nicht wie bei herkömmlich kohlenstaubbefeuerten Durchlaufdampfzeugern geneigt bzw. schräg angeordnet werden, sondern müssen vertikal berohrt sein. Die zirkulierenden Wirbelschichtfeuerungen wurden deshalb vorwiegend mit Verdampfersystemen kombiniert, die im Naturumlauf- oder Zwangumlaufbetrieb arbeiten und deswegen mit vertikal berohrten Umfassungswänden ausgestattet sind. Einige wenige zirkulierende Wirbelschichtfeuerungen erzeugen den Dampf auch mit einem Zwangdurchlaufsystem, jedoch als Fall-/Steigrohrsystem und bei niedrigen Dampfdrücken (z. B. KW Moabit). Es wurden bereits Überlegungen angestellt, den Zwangdurchlaufdampfzeuger mit ZWSF auch im Druckbereich 100 bis 300 bar einzusetzen und damit wirtschaftlicher, d. h. mit weniger Brennstoff, zu betreiben. Wegen der Notwendigkeit, Brennkammerumfassungswände aus vertikalen Verdampferrohren zu bilden, wurden für die Kühlung der Verdampferwände innenberippte Röhre vorgeschlagen (siehe obengenannte Druckschrift).

[0006] Beim Übergang von Naturumlauf- zu (überkritischen) Zwangdurchlaufdampfzeugern mit hohen Dampfparametern (typischerweise 250 bis 300 bar, 560 bis 620 °C) im Leistungsbereich von 300 bis 600 MWel, ergeben sich folgende Probleme bzw. Nachteile mit dem Stand der Technik:

- ZWSF-Durchlaufdampfzeuger, die mit unterkritischen Dampfdrücken betrieben werden, benötigen im Vergleich zu überkritischen Dampfdrücken bei gleicher Dampfzeugerleistung einen höheren Brennstoffeinsatz und erzeugen dadurch mehr schädliche Emissionen.
- Vertikal berohrte Zwangdurchlaufdampfzeuger besitzen im Gegensatz zu geneigten Röhren den Nachteil, dass die Anzahl der Röhre bei einer gegebenen Brennkammergeometrie größer ist und damit die Massenstromdichte (Maß des Arbeitsmediumstromes in kg pro m² Durchströmungsquerschnitt und pro Sekunde) pro Rohr abnimmt. Um trotzdem eine ausreichende Kühlung der Röhre sicherzustellen, werden innenberippte Röhre eingesetzt oder die einzelnen Wände der Brennkammerumfassungswände hintereinander durchströmt.
- Die Aufteilung des gesamten Verdampferstromes auf mehrere in Serie geschaltete Wände besitzt mehrere Nachteile:

- 1) Die einzelnen Wände müssen über Fallrohre verbunden werden.

2) Bei der erneuten Verteilung des Verdampferstromes treten Entmischungsvorgänge auf (unterschiedliche Dampfgehalte), die am Austritt des Verdampfers als Temperaturschiefen sichtbar werden und infolge behinderter Wärmedehnung zu Rissen in den Wänden führen können.

3) Höherer Druckverlust infolge höherer Massenstromdichte. - Innenberippte Rohre besitzen größere Reibungsdruckverluste und haben den Nachteil einer Sonderfertigung und einen erhöhten Fertigungsaufwand beim Zusammensetzen von Teilflächen.

[0007] Durch Druckschrift EP 1 030 150 A1 ist eine mit Wirbelschicht betriebene Brennkammer für die Vergasung und Verbrennung von Verbrennstoffen bekannt geworden. Die in der Brennkammer freigesetzte Wärme wird an allseits der Wärme ausgesetzten Wärmetauscher-Heizflächen abgegeben, die entweder in die Wirbelschicht einer Wärmerückgewinnungskammer eintauchen oder mit dem Gasstrom oberhalb der Brennkammer in Kontakt kommen. Die Wände der Brennkammer sind aus einem Stahlblechgehäuse oder dergleichen ausgebildet anstelle aus einseitig der wärmeausgesetzten und die Brennkammer umfassenden Heizflächenrohren. In den eingesetzten und in Serie geschalteten Wärmetauscher-Heizflächen zirkuliert ein Wärmeträgermedium eines mit einer Umlaufpumpe betriebenen Zwangumlauddampferzeugers, bei dem im Gegensatz zu einem Zwangdurchlaufdampferzeuger das Wärmeträgermedium mehrmals im Kreislauf durch den Wärmeerzeuger strömt.

[0008] Durch Druckschrift EP 0 882 872 A2 ist ein gegenüber dem atmosphärischen Druck mit weitaus höherem Druck operierender Druck-Wirbelschichtkessel mit interner zirkulierender, das heißt mit stationärer Wirbelschicht für die Verbrennung von Brennstoff bekannt geworden, bei dem das bei der Verbrennung erzeugte Abgas einer Gasturbine zugeführt wird. Um die Betriebslast eines derartigen Kessels regeln zu können ohne die Höhe des Wirbelschichtbettes innerhalb der zylindrischen Brennkammer variieren zu müssen, ist die in einem Druckbehälter befindliche Brennkammer mit einer Hauptverbrennungskammer und mit einer thermischen Energierückgewinnungskammer ausgebildet. Zu verbrennungstechnischen und verfahrenseitigen Trennung dieser beiden Kammern, die Hauptverbrennungskammer liegt zentral in der Mitte und die thermische Energierückgewinnungskammer umfasst die Hauptverbrennungskammer außen, ist eine mit Ausmauerung versehene Trennwand angeordnet, die durch einzelne, nicht mittels Stegen untereinander verbundene Wasserrohre in ihrer Position fixiert wird. Durch die im oberen Teil konische Ausbildung der gemauerten Trennwand werden die Feststoffpartikel innerhalb der stationären Wirbelschicht in der Hauptverbrennungskammer derart in die Energierückgewinnungskammer geleitet, dass die Höhe des stationären Wirbelschichtbettes gleich bleibt. Die in der Brennkammer im Bereich der stationären Wirbelschicht erzeugte Wärme wird dabei innerhalb der thermischen Energierückgewinnungskammer an die in die Wirbelschicht eintauchenden und ein Arbeitsmedium, zum Beispiel wasser- bzw. dampfführenden Heizflächenrohre sowie an die Wasserrohre der außen liegenden und die Brennkammer begrenzenden Umfassungswand abgegebenen. Die die Trennwand bildenden und in die stationäre Wirbelschicht eintauchenden Wasserrohre nehmen aufgrund der sie umgebenden Außenmauerung keine oder nur eine unwesentliche Wärmemenge auf und nehmen somit in diesem Bereich nicht an der Energiegewinnung teil. Die Wasserrohre sowie die Rohre der Heizflächen sind Teil eines nicht näher bezeichneten Dampferzeuger- bzw. Boilertyps.

[0009] Aus Goidich, Lundqvist, "The utility CFB Boiler - Present status short and long term feature with super critical and ultra-super critical steam parameters" Power-Gen Conference Europe, Mailand, 11. bis 13. Juni 2002, ist ein Wirbelschichtdampferzeuger bekannt, der als Durchlaufdampferzeuger ausgestaltet ist. Die Rohre der Umfassungswände verlaufen vertikal. Zusätzlich kann in der Brennkammer eine Verdampferheizfläche vorhanden sein, um die Höhe der Brennkammer zu verringern.

[0010] Aus Goidich, "Integration of the BENSON vertical OTU technology and the compact CFB Boiler", Power-Gen International, Orlando, Florida, November 2000 ist ein Durchlaufdampferzeuger mit Umfassungswänden bekannt, dessen Rohre vertikal verlaufen und parallel durchströmt sind. Zusätzliche Verdampferheizflächen innerhalb der Brennkammer sind nicht erwähnt.

[0011] Aus EP 0 025 975 A2 ist ein Durchlaufdampferzeuger mit Umfassungswänden bekannt, die vertikal verlaufende Rohre aufweisen. Innerhalb der Brennkammer sind Zwischenwände angeordnet, die mit den Umfassungswänden verbunden sind. Die Rohre der Zwischenwände sind beidseitig beheizt. Zumindest abschnittsweise sind die Rohre an ihren Innenflächen mit Rippen oder anderen Elementen zur Verwirbelung der Strömung ausgestattet, um eine ausreichende Kühlung sicherzustellen.

[0012] Ein zirkulierender Wirbelschichtreaktor mit Wärmeaustauschflächenenerweiterungen ist in DE 694 04 423 T2 beschrieben. Im Inneren der Brennkammer sind die Umfassungswände mit quer dazu verlaufenden Erweiterungen versehen, die beidseitig beheizt sind. Die Räume zwischen den Erweiterungen sollen Kanäle oder Schächte bilden, durch die die Feststoffe in die Wirbelschichtbetten fallen, um den Durchsatz an absinkenden Feststoffen zu den Wirbelschichtbetten zu erhöhen.

[0013] US 6 470 833 B1 beschreibt einen Wirbelschichtdampferzeuger mit vertikal berohrten Umfassungswänden. In der Brennkammer sind Kammern angeordnet, die vertikal verlaufende Rohre aufweisen. Diesen Kammern wird Sekundärluft und Brennstoff zugeführt. Die Kammern sind von den Umfassungswänden mit Abstand angeordnet.

[0014] Aufgabe der Erfindung ist es nun, einen Durchlaufdampferzeuger mit zirkulierender atmosphärischer Wirbelschichtfeuerung zu schaffen, bei dem die vorgenannten Nachteile vermieden werden bzw. die nachfolgend genannten Kriterien erfüllt bzw. eingehalten werden.

- 5
- Einsatz von wirtschaftlicheren und ökologischeren Durchlaufdampferzeugern mit ZWSF im Leistungsbereich von etwa 300 bis 600 MWel und in einem Druckbereich von etwa 100 bis 300 bar,
 - Erzielung einer effizienten Brennkammerauslegung für einen derartigen Durchlaufdampferzeuger unter Berücksichtigung von innerhalb bzw. ggf. außerhalb der Brennkammer zusätzlich installierter Heizflächen.

10 **[0015]** Die vorstehend genannte Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst.
[0016] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

[0017] Durch die erfindungsgemäße Lösung wird ein Durchlaufdampferzeuger mit zirkulierender atmosphärischer Wirbelschichtfeuerung geschaffen, der die nachfolgenden Vorteile aufweist :

- 15
- Durch die Kombination von Brennkammerumfassungswänden und zusätzlicher, in der Brennkammer angeordneter, Heizflächen als Verdampferheizflächen und paralleler Arbeitsmittel-durchströmung dieser Verdampferheizflächen kann die Wirbelbrennkammer und somit auch der Durchlaufdampferzeuger in den baulichen Ausmaßen wesentlich niedriger und damit kostengünstiger ausgebildet werden.
 - Durch die Verwendung von Glattrohren, d. h. Rohre mit auf der Innenseite glatten Oberflächen, in den Umfassungswänden des Durchlaufdampferzeugers ergeben sich wirtschaftliche Vorteile, da sie gegenüber innenberippten Rohren billiger sind und auch keine Sonderanfertigungen nötig sind. Glattrohr werden im Gegensatz zu innenberippten Rohren von vielen Herstellern in einer großen Vielfalt produziert.
 - Durch den Einsatz von Glattrohren in den Umfassungswänden des Durchlaufdampferzeugers ergibt sich ein niedrigerer Druckverlust in der Verdampferheizfläche im Vergleich zu einer mit innenberippten Rohren ausgebildeten Verdampferheizfläche.
 - Durch die parallele Durchströmung der Umfassungswände und der in der Wirbelbrennkammer zusätzlich angeordneten Heizflächen ergeben sich wirtschaftliche Vorteile, da der Einbau von Zwischensammlern (Misch- oder Druckausgleichsammler) nicht mehr erforderlich ist.
 - Der Zusammenbau der Heizflächen, die aus Glattrohren hergestellt sind, ist wirtschaftlicher (Keine Anpassung der Innenberippung erforderlich, dadurch weniger Rohrverluste bei der Montage).
 - Die Länge bzw. Höhe der vertikalen, in der Wirbelbrennkammer zusätzlich angeordneten Heizflächen ist der Höhe und Bauweise (unterschiedliche Trichter im unteren Bereich der Brennkammer) der Wirbelbrennkammer angepasst. Daraus resultieren Vorteile bei der Montage der Heizflächen, da sie effizient in den Brennkammerboden bzw. in die Trichteroberkante sowie in die Brennkammerdecke eingebunden werden können.
 - Die in der Wirbelbrennkammer zusätzlich angeordneten Heizflächen sind als einseitig beheizte zu Kasten verschweißte Heizflächen ausgeführt.
 - Durch die Integration beheizter zusätzlicher Heizflächen wird die gewünschte Massenstromdichte eingestellt, die erforderlich ist, um Massenstrom- und Beheizungsunterschiede auszugleichen und annähernd gleiche Austrittstemperaturen zu erzielen.
 - Die Brennkammerabmessungen (Querschnitt, Höhe) und die integrierten Heizflächen sind so bemessen, dass die wirksamen Wärmestromdichten den Einsatz vertikaler Glattrohr in den Umfassungswänden bei kleinen Massenstromdichten zulassen.
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40

45 **[0018]** die erfindungsgemäße Die Erfindung sieht vor, die erfindungsgemäße - Heizfläche einseitig zu beheizen und dieeinseitig beheizte Heizfläche mit Glattrohren auszubilden. Dadurch wird wie bereits bei den Glattrohren der Umfassungswand angeführt ein wesentlicher wirtschaftlicher Vorteil erzielt, da Glattrohr wesentlich billiger sind, leichter zu montieren sind und einen geringeren Reibungsdruckverlust bedingen.

[0019] In zweckmäßiger Ausgestaltung der einseitig beheizten Heizfläche ist diese als kastenförmige Heizfläche mit einem kastenförmigem Querschnitt ausgebildet. Durch die kastenförmige Ausbildung erhält die Heizfläche eine große Stabilität, die es ermöglicht, Brennkammern von größten Durchlaufdampferzeugern mit Heizflächen auszubilden. In weiterer zweckmäßiger Ausgestaltung ist der Querschnitt der kastenförmigen Heizfläche rechteckig ausgebildet.

[0020] Um eine gleichmäßige Erwärmung des Arbeitsmediums innerhalb der Rohre der Umfassungswände zu erzielen ist es vorteilhaft, dass diese Rohre im wesentlichen die gleiche beheizte Länge besitzen. Um dieselbe Wirkung auch auf die Rohre der Heizflächen zu übertragen ist es ferner vorteilhaft, dass die Rohre der Heizflächen die gleiche beheizte Länge wie die Rohre der Umfassungswänden besitzen.

55 **[0021]** Nachstehend sind Ausführungsbeispiele der Erfindung an Hand der Zeichnung und der Beschreibung näher erläutert.

[0022] Es zeigt :

- Fig. 1 schematisch dargestellt einen Durchlaufdampferzeuger mit zirkulierender atmosphärischer Wirbelschichtfeuerung im Längsschnitt
- Fig. 2 schematisch dargestellt eine Wirbelbrennkammer eines Wirbelschicht-Durchlaufdampferzeugers mit einem Brennkammertrichter im Längsschnitt,
- Fig. 3 wie Figur 2, jedoch Wirbelbrennkammer mit zwei Brennkammertrichter ("Pant leg") im Längsschnitt,
- Fig. 4 schematisch dargestellt eine Brennkammer eines Wirbelschicht- Durchlaufdampferzeugers (mit einem Brennkammertrichter) im Querschnitt gemäß Schnitt A-A der Figur 2, Schnitt um 90° gedreht,
- Fig. 5 schematisch dargestellt eine Brennkammer eines Wirbelschicht-Durchlaufdampferzeugers (mit zwei Brennkammertrichter) im Querschnitt gemäß Schnitt B-B der Figur 3, Schnitt um 90° gedreht,
- Fig. 6 schematischer Querschnitt einer alternativen kastenförmigen Heizfläche (Kastenschott) gemäß Detail C der Figuren 4 und 5,
- Fig. 7 schematisch dargestellt eine kastenförmige Heizfläche mit vertikal fluchtendem Übergang von der Feuerfestauskleidung zur oberen Membranrohrwand im Längsschnitt, entspricht Schnitt A - A der Figur 8,
- Fig. 8 schematischer Querschnitt einer kastenförmigen Heizfläche gemäß Schnitt C - C der Figur 9,
- Fig. 9 schematischer Längsschnitt einer kastenförmigen Heizfläche gemäß Schnitt B - B der Figur 8.

[0023] Bei fossil befeuerten Durchlaufdampferzeugern von konventionellen Kraftwerken wird bekanntlich das Arbeitsmedium, üblicherweise Wasser/Dampf im wesentlichen in einem Durchgang eines Dampfturbinen-Kreislaufes vorgewärmt, verdampft, überhitzt und gegebenenfalls zwischenüberhitzt. Der Durchlaufdampferzeuger einschließlich der dazugehörigen Feuerung ist nachfolgend beschrieben.

[0024] Figur 1 zeigt schematisch dargestellt einen Durchlaufdampferzeuger 1 mit zirkulierender Wirbelschichtfeuerung 2 (ZWSF) für die Verbrennung von Kohle oder anderen verbrennbaren Stoffen. Der zu verbrennende Stoff wird entweder gemeinsam mit einem Inertmaterial oder separat durch die Zuführungsleitung 10 in die Wirbelschicht- bzw. Wirbelbrennkammer 3 des Durchlaufdampferzeugers 1 mit ZWSF eingetragen. Zum Aufbau des Wirbelschichtbettes und zur Verbrennung des eingebrachten Stoffes innerhalb der Brennkammer 3 wird ein Fluidisierungsgas durch die Zuführungsleitung 11 üblicherweise der Wirbelbrennkammer 3 von unten zugeführt. Das Fluidisierungsgas ist in der Regel Luft und wird somit für die Verbrennung als Oxidationsmittel benutzt. Das bei der Verbrennung entstehende Abgas bzw. Rauchgas und die vom Abgas mitgetragenen Feststoffe (Inertmaterial, Aschepartikel und Unverbranntes) werden im oberen Bereich über die Öffnung 12 aus der Brennkammer 3 abgeführt und über eine Abgasleitung 13 einem Abscheider, in der Regel einem Fliehkraftabscheider bzw. Zyklonabscheider 14 zugeführt. Im Abscheider 14 werden die Feststoffe vom Abgas weitgehendst abgetrennt und über die Rückführleitung 15 wieder der Brennkammer 3 zugeführt. Das weitgehend gereinigte Abgas wird über die Abgasleitung 16 einem zweiten Rauchgaszug 17 zugeführt, in dem wenigstens eine Economizer-Heizfläche 18, wenigstens eine Überhitzer-Heizfläche 19 und ggf. wenigstens eine Zwischenüberhitzer-Heizfläche 20 zur weiteren Nutzung bzw. Abnahme der Abgaswärme angeordnet ist. Der Querschnitt der Brennkammer 3 ist in der Regel rechteckig ausgebildet. Er kann jedoch auch rund sein oder eine andere Form aufweisen.

[0025] Die Figuren 2 bis 5 zeigen im Längs- sowie im Querschnitt die rechteckig ausgebildete und im wesentlichen vertikal angeordnete Wirbelbrennkammer 3 eines Durchlaufdampferzeugers 1. Die Brennkammer 3 ist im wesentlichen allseits durch Umfassungswände 4 umschlossen, wobei die Umfassungswand 4 von unten nach oben gesehen den Brennkammerboden 4.1, die Brennkammerseitenwände 4.2 und die Brennkammerdecke 4.3 umfasst. Der Brennkammerboden 4.1 ist in der Regel als Düsenboden ausgebildet, durch den das Fluidisierungsgas eingebracht wird. Figur 2 zeigt eine Brennkammer 3 mit einem einfachen Trichter 6 im unteren Bereich der Brennkammer 3, wogegen Figur 3 eine Brennkammer 3 mit zweifachem Trichter 7, eine sogenannte "pant leg" Ausführung, zeigt. Die Brennkammerumfassungswände 4 sind als arbeitsmediumdurchströmte Heizflächen ausgebildet, wobei diese Heizflächen aus gasdichten Membranwänden gebildet sind. Derartige Membranwände können durch gasdichtes Verschweißen einer Rohr-Steg-Rohr-Kombination zusammengesetzt werden. In der Regel umfasst die Rohr-Steg-Rohr-Kombination Rohre 5, die am Außenumfang glatt sind und die jeweils mit separaten Stegen 21 verbunden sind. Möglich sind jedoch auch Flossenrohre, deren Außenwand bereits mit Stegen ausgebildet sind und die miteinander verbunden werden.

[0026] Die vorliegende Erfindung zielt auf Durchlaufdampferzeuger 1 mit zirkulierender Wirbelschichtfeuerung 2 hoher Leistung (etwa 300 bis 600 Mwe) und hoher Dampfparameter (etwa 250 bis 300 bar Druck und 560 bis 620 °C Temperatur) ab. Dabei ist es zur Erzielung einer effizienten Brennkammerauslegung in diesem Leistungsbereich erforderlich, zu-

sätzliche Heizflächen 8 zu installieren, die aus wärmetechnischen Gründen (gleichmäßige Wärmeaufnahme) bevorzugt innerhalb der Brennkammer 3 angeordnet werden.

[0027] Der erfindungsgemäße Durchlaufdampferzeuger 1 mit ZWSF 2 sieht vor, dass sämtliche Rohre 5, 9 der Umfassungswände 4 und der innerhalb der Brennkammer 3 liegenden Heizflächen 8 als Verdampferheizfläche ausgebildet sind und für den Durchfluss des gesamten zu verdampfenden Arbeitsmediums parallel geschaltet sind, dass sämtliche Rohre 5 der Umfassungswände 4 mit innen glatter Rohroberfläche ausgebildet sind und die Heizflächen 8 sich zwischen Brennkammerboden 4.1 bzw. Trichteroberkante 24 und Brennkammerdecke 4.3 erstrecken. Durch die Parallelschaltung der Heizflächen 8 und der Heizfläche der Umfassungswand 4 des Durchlaufdampferzeugers 1 sowie der Benutzung beider Heizflächen als Verdampferheizfläche wird in vorteilhafter Weise erreicht, dass zum einen mittels Anpassung der Anzahl der Heizflächen 8 die Brennkammer 3 effizient ausgelegt werden kann. D. h., dass mit dieser Maßnahme die Brennkammerabmessungen optimiert werden können, vor allem die Brennkammerhöhe (Abstand zwischen Brennkammerboden und -decke) kann durch die Einbindung der Heizflächen 8 wesentlich reduziert werden. Zum anderen lassen die wirksamen Wärmestromdichten innerhalb der Wirbelschichtbrennkammer 3 bei der vorgenannten, erfindungsgemäßen Schaltung des Durchlaufdampferzeugers 1 trotz herabgesetzten Arbeitsmedium-Massenstromdichten von etwa 400 bis 1200 kg/m²s es zu, für die Rohre 5 der Umfassungswände 4 solche einzusetzen, die innen eine glatte Oberfläche aufweisen. Durch die herabgesetzten Arbeitsmedium-Massenstromdichten wird auch eine verbesserte Naturumlaufcharakteristik innerhalb der Verdampferheizflächen erzielt, was bedeutet, dass bei einer eventuellen örtlichen Mehrbeheizung hier auch ein Anstieg des Arbeitsmedium-Durchsatzes erfolgt und somit eine sichere Rohrkühlung gewährleistet ist.

[0028] Der Einsatz von Rohren 5 mit innen glatter Oberfläche, auch kurz Glattrohre genannt, hat gegenüber den sonst bei derart niedrigen Massenstromdichten eingesetzten innenberippten Rohren mehrere Vorteile. Zum einen sind glatte Rohre gegenüber innenberippten Rohren wesentlich kostengünstiger, haben kürzere Lieferzeiten, sind in wesentlich mehr Größen lieferbar und allgemein besser verfügbar, da innen berippte Rohre meistens nur als Sonderanfertigung erhältlich sind, auch in Hinsicht der Montage sind glatte Rohre wesentlich einfacher zu handhaben. Zum anderen besitzen glatte Rohre einen wesentlich kleineren Reibungsdruckverlust des Arbeitsmediums gegenüber innenberippten Rohren, was sich positiv auf die gleichmäßige Verteilung des Arbeitsmediums auf die einzelnen Rohre 5 sowie auf eine Verringerung der Speisepumpenleistung des Durchlaufdampferzeugers 1 auswirkt.

[0029] Zur Erhöhung des Durchlaufdampferzeuger-Prozesswirkungsgrades und damit zur Verringerung von von der Dampferzeuger-Feuerung verursachten schädlichen Emissionen in die Atmosphäre werden Durchlaufdampferzeuger 1 immer häufiger im überkritischen Bereich, d. h. bei einem Dampfdruck von über 220 bar sowie im Gleitdruck zwischen über- und unterkritischem Druck, betrieben (der Betriebsdruck des Dampferzeugers gleitet im Lastbereich des Durchlaufdampferzeugers, z. B. zwischen 20 bis 100 % Last). Bei einem Durchlaufdampferzeuger-Betriebsdruck von beispielsweise 270 bar bei Volllast erreicht der Dampferzeuger bei einer Teillast von etwa 70 % den kritischen Druckbereich und wird unterhalb dieser Teillast unterkritisch betrieben, d. h. dass im Teillastbereich etwa unterhalb von 70 % im Verdampfer während des Verdampfungsvorganges ein Zweiphasengemisch auftritt. Durch die obengenannte erfindungsgemäße Lösung ist gewährleistet, dass innerhalb der Verdampferheizfläche (Umfassungswände 4 und Heizflächen 8) keine Entmischung von Dampf und Wasser eintritt. Dies wird noch unterstützt durch die vorteilhafte Ausbildung des erfindungsgemäßen Durchlaufdampferzeugers 1, dass die Arbeitsmedium-Durchströmung der Rohre 5, 9 der Umfassungswände 4 und der Heizflächen 8 ohne Zuhilfenahme von Zwischensammlern erfolgt.

[0030] Bei den in der Wirbelbrennkammer 3 eingesetzten zusätzlichen Heizflächen 8 handelt es sich um sogenannte Schottheizflächen. Bei Schott-Heizflächen handelt es sich um in sich geschlossene und plattenartige Heizflächen (d.h. die einzelnen nebeneinander angeordneten Rohre 9 sind mit Stegen 22 - verschweißte Rohr-Steg-Rohr-Kombination - miteinander zu einem Schott verbunden), die im Gegensatz zu Bündelheizflächen stehen, die offen ausgebildet sind (d.h. die einzelnen nebeneinander angeordneten Rohre sind nicht mit Stegen miteinander verbunden). Die Heizflächen 8 sind im wesentlichen vertikal innerhalb der Brennkammer 3 angeordnet und die darin enthaltenen Rohre 9 verlaufen ebenfalls im wesentlichen vertikal.

[0031] Erfindungsgemäß erstrecken sich die Heizflächen 8 je nach Brennkammerausbildung entweder zwischen Brennkammerboden 4.1 oder Trichteroberkante 24 und Brennkammerdecke 4.3. Dadurch können sie gemeinsam mit der Umfassungswand 4 voll zur Paralleldurchströmung des gesamten zu verdampfenden Arbeitsmediums herangezogen werden. Die Heizflächen 8 entspringen somit im unteren Bereich der Wirbelbrennkammer 3 im wesentlichen am Brennkammerboden bzw. an der Trichterunterkante 4.1 bei einer Brennkammer 3 mit einem Trichter 6 (Figur 2) und mittlerer Anordnung der Heizflächen 8 innerhalb der Brennkammer 3 oder an der Trichteroberkante 24 bei einer Brennkammer 3 mit zwei Trichter 7 (Figur 3) sowie mittlerer Anordnung der Heizflächen 8 und endet im oberen Bereich der Wirbelbrennkammer 3 im wesentlichen an der Brennkammerdecke 4.3. Zur Befestigung der einzelnen Heizflächen 8 können diese beispielsweise mit dem Brennkammerboden 4.1 bzw. Trichteroberkante 24 und der Brennkammerdecke 4.3 verschweißt sein. Sollten mehr als zwei Trichter im unteren Bereich der Brennkammer 3 vorgesehen werden, so kann die Einbindung der Heizflächen 8 sinngemäß erfolgen.

[0032] Die parallele Speisung der Heizflächen 8 sowie der Umfassungswand 4 erfolgt durch nicht dargestellte Sammler,

mittels denen den vorgenannten Heizflächen das zu verdampfende Arbeitsmedium von unten zugeführt wird. Beginnen die Heizflächen 8 bei einer Brennkammer 3 mit zwei Trichtern 7 gemäß der Figur 3 erst an der Trichteroberkante bzw. am Trichtersattel 24, so können diese Heizflächen 8 über die Trichter-Umfassungswände 4 mit Arbeitsmedium eingespeist werden. Auch eine gesonderte, parallele Einspeisung der Heizflächen 8 ist möglich.

[0033] Die erfindungsgemäße Lösung sieht vor, die innerhalb der Wirbelbrennkammer 3 angeordneten Heizflächen 8 einseitig zu beheizen. Figur 6 zeigt eine einseitig beheizte Heizfläche 8 auf. Diese Heizfläche 8 umfasst umfangseitig einen Innenraum 23 und ist kastenförmig ausgebildet, weshalb die Heizfläche 8 in der weiteren Beschreibung auch als kastenförmige Heizfläche oder als Kastenschott(en) 8 bezeichnet wird. Die Figur 6 zeigt dabei eine vorteilhafte Ausbildung der kastenförmigen Heizfläche 8 mit rechteckigem Querschnitt auf. Das Kastenschott 8 gemäß der Figur 6 weist vier Seitenwände aus verschweißten Membranrohrwänden auf, die an den Ecken zusammengeschweißt sind, wobei die Membranrohrwände aus Rohren 9 und Stegen 22 gebildet wird. Es ergibt sich somit ein Kasten in gasdicht verschweißter Rohr-Steg-Rohr-Ausführung bzw. -Kombination. Anstelle der in Figur 6 querschnittseitig aufgezeigten rechteckigen Ausführung der kastenförmigen Heizfläche 8 kann diese auch mit einem anderen Querschnitt ausgebildet sein, z. B n-eckig (wenigstens 3-eckig), rund etc. D. h. in diesem Fall hat der durch die kastenförmige Heizfläche 8 umfasste Innenraum 23 einen n-eckigen bzw. runden Querschnitt.

[0034] Durch die vertikale Anordnung der Heizflächen 8 und somit auch der Rohre 9 sowie der vertikalen Rohre 5 der Umfassungswände 4 geben die Rohre 5, 9 dem in der Brennkammer 3 von unten nach oben strömenden Gas- und Partikelstrom möglichst wenig Erosionsangriffspunkte. Um die Rohre 5, 9 im unteren Brennkammerbereich bzw. im Trichterbereich 6, 7 vor den hohen Quer- bzw. Turbulenzströmungen des Gas- und Partikelstromes der Wirbelschicht zu schützen, sind diese mit einer feuerfesten Auskleidung 25 versehen.

[0035] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht gemäß der Figuren 7 bis 9 vor, die Rohre 9 der im Brennkammer-Trichterbereich 6, 7 mit einer Feuerfestauskleidung 25 versehenen kastenförmigen Heizfläche 8 im Übergangsbereich 26 zwischen ausgekleidetem und nicht ausgekleidetem Heizflächenbereich 27 nach innen in den Bereich des Innenraumes 23 auszubiegen und die Vorderkanten der Feuerfestauskleidung 25 und des nicht ausgekleideten Bereiches 27 der Heizfläche 8 in vertikaler Richtung fluchtend auszubilden. Durch diese Maßnahme wird verhindert, dass im Übergangsbereich 26 Erosionsangriffspunkte auf die Rohre 9 für Turbulenzströmungen des Gas- und Partikelstromes gegeben sind.

[0036] Durch die Feuerfestauskleidung 25 der Rohre 5, 9 im Trichterbereich 6, 7 ergeben sich in vorteilhafter Weise im wesentlichen gleich beheizte Längen der Rohre 5, 9 innerhalb der Brennkammer 3.

[0037] Die kastenförmigen Heizflächen 8, die sich über eine Länge L und über ihren Querschnitt über eine Breite B und eine Tiefe T erstrecken, besitzen in zweckmäßiger Ausbildung Abmessungen von ca. 1,0 bis 4,0 m über die Breite B, ca. 0,1 bis 1,0 m über die Tiefe T und ca. 20 m bis 50 m über die Länge L. Damit wird es ermöglicht, die Brennkammer 3 auch größter Durchlaufdampferzeuger 1 zu bestücken.

[0038] Die für die kastenförmigen Heizflächen 8 eingesetzten Rohre 9 besitzen in vorteilhafter Ausbildung Außendurchmesser zwischen 20 mm und 70 mm. Die Fertigung der kastenförmigen Heizflächen 8 ist mit im Dampferzeugerbau üblichen Materialien und Fertigungsverfahren möglich.

Bezugszeichenliste:

1	Durchlaufdampferzeuger
2	Zirkulierende Wirbelschichtfeuerung
3	Wirbelbrennkammer
4	Umfassungswände
4.1	Brennkammerboden bzw. Trichterunterkante
4.2	Brennkammerseitenwand
4.3	Brennkammerdecke
5	Rohr
6	Trichter, einfach
7	Trichter, zweifach
8	Heizfläche
9	Rohr
10	Zufuhr Brennstoff
11	Zufuhr Fluidisierungsgas
12	Öffnung bzw. Austritt Rauchgas
13	Abgasleitung
14	Fliehkraftabscheider
15	Rückföhrleitung

(fortgesetzt)

	16	Abgasleitung
	17	Zweiter Rauchgaszug
5	18	Eco-Heizfläche
	19	Überhitzer-Heizfläche
	20	Zwischenüberhitzer-Heizfläche
	21	Steg Umfassungswand
	22	Steg Heizfläche
10	23	Innenraum
	24	Trichteroberkante
	25	Feuerfestauskleidung
	26	Übergangsbereich
15	27	Nicht ausgekleideter Bereich der Heizfläche

Patentansprüche

- 20 1. Durchlaufdampferzeuger mit zirkulierender atmosphärischer Wirbelschichtfeuerung, mit einer Wirbelbrennkammer (3),
wobei die Wirbelbrennkammer (3) im wesentlichen allseits durch Umfassungswände (4) begrenzt ist und aus gasdichten, mit im wesentlichen vertikalen Rohren (5) ausgebildeten Rohrwänden besteht und im unteren Bereich mindestens einen Trichter (6,7) aufweist,
25 und in der Wirbelbrennkammer (3) mindestens eine im wesentlichen vertikal angeordnete und mit vertikalen Rohren (9) versehene Heizfläche (8) angeordnet ist, wobei die Heizfläche (8) aus einer verschweissten Rohr-Steg-Rohr-Kombination besteht,
und wobei die Rohre (5,9) der Umfassungswände (4) und der Heizfläche (8) von einem Wasser/Dampf-Arbeitsmedium durchströmt werden,
30 **dadurch gekennzeichnet, dass** sämtliche Rohre (5,9) der Umfassungswände (4) und der Heizfläche (8) als Verdampferheizfläche ausgebildet sind und für den Durchfluss des gesamten zu verdampfenden Arbeitsmediums parallel geschaltet sind,
dass sämtliche Rohre (5) der Umfassungswände (4) und der Heizfläche (8) mit innen glatter Rohroberfläche ausgebildet sind,
35 dass die Heizfläche (8) sich zwischen Brennkammerboden (4.1) oder Trichteroberkante (24) und Brennkammerdecke (4.3) erstreckt,
dass die Heizfläche (8) als einseitig beheizbarer Kasten in gasdicht verschweißter Rohr-Steg-Rohr-Ausführung ausgebildet ist,
und dass die Arbeitsmittel-Durchströmung der Rohre (5,9) der Umfassungswände (4) und der Heizfläche (8) ohne
40 Zuhilfenahme von Zwischensammlern erfolgt.
2. Durchlaufdampferzeuger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Heizfläche (8) einen kastenförmigen Querschnitt mit einer Breite (B) und einer Tiefe (T) aufweist und umfangseitig einen Innenraum (23) umfasst und über ihren Umfang geschlossen ist.
- 45 3. Durchlaufdampferzeuger nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Querschnitt der kastenförmigen Heizfläche (8) wenigstens 3-eckig oder rund ausgebildet ist.
- 50 4. Durchlaufdampferzeuger nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Querschnitt der kastenförmigen Heizfläche (8) rechteckig ausgebildet ist.
- 55 5. Durchlaufdampferzeuger nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre (9) der im Brennkammer-Trichterbereich (6, 7) mit einer Feuerfestauskleidung (25) versehenen kastenförmigen Heizfläche (8) im Übergangsbereich (26) zwischen ausgekleidetem und nicht ausgekleidetem Heizflächenbereich (27) in den Bereich des Innenraumes (23) ausgebogen sind und die Vorderkanten der Feuerfestauskleidung (25) und des nicht ausgekleideten Bereiches (27) der Heizfläche (8) in vertikaler Richtung fluchtend ausgebildet sind.
6. Durchlaufdampferzeuger nach wenigstens einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

die Rohre (5) der Umfassungswände (4) im wesentlichen gleiche beheizte Länge besitzen.

7. Durchlaufdampferzeuger nach wenigstens einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre (9) der Heizfläche (8) im wesentlichen die gleiche beheizte Länge wie die Rohre (5) der Umfassungswände (4) besitzen.

Claims

1. Once-through steam generator with circulating atmospheric fluidized-bed combustion, having a turbulence combustion chamber (3),
wherein the turbulence combustion chamber (3) is bounded essentially on all sides by enclosure walls (4) and comprises gas-tight pipe walls, formed by essentially vertical pipes (5), and has at least one hopper (6, 7) in the lower region,
and the turbulence combustion chamber (3) contains at least one essentially vertically arranged heating surface (8) provided with vertical pipes (9), wherein the heating surface (8) comprises a welded pipe-web-pipe combination, and wherein the pipes (5, 9) of the enclosure walls (4) and of the heating surface (8) have a water/steam working medium flowing through them,
characterized in that all the pipes (5, 9) of the enclosure walls (4) and of the heating surface (8) are designed in the form of an evaporator heating surface and are connected in parallel for the throughflow of all working medium which is to be evaporated,
in that all the pipes (5) of the enclosure walls (4) and of the heating surface (8) are formed with an internally smooth pipe surface,
in that the heating surface (8) extends between the combustion-chamber floor (4.1) or upper hopper edge (24) and combustion-chamber ceiling (4.3),
in that the heating surface (8) is designed in the form of a box which can be heated on one side and is of pipe-web-pipe configuration with gas-tight welding,
and **in that** the flow of working medium through the pipes (5, 9) of the enclosure walls (4) and of the heating surface (8) takes place without the aid of intermediate collectors.
2. Once-through steam generator according to Claim 1, **characterized in that** the heating surface (8) has a box-like cross section with a width (B) and a depth (T), its circumference surrounds an interior (23), and it is closed over its circumference.
3. Once-through steam generator according to Claim 2, **characterized in that** the cross section of the box-like heating surface (8) is at least triangular or round.
4. Once-through steam generator according to Claim 2, **characterized in that** the cross section of the box-like heating surface (8) is rectangular.
5. Once-through steam generator according to Claim 2, **characterized in that** the pipes (9) of the box-like heating surface (8), which is provided with a refractory lining (25) in the hopper region (6, 7) of the combustion chamber, are curved out into the region of the interior (23) in the transition region (26) between the lined heating-surface region and non-lined heating-surface region (27), and the front edges of the refractory lining (25) and of the non-lined region (27) of the heating surface (8) are aligned in the vertical direction.
6. Once-through steam generator according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the pipes (5) of the enclosure walls (4) have essentially the same heated length.
7. Once-through steam generator according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the pipes (9) of the heating surface (8) have essentially the same heated length as the pipes (5) of the enclosure walls (4).

Revendications

1. Générateur de vapeur continu à combustion atmosphérique en lit fluidisé circulant, comprenant une chambre de combustion en lit fluidisé (3),
la chambre de combustion en lit fluidisé (3) étant délimitée essentiellement de tous les côtés par des parois d'enceinte

(4), et étant constituée de parois à tubes étanches aux gaz réalisées avec des tubes (5) essentiellement verticaux, et comprenant au moins un entonnoir (6, 7) dans la région inférieure, et au moins une surface de chauffage (8) disposée essentiellement verticalement et pourvue de tubes verticaux (9) étant disposée dans la chambre de combustion en lit fluidisé (3), la surface de chauffage (8) étant constituée d'une combinaison tube-entretoise-tube soudée, et les tubes (5, 9) des parois d'enceinte (4) et de la surface de chauffage (8) étant parcourus par un fluide de travail eau/vapeur,

caractérisé en ce que tous les tubes (5, 9) des parois d'enceinte (4) et de la surface de chauffage (8) sont réalisés sous forme de surface de chauffage d'évaporateur et sont montés en parallèle pour l'écoulement de tout le fluide de travail à évaporer,

en ce que tous les tubes (5) des parois d'enceinte (4) et de la surface de chauffage (8) sont réalisés avec une surface intérieure de tube lisse,

en ce que la surface de chauffage (8) s'étend entre la base de la chambre de combustion (4.1) ou l'arête supérieure de l'entonnoir (24) et le plafond de la chambre de combustion (4.3),

en ce que la surface de chauffage (8) est réalisée sous forme de caisson pouvant être chauffé d'un côté suivant une réalisation tube-entretoise-tube étanche aux gaz soudée,

et **en ce que** l'écoulement de fluide de travail à travers les tubes (5, 9) des parois d'enceinte (4) et de la surface de chauffage (8) s'effectue sans l'aide de collecteurs intermédiaires.

2. Générateur de vapeur continu selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la surface de chauffage (8) présente une section transversale en forme de caisson avec une largeur (B) et une profondeur (T) et entoure du côté de la périphérie un espace intérieur (23) et est fermée sur sa périphérie.

3. Générateur de vapeur continu selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la section transversale de la surface de chauffage (8) en forme de caisson présente au moins trois angles ou est ronde.

4. Générateur de vapeur continu selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la section transversale de la surface de chauffage (8) en forme de caisson est rectangulaire.

5. Générateur de vapeur continu selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** les tubes (9) de la surface de chauffage (8) en forme de caisson pourvue d'un revêtement réfractaire (25) dans la région de l'entonnoir de la chambre de combustion (6, 7) sont courbés dans la région de l'espace intérieur (23), dans la région de transition (26) entre les régions de surface de chauffage revêtue et non revêtue (27), et les arêtes avant du revêtement réfractaire (25) et de la région non revêtue (27) de la surface de chauffage (8) sont réalisées en affleurement dans la direction verticale.

6. Générateur de vapeur continu selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les tubes (5) des parois d'enceinte (4) possèdent essentiellement la même longueur chauffée.

7. Générateur de vapeur continu selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les tubes (9) de la surface de chauffage (8) possèdent essentiellement la même longueur chauffée que les tubes (5) des parois d'enceinte (4).

Fig. 1

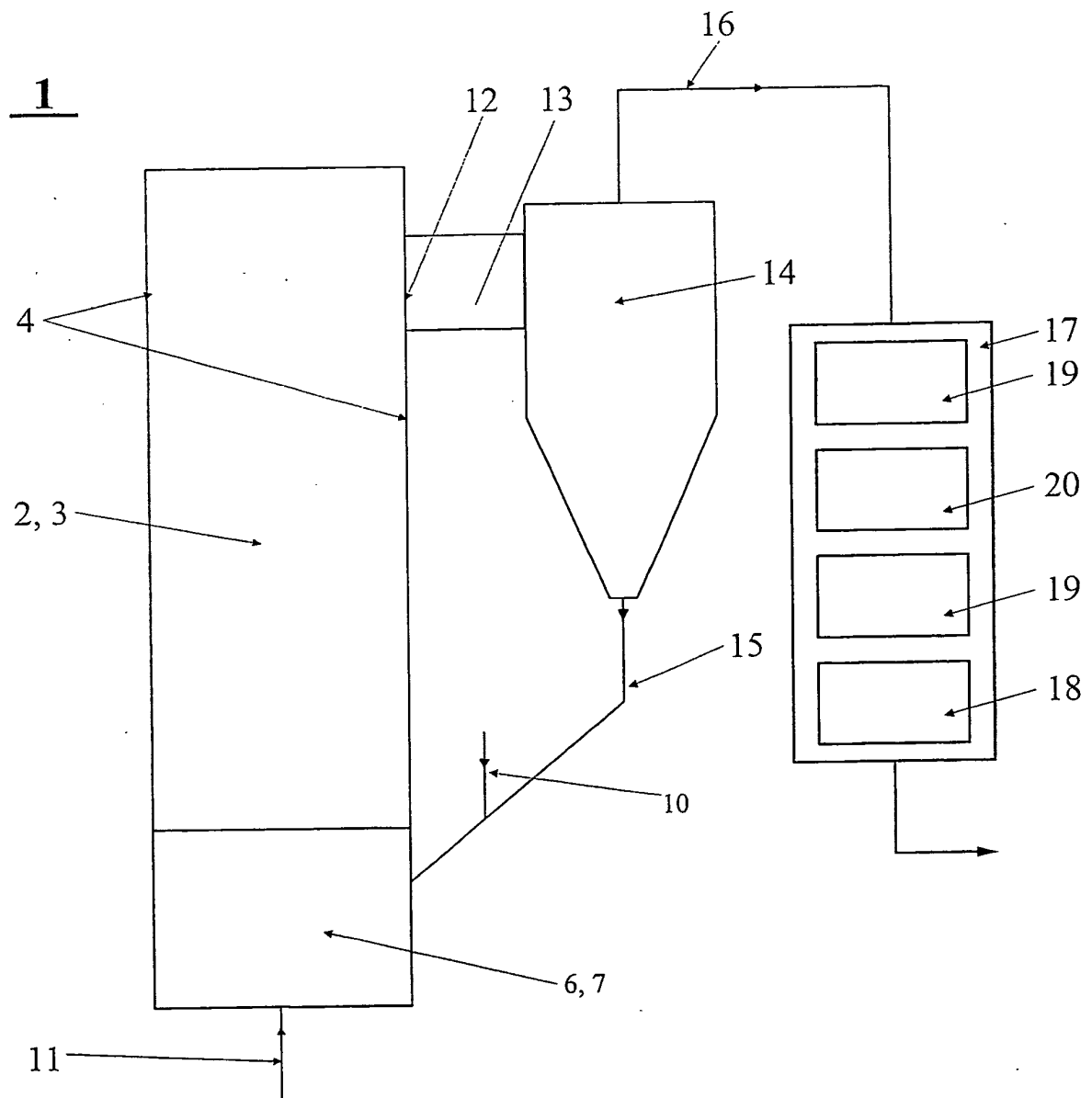


Fig. 2

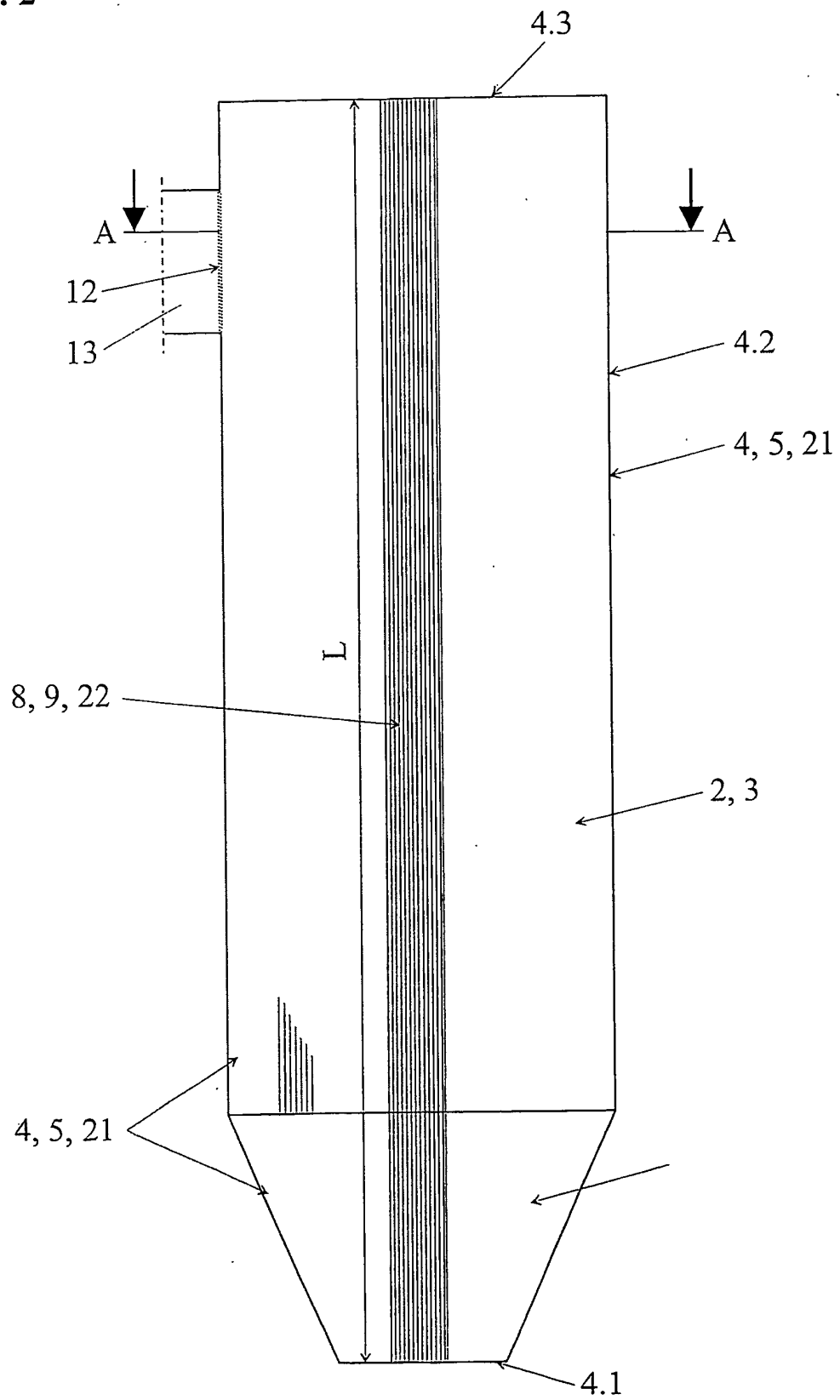


Fig. 3.

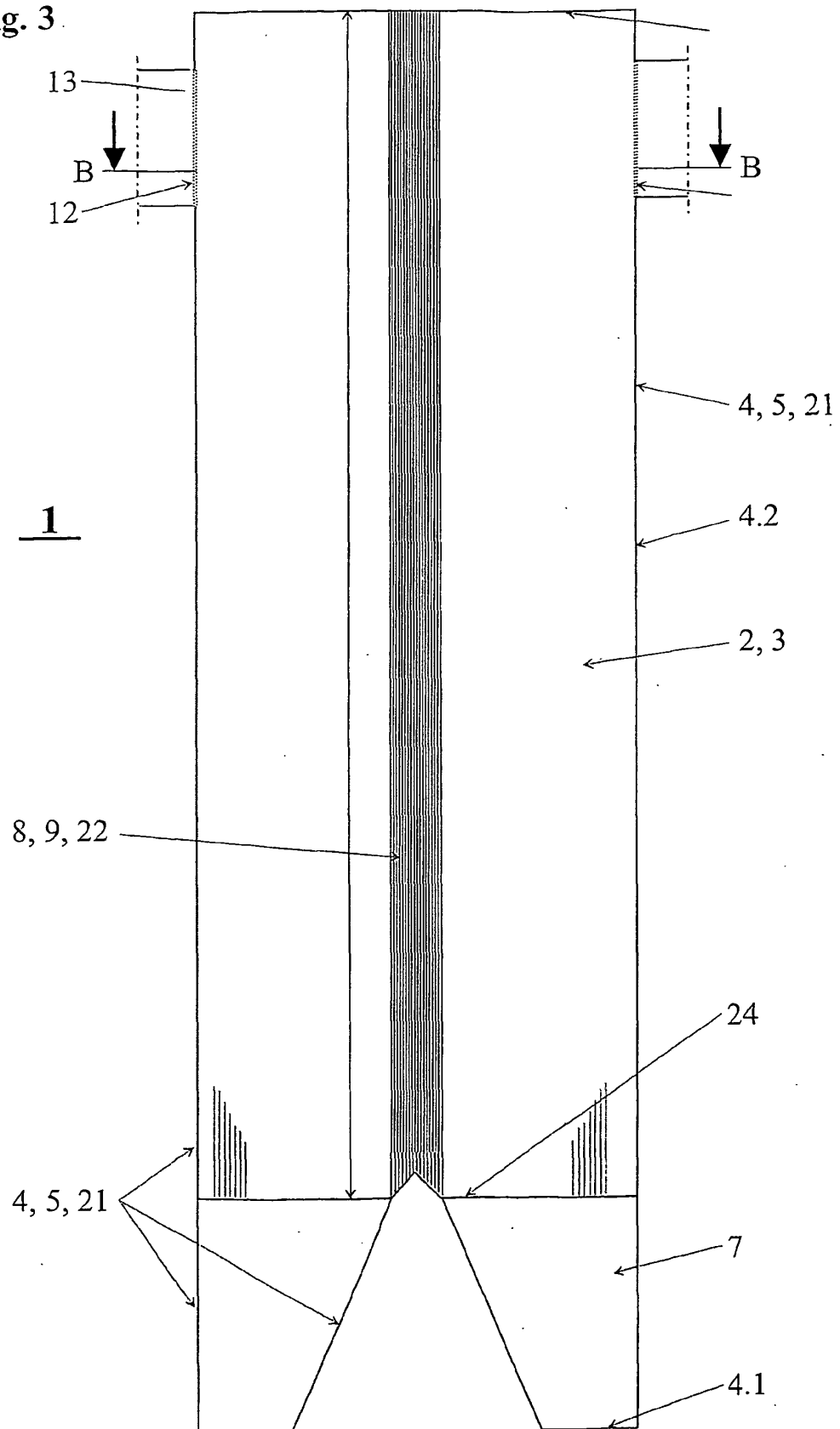


Fig. 4

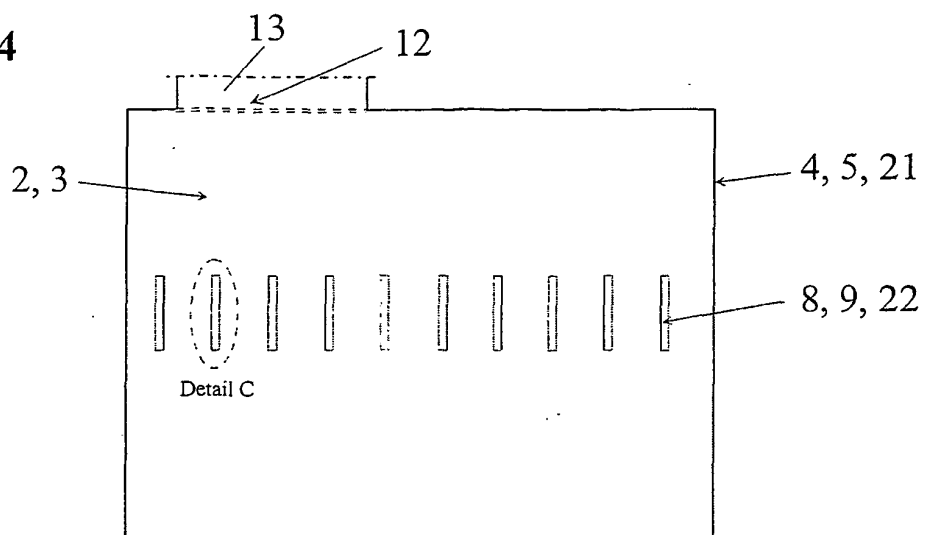


Fig. 5

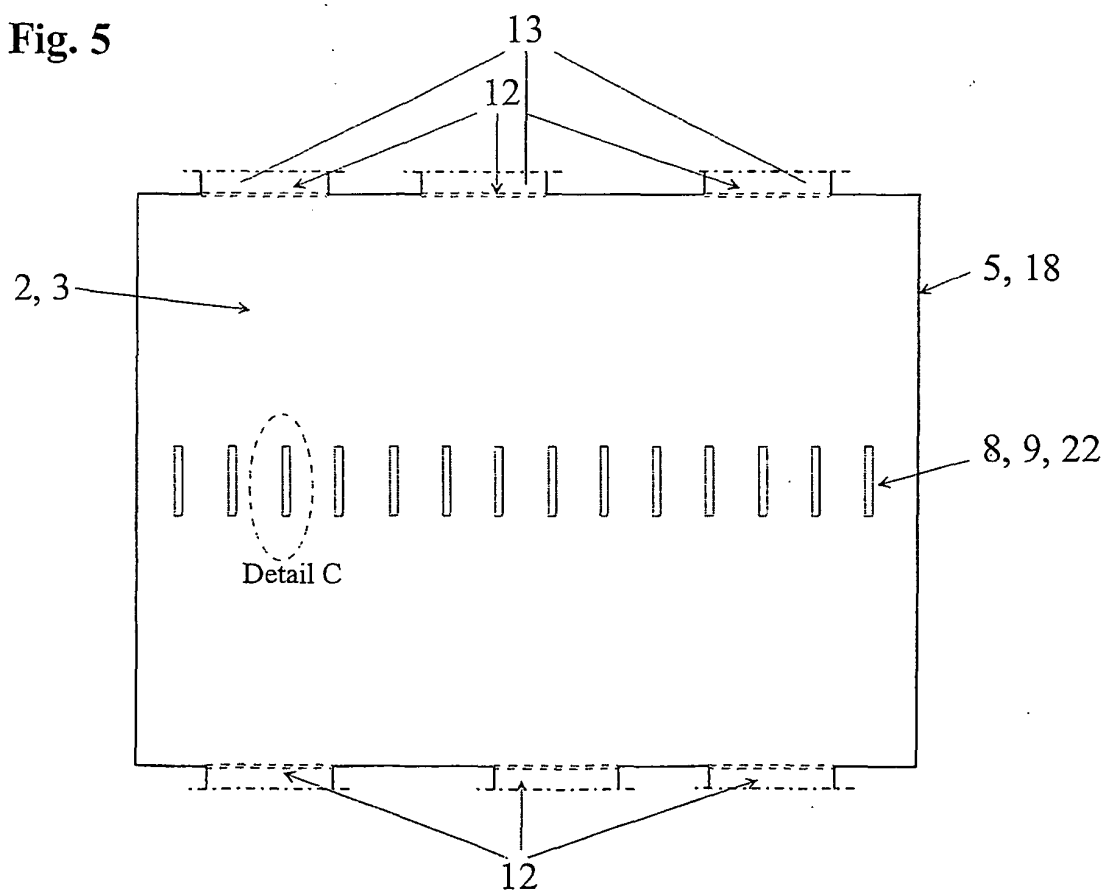


Fig. 6

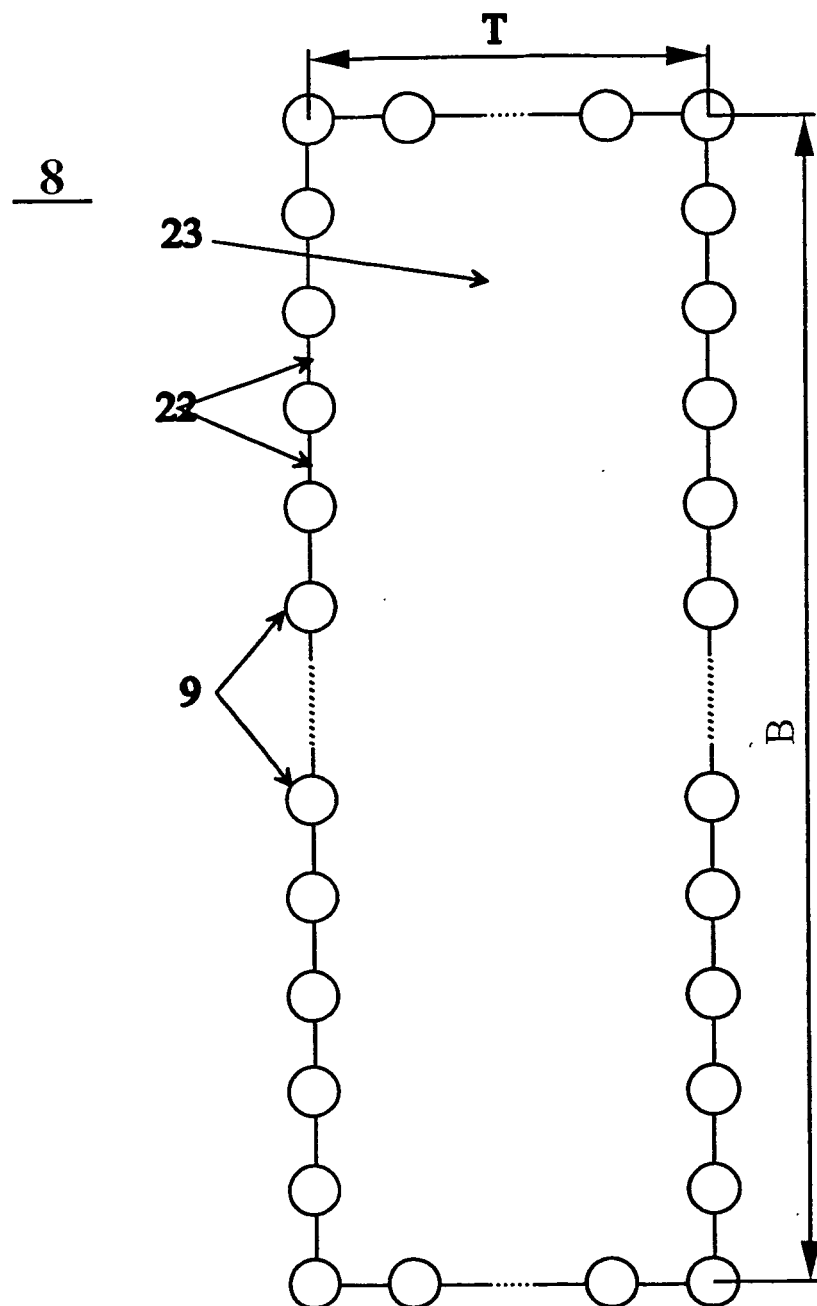


Fig. 7

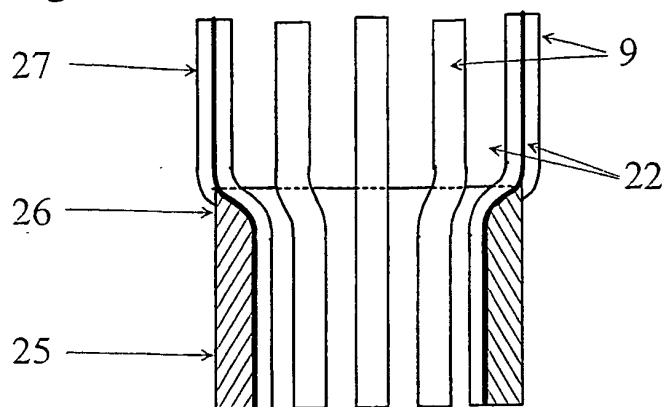


Fig. 8

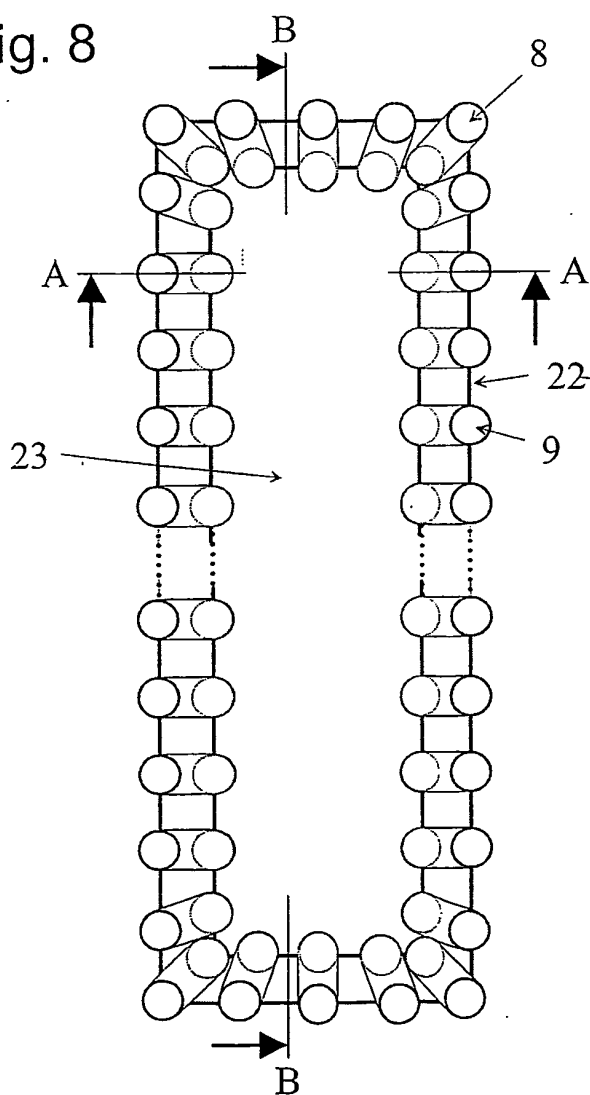
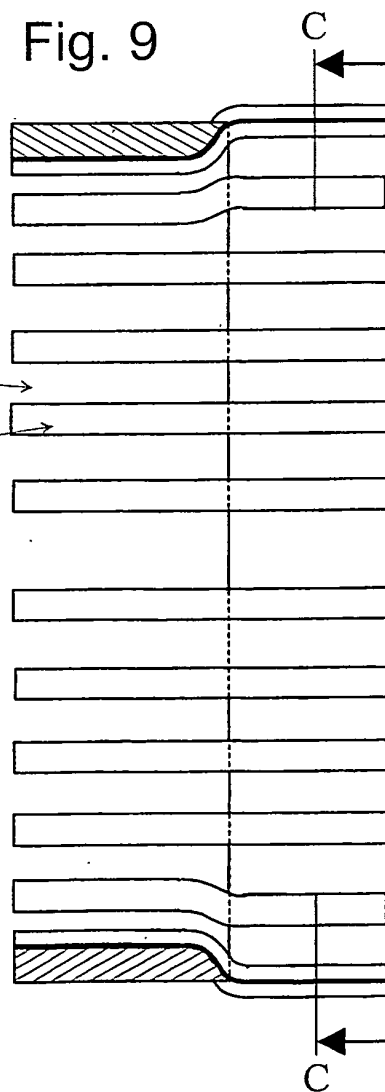


Fig. 9



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 1030150 A1 [0007]
- EP 0882872 A2 [0008]
- EP 0025975 A2 [0011]
- DE 69404423 T2 [0012]
- US 6470833 B1 [0013]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **H. JUZI ; A. SALEM ; W. STOCKER.** Zwangsdurchlaufkessel für Gleitdruckbetrieb mit vertikaler Brennkammerberohrung. *VGB Kraftwerkstechnik*, April 1984, vol. 64 [0003]
- **GOIDICH, LUNDQVIST.** The utility CFB Boiler - Present status short and long term feature with super critical and ultra-super critical steam parameters. *Power-Gen Conference Europe, Mailand*, Juni 2002, 11-13 [0009]
- **GOIDICH.** Integration of the BENSON vertical OTU technology and the compact CFB Boiler. *Power-Gen International, Orlando, Florida*, November 2000 [0010]