

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 841 527 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

13.05.1998 Patentblatt 1998/20(51) Int Cl.⁶: **F28B 1/02**(21) Anmeldenummer: **97810703.5**(22) Anmeldetag: **24.09.1997**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV RO SI(30) Priorität: **12.10.1996 DE 19642100**(71) Anmelder: **Asea Brown Boveri AG
5401 Baden (CH)**(72) Erfinder: **Baumann, Dieter, Dr.
5085 Sulz (CH)**(74) Vertreter: **Klein, Ernest et al
Asea Brown Boveri AG
Immaterialgüterrecht(TEI)
Haselstrasse 16/699 I
5401 Baden (CH)**(54) **Dampfkondensator**

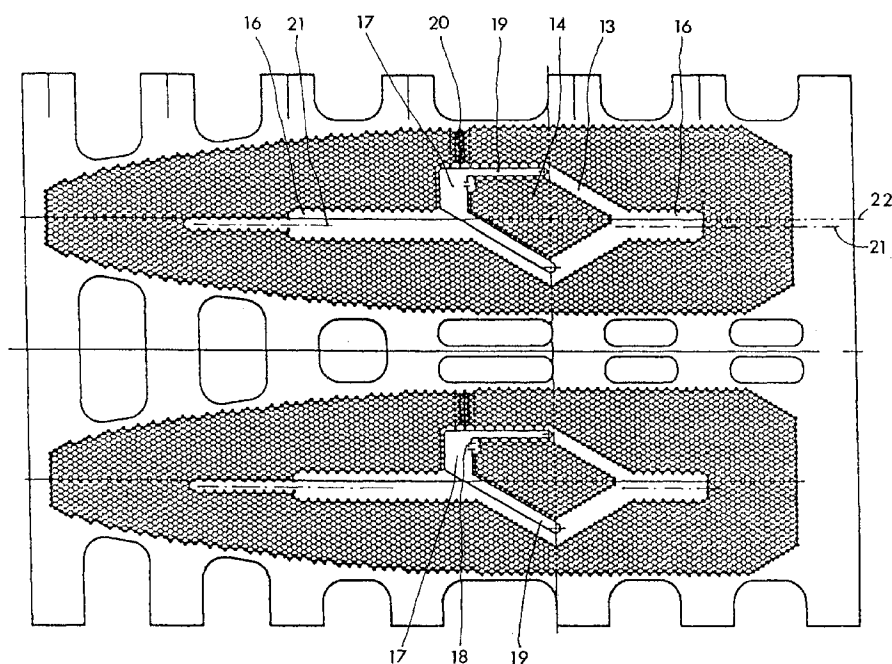
(57) In einem ebeneerdig aufgestellten Dampfkondensator, in dem der Dampf an kühlwasserdurchflossenen, in separaten Bündeln (2) zusammengefassten Rohren niedergeschlagen wird, wobei die in Reihen angeordneten Rohre eines Bündels einen Hohlraum (13) umschliessen, ist im Hohlraum ein Kühler (14) für die nicht kondensierbaren Gase angeordnet.

Die Teilbündel (2) sind in ihrer Längserstreckung horizontal ausgerichtet und sind vertikal übereinander angeordnet.

geordnet. Der Kühler (14) für die nicht kondensierbaren Gase hat seine Saugwirkung auf eine Zone unterhalb der Längsmittellinie des einzelnen Bündels gerichtet.

Der Hohlraum (13) ist mit einer bündelinternen Ausgleichgasse (16) verbunden, deren Längsmittellinie (21) wegen der asymmetrischen Kondensatbelastung im horizontal ausgerichteten Teilbündel und der asymmetrischen Lokalisierung des Druckminimums im Rohrverband unterhalb der Längsmittellinie (22) der Teilbündel verläuft.

FIG. 4



EP 0 841 527 A2

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft einen Dampfkondensator zur ebenerdigen Anordnung mit einer Dampfturbine,

- in welchem der Dampf an kühlwasserdurchflossenen, in separaten Teilbündeln zusammengefassten Rohren niedergeschlagen wird, wozu die Teilbündel in ihrer Längserstreckung horizontal gerichtet sind und mehrere derartige Teilbündel in der Vertikalen übereinander angeordnet sind,
- wobei die in Reihen angeordneten Rohre eines Bündels einen Hohlraum umschliessen, in dem ein Kühler für die nicht kondensierbaren Gase angeordnet ist, und wobei durch den Kühler das sich im Hohlraum des Teilbündels nsammelnde Gemisch von nichtkondensierbaren Gasen und Wasserdampf abgesaugt wird,
- und wobei der Hohlraum mit einer bündelinternen Ausgleichgasse verbunden ist, die dafür sorgt, dass der mit Inertgas angereicherte Dampf aus dem Kern der vorderen und der hinteren Hälfte des Bündels dem Luftkühler zugeführt wird.

Stand der Technik

Ein derartiger Dampfkondensator ist aus der EP-A 0 384 200 bekannt. In einem Kondensatorgehäuse sind die Kondensatorrohre in mehreren Teilbündeln angeordnet. Der Dampf strömt durch einen Abdampfstutzen in das Kondensatorgehäuse ein und verteilt sich im Raum durch Strömungskanäle. Diese verengen sich in der allgemeinen Richtung der Strömung derart, dass ein sich optimales Druckgefälle einstellt. Die freie Zuströmung des Dampfes zu den aussenliegenden Rohren der Teilbündel ist gewahrt. Durch die Bündel strömt der Dampf anschliessend mit durch die geringe Rohrreihentiefe bedingtem kleinen Widerstand hindurch. Um die Bedingung der in den Zuströmkanälen konstant zu haltenden Dampfgeschwindigkeit erfüllen zu können, sind die Teilbündel im Kondensator so übereinander angeordnet, dass zwischen ihnen angemessene Strömungskanäle entstehen. Des weiteren bilden die Rohre in den hintereinanderfolgenden Reihen eine in sich geschlossene Wand, die vorzugsweise durchwegs von gleicher Dicke ist.

Infolge der bewusst realisierten Druckabsenkung in den durchströmten Gassen auf der Höhe des Luftkühlers zu beiden Seiten des jeweiligen Bündels ist der dampfseitige Druckabfall über das Bündel etwa konstant. Damit ergibt sich ein homogener Druckgradient in Richtung Kühler. Mit dieser Massnahme wird eine gute Dampfdurchspülung durch das Bündel erreicht. Nach Durchlauf der maximalen Geschwindigkeit erfährt der Dampf in den Gassen eine Abbremsung bis auf Null mit Druckrückgewinn auf dem Niveau des Kondensatsam-

melbehälters. Dies bewirkt eine Erhöhung der Sättigungstemperatur des Dampfes und damit eine Rückbildung der stattgefundenen Kondensatunterkühlung und der Sauerstoffkonzentration im Kondensat. Dadurch, dass durch die gewählte Strömungsführung der Stau erst am unteren Bündelende erfolgt, werden zudem Ansammlungen von nichtkondensierbaren Gasen in den Bündelgassen selbst vermieden.

Dieser bekannte Kondensator weist den Vorteil auf, dass durch die lockere Anordnung der Teilbündel alle peripheren Rohre eines Teilbündels ohne merklichen Druckverlust gut mit Dampf beschickt sind. Andererseits bedingt das Erfordernis nach zumindest annähernd gleicher "Wandstärke" des berohrten Teilbündels um den Hohlraum herum eine relativ grosse Bauhöhe des Teilbündels in seiner Längserstreckung. Durch die horizontale Ausrichtung der Teilbündel resultiert die hervorragende Eignung dieses Konzeptes für Dampfkondensatoren von Kraftwerksanlagen, bei denen sich der Kondensator und die Turbine ungefähr auf der gleichen Höhe des Maschinenhausfundamentes befinden. In solchen Fällen kann der Kondensator coaxial mit der Turbinenwelle oder seitlich entlang der Turbine angeordnet sein. Weitere Vorteile sind in der einfachen und schnellen Fertigung des Fundamentes sowie in kurzen Inbetriebsetzungszeiten zu sehen. Insbesondere besteht die Möglichkeit, auf die bisherigen Dehnungsorgane zu verzichten und den Kondensator direkt an das Abdampfgehäuse der Turbine anzuschliessen, und durch einfache Gleitschuhe abzustützen.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, einen Kondensator der eingangs genannten Art zu schaffen, bei welchem die mit dem Hohlraum kommunizierende bündelinterne Ausgleichgasse so angeordnet ist, dass der mit Inertgas angereicherte Dampf aus dem Kern der vorderen und der hinteren Hälfte des Bündels einen reibungsfreien Weg zum Luftkühler findet.

Erfindungsgemäss wird dies dadurch erreicht, dass die Längsmittellinie der Ausgleichgasse wegen der asymmetrischen Kondensatbelastung im horizontal ausgerichteten Teilbündel und der asymmetrischen Lokalisierung des Druckminimums im Rohrverband unterhalb der Längsmittellinie der Teilbündel verläuft.

Der Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, dass sichergestellt ist, dass der Restdampf und die verbleibenden Inertgase auch tatsächlich in der bündelinternen Ausgleichgasse reibungsfrei zum Luftkühler strömen können und es zu keinen Inertgasansammlungen im Bündelinnern kommt.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand eines Kraftwerkkondensators schematisch dargestellt. Es zeigen:

- Fig.1 und 2 eine skizzenhafte Vorderansicht und Draufsicht einer Niederdruckturbine mitsamt Kondensator;
 Fig.3 einen Querschnitt durch den Kondensator;
 Fig.4 einen Querschnitt durch zwei Teilbündel.

Beim dargestellten Wärmeaustauscher handelt es sich um einen Oberflächenkondensator in rechteckiger Bauform, wie er geeignet ist für die sogenannte "on floor"-Anordnung.

Weg zur Ausführung der Erfindung

Ueber einen Abdampfstutzen 10, mit dem der Kondensator an der Turbine angeschlossen ist, strömt der Dampf in den Kondensatorhals 1 ein. Darin wird ein möglichst gutes homogenes Strömungsfeld erzeugt, um eine saubere Dampfbespülung der stromabwärts angeordneten Bündel 2 über deren ganze Länge vorzunehmen.

Der Kondensationsraum im Innern des Kondensatormantels beinhaltet vier getrennte Bündel 2. Dies hat unter anderem zum Ziel, dass auch während des Anlagenbetriebes eine kühlwasserseitige Teilabschaltung vorgenommen werden kann, beispielsweise zum Zwecke einer kühlwasserseitigen Inspektion eines abgeschalteten Bündels. Die unabhängige Kühlwasserbeaufschlagung kommt dadurch zum Ausdruck, dass die Wasserkammern 7 (Fig.2) durch nicht gezeigte horizontale Trennwände in Kompartimente unterteilt sind.

Die Bündel bestehen aus einer Anzahl Rohre 5, die an ihren beiden Enden jeweils in Rohrböden 6 befestigt sind. Jenseits der Rohrböden sind jeweils die Wasserkammern 7 angeordnet. Das von den Bündeln 2 abfließende Kondensat wird im Kondensatsammelgefäß 12 aufgefangen und gelangt von dort in den nicht dargestellten Wasser/Dampf-Kreislauf.

Gemäss Fig.3 ist im Innern jedes Bündels 2 ein Hohlraum 13 ausgebildet, in dem sich der mit nicht kondensierbaren Gasen - nachstehend Inertgas genannt - angereicherte Dampf sammelt. In diesem Hohlraum 13 ist ein Luftkühler 14 untergebracht. Das Dampf-Inertgasgemisch durchströmt diesen Luftkühler, wobei der grösste Teil des Dampfes kondensiert. Der Rest des Gemisches wird am kalten Ende abgesaugt. Dabei ist zu beachten, dass der sich im Innern des Rohrbündels befindliche Luftkühler die Wirkung hat, dass das Dampf-Gasgemisch innerhalb des Kondensatorbündels beschleunigt wird. Dadurch verbessern sich die Verhältnisse insofern, als keine kleinen Strömungsgeschwindigkeiten vorherrschen, die den Wärmeübergang beeinträchtigen könnten.

Ausgehend von der vorgegebenen Aussenform des Kondensators - im vorliegenden Fall eine quaderförmige Kondensatorschale -, ist die Form der vier Bündel 2 so angepasst, dass folgende Ziele erreicht werden:

- Gute Ausnützung des Temperaturgefälles
- Kleiner Druckabfall im Rohrbündel trotz hoher Packungsdichte der Berohrung
- Keine stagnierenden Inertgasansammlungen in den Dampfassen und den Bündeln
- Keine Unterkühlung des Kondensates
- Gute Entgasung des Kondensates.

Hierzu sind die Bündel so gestaltet, dass aller Rohre der Peripherie ohne merklichen Druckverlust gut mit Dampf angeströmt sind. Um nun eine homogene, saubere Dampfströmung zu gewährleisten und insbesondere um Stauungen innerhalb des Bündels auszuschliessen, sind die vorhandenen Strömungspfade zwischen den vier Bündeln 2 einerseits sowie zwischen den äusseren Bündeln und deren benachbarter Kondensatorwand folgendermassen ausgebildet:

Zunächst wird vorausgesetzt, dass über dem gesamten Ausströmquerschnitt des Kondensatorhalses 1 ein einigermaßen homogenes Strömungsfeld vorherrscht. Der überwiegende erste Teil des Strömungspfad zwischen Bündelanfang und Bündelende ist konvergent ausgebildet. Darin erfährt der strömende Dampf eine räumliche Beschleunigung mit entsprechender Senkung des statischen Druckes. Dies verläuft ungefähr homogen an beiden Seiten der Bündel. Bei der vorzunehmenden Kanalverengung beidseits der Bündel ist dabei der Tatsache Rechnung zu tragen, dass infolge der Kondensation der Dampfmassenstrom zunehmend geringer wird.

Nach Erreichen der maximal vorgegebenen Geschwindigkeit wird der Dampf nunmehr bis auf die Geschwindigkeit Null abgebremst mit gleichzeitigem Druckrückgewinn. Dies wird dadurch erreicht, dass der zweite Teil des Strömungspfad divergent ausgeführt wird. Auch hier gilt es zu beachten, dass die Kanalerweiterung infolge der zunehmenden Abnahme des Massenstromes optisch nicht erkennbar sein muss. Massgebend ist, dass der zum Kondensatorboden 8 hinströmende Restdampf dort einen Staudruck erzeugt. Dadurch wird der Dampf umgelenkt und versorgt so auch die unteren Teile der Bündel. Die durch den Staudruck bedingte Temperaturerhöhung kommt dem von Rohr zu Rohr hinabfliessenden Kondensat zugute, indem es sich, falls es sich unter Sättigungstemperatur abgekühlt hatte, wieder erwärmt. Dadurch sichert man sich zwei Vorteile: Thermodynamische Verluste wegen Kondensatunterkühlung sind nicht vorhanden und der Sauerstoffgehalt des Kondensates ist auf ein Minimum reduziert.

Als weitere Massnahme, die der gleichmässigen Bündelbeaufschlagung mit Dampf dient, wird der Luftkühler 14 im Bündelinnern auf jenem Niveau angeordnet, auf dem beidseitig der Bündel der Druckverlauf in der durchströmten Gasse ein relatives Minimum durchläuft. Im gezeigten Beispiel befindet sich der Luftkühler somit in der hinteren Hälfte der Teilbündel. Das Bündel

ist so gestaltet, dass die Dampfansaugung in den Hohlraum 13 - unter Berücksichtigung des wirksamen Druckes an der Rohrperipherie und auf Grund der unterschiedlichen Rohrreihendicke - in radialer Richtung homogen über alle im Hohlraum 13 angrenzenden Rohre wirkt. Daraus resultiert ein homogener Druckgradient und damit eine eindeutige Fliessrichtung des Dampfes und der nicht kondensierbaren Gase in Richtung Luftkühler 14.

Im Betrieb kondensiert der Dampf an den Rohren 5 und das Kondensat tropft gegen Kondensatsammelbleche 11 ab. Dieses Abtropfen erfolgt innerhalb der Bündel, wobei das Kondensat mit Dampf steigenden Druckes in Berührung kommt.

Die gesamte Baueinheit Kondensatorschale, d.h. Gehäuse, sowie Teilbündel und Kondensatsammelbleche ist in Rohrlängsrichtung leicht um die Turbinenachse geneigt, um das rasche Abfließen des Kondensates zu fördern.

Wie insbesondere aus Fig. 4 ersichtlich, sind die Luftkühler innerhalb der Teilbündel von asymmetrischer Form und von aszentrischer Lage innerhalb des Hohlraumes 13. Die Bündel 2 sind bei der horizontalen Aufstellung nämlich stark asymmetrisch belastet, da die Schwerkraft und die Trägheitskraft der Dampfgeschwindigkeit nahezu senkrecht zueinander gerichtet sind. Diese Asymmetrie bezieht sich allerdings hauptsächlich auf die Kondensatbelastung im Bündel, was bezüglich der geometrischen Bündelkonturen zu einer ebenfalls asymmetrischen Lokalisierung des Druckminimums im Rohrverband führt.

Die Lage des minimalen Druckes diktiert die Lage des Luftkühlers, da dieser der Ort der Ansammlung der nichtkondensierbaren Gase ist. Das von oben herabregnende Kondensat verstärkt den dampfseitigen Druckverlust in der unteren Bündelhälfte und verursacht damit die Verlagerung des Druckminimums nach unten. Der Luftkühler ist deshalb so konfiguriert und angeordnet, dass er der genannten Asymmetrie Rechnung trägt. Das Ansaugen der Inertgas geschieht infolge der gewählten Kühlerkonfiguration unterhalb der Längsmittellinie 22 des Bündels.

Der Luftkühler 14 hat die Aufgabe, die nichtkondensierbaren Gase aus dem Kondensator zu entfernen. Bei diesem Vorgang sind die Dampfverluste so gering wie möglich zu halten. Dies wird dadurch erreicht, dass das Dampf/Inertgasgemisch in Richtung Absaugkanal 17 beschleunigt wird. Die hohe Geschwindigkeit hat einen guten Wärmeübergang zur Folge, was zu einer weitgehenden Kondensation des Restdampfes führt. Zwecks Beschleunigung des Gemisches wird der Querschnitt in Strömungsrichtung zunehmend kleiner bemessen, wie es aus Fig. 4 hervorgeht. Das Inertgas wird über Blenden 18 in den Kanal 17 abgesaugt. Diese Blenden, welche an der jüngsten Stelle der Kühlerabdeckung angebracht sind, stellen die physikalische Trennung des Kondensationsraumes vom Absaugkanal dar. Sie sind mehrfach über die ganze Rohrlänge verteilt und bewir-

ken durch die Erzeugung eines Druckverlustes, dass die Saugwirkung in allen Kompartimenten des Kondensators homogen ist.

Ein Teil der Wandung des Absaugkanals 17 ist gleichzeitig als Abdeckblech 19 konzipiert. Dieses Blech ist über die Rohre des Kühlers gestülpt und schützt diese vor der von oben nach unten fließenden Dampf- und Kondensatströmung. Damit ist auch die Eintrittsrichtung des abzukühlenden Gemisches vorgegeben, nämlich von hinten nach vorn zu den Blenden 18 hin.

Um das Inertgas aus dem Absaugkanal 17 zum nicht dargestellten Saugapparat zu leiten, sind eine entsprechende Anzahl Rohre 5 aus den Bündeln 2 ausgespart. Je nach Grösse und Staffelung der Rohre 5 handelt es sich dabei um das Fortlassen entweder einer oder zweier Rohrreihen. Durch diese Aussparung werden mehrere, das Bündel nach oben durchdringende Saugleitungen 20 herausgeführt. Parallel zum Bündel werden diese Saugleitungen bis zum Kondensatorboden 8 geführt, wo sie in eine zum Saugapparat führende Sammelleitung 15 münden.

Im Bündelinnern sind stromaufwärts und stromabwärts unberohrte Ausgleichgassen 16 vorgesehen, die in den Hohlraum 13 münden. Diese Ausgleichgassen sorgen dafür, dass auch der mit Inertgas angereicherte Dampf aus dem Kern der vorderen und der hinteren Hälfte des Bündels einen reibungsfreien Weg zum Luftkühler findet. Infolge der asymmetrischen Lokalisierung des Druckminimums im Rohrverband ist hierzu die Längsmittellinie 21 dieser Restdampfassen entsprechend unterhalb der Längsmittellinie 22 der Teilbündel angeordnet.

35 Bezugszeichenliste

- 1 Kondensatorhals
- 2 Teilbündel
- 3 Turbine
- 40 4 Kondensatormantel
- 5 Rohr
- 6 Rohrboden
- 7 Wasserkammer
- 8 Kondensatorboden
- 45 9 Fundament
- 10 Abdampfstützen
- 11 Kondensatsammelblech
- 12 Kondensatsammelgefäß
- 13 Hohlraum
- 50 14 Luftkühler
- 15 Sammelleitung
- 16 Ausgleichgasse
- 17 Saugkanal
- 18 Blende
- 55 19 Abdeckblech
- 20 Saugleitung
- 21 Längsmittellinie von 16
- 22 Längsmittellinie von 2

Patentansprüche

1. Dampfkondensator zur ebenerdigen Anordnung mit einer Dampfturbine,

5

- in welchem der Dampf an kühlwasserdurchflossenen, in separaten Teilbündeln (2) zusammengefassten Rohren (5) niedergeschlagen wird, wozu die Teilbündel (2) in ihrer Längserstreckung horizontal gerichtet sind und mehrere derartige Teilbündel in der Vertikalen übereinander angeordnet sind, 10
- wobei die in Reihen angeordneten Rohre eines Bündels einen Hohlraum (13) umschliessen, in dem ein Kühler (14) für die nicht kondensierbaren Gase angeordnet ist, und wobei durch den Kühler (14) das sich im Hohlraum (13) des Teilbündels (2) ansammelnde Gemisch von nicht-kondensierbaren Gasen und Wasserdampf abgesaugt wird, 20
- und wobei der Hohlraum (13) mit einer bündelinternen Ausgleichgasse (16) verbunden ist, die dafür sorgt, dass der mit Inertgas angereicherte Dampf aus dem Kern der vorderen und der hinteren Hälfte des Bündels dem Luftkühler 25

dadurch gekennzeichnet,

dass die Längsmittellinie (21) der Ausgleichgasse (16) wegen der asymmetrischen Kondensatbelastung im horizontal ausgerichteten Teilbündel und der asymmetrischen Lokalisierung des Druckminimums im Rohrverband unterhalb der Längsmittellinie (22) der Teilbündel verläuft. 30

35

40

45

50

55

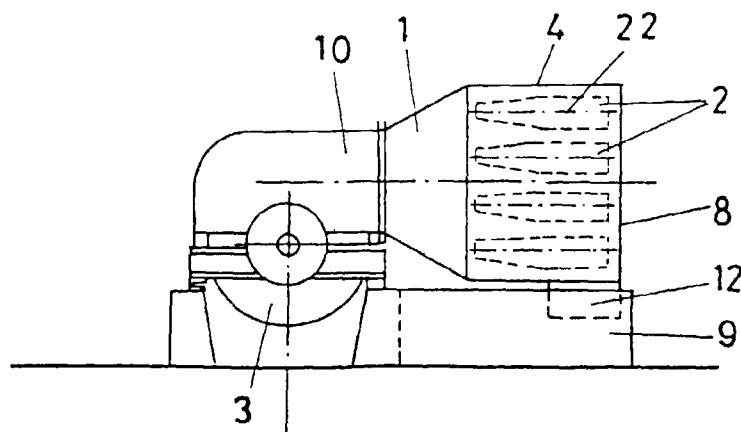


FIG.1

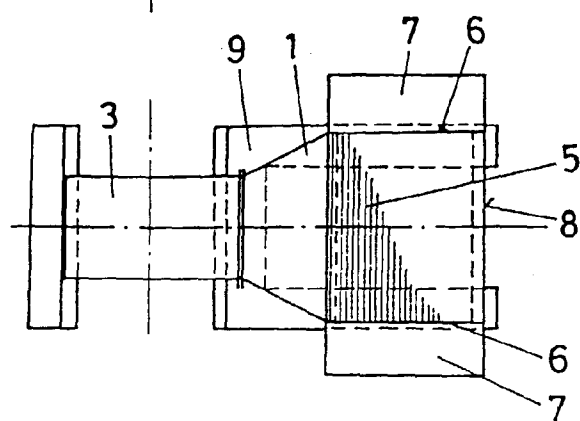


FIG.2

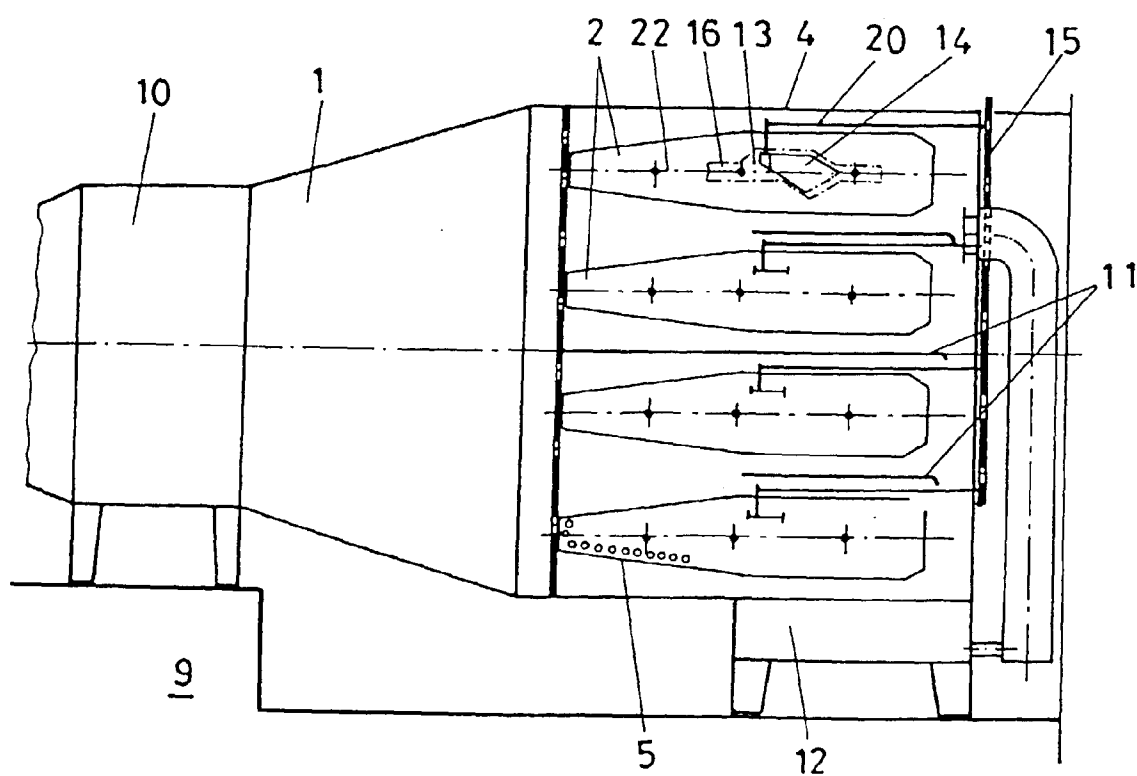


FIG.3

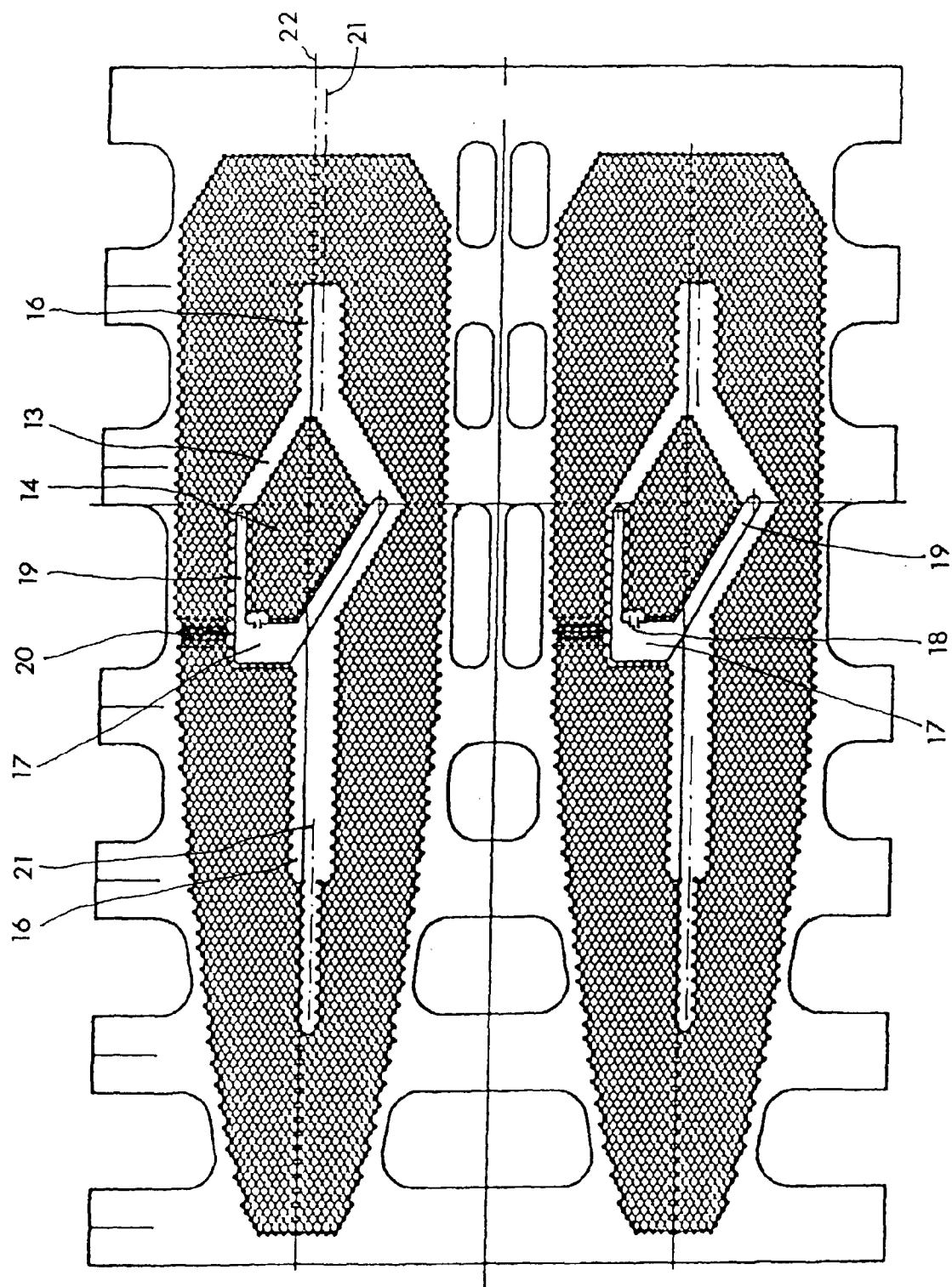


FIG. 4