

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 854 341 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
22.07.1998 Patentblatt 1998/30

(51) Int. Cl.⁶: F28B 1/06

(21) Anmeldenummer: 98100514.3

(22) Anmeldetag: 14.01.1998

(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 MK RO SI

(72) Erfinder: Witte, Raimund
44319 Dortmund (DE)

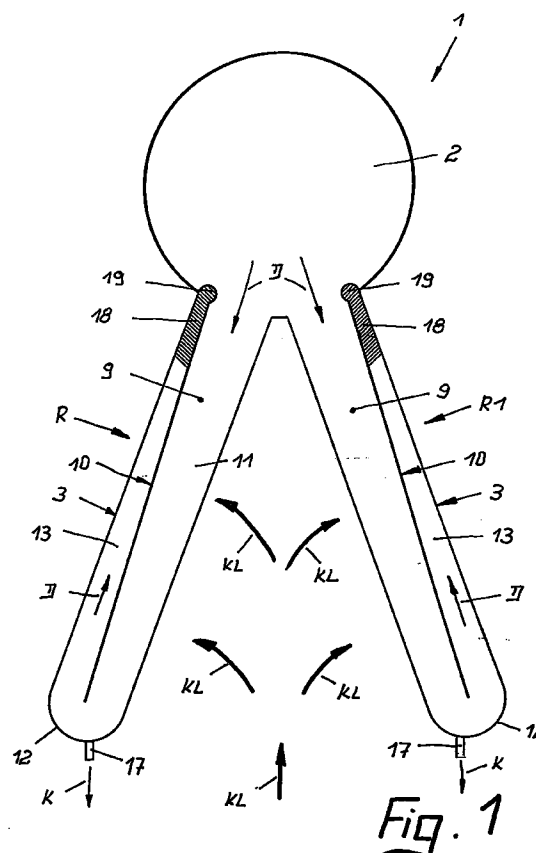
(74) Vertreter:
Bockermann, Rolf, Dipl.-Ing.
Bergstrasse 159
44791 Bochum (DE)

(30) Priorität: 18.01.1997 DE 19701598

(71) Anmelder:
GEA Energietechnik GmbH
44809 Bochum (DE)

(54) Wärmetauscherrohr

(57) Das Wärmetauscherrohr (3) zum Kondensieren von Dampf (D) durch Kühlluft (KL) mit oberer Dampfzuführung (2) und unterer Kondensatabführung (17) weist einen in Strömungsrichtung der quer anströmenden Kühlluft (KL) langgestreckten Querschnitt auf. Der Innenraum (9) des Wärmetauscherrohrs (3) ist durch eine sich quer zur Strömungsrichtung der Kühlluft (KL) erstreckende Trennwand (10) in eine in Strömungsrichtung des Dampfes (D) im Querschnitt kleiner werdende Kondensatorstrecke (11) und in eine am unteren Ende (12) mit der Kondensatorstrecke (11) dampfleitend verbundene, in Strömungsrichtung des Dampfes (D) im Querschnitt kleiner werdende Dephlegmatorstrecke (13) gegliedert. Am oberen Ende der Dephlegmatorstrecke (13) befindet sich eine Gas/Dampfgemisch-Absaugung (19).



EP 0 854 341 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Wärmetauscherrohr zum Kondensieren von Dampf durch Kühlluft mit oberer Dampfzuführung und unterer Kondensatabführung.

Derartige Wärmetauscherrohre werden in der Regel gruppen- bzw. reihenweise zusammengefaßt und mit weiteren dephlegmatorisch betriebenen Wärmetauscherrohren im Rahmen von luftgekühlten Kondensatoren gekoppelt. In diesem Zusammenhang dienen die dephlegmatorisch betriebenen Wärmetauscherrohre insbesondere dazu, der Einfriergefahr zu begegnen.

Stand der Technik ist es, die dephlegmatorisch betriebenen Wärmetauscherrohre (Kondensat fließt im Gegenstrom zum Dampf) getrennt von den im Gleichstrom betriebenen Wärmetauscherrohren (Kondensat strömt in Richtung des Dampfs) anzuordnen und den Überschußdampf aus den kondensatorisch betriebenen Wärmetauscherrohren über Sammelkammern und Rohrleitungen von unten in die dephlegmatorisch betriebenen Wärmetauscherrohre zu führen oder alternativ den Überschußdampf aus den kondensatorisch betriebenen Wärmetauscherrohren über eine Sammelkammer von unten in die im Gegenstrom betriebenen Wärmetauscherrohre strömen zu lassen. Alle Wärmetauscherrohre befinden sich in einem Kondensator. Dieser kann mit weiteren Kondensatoren, insbesondere dachförmig, zusammengestellt sein.

Obwohl sich das bekannte Prinzip grundsätzlich bewährt hat, muß aus der Erfahrung der Praxis festgestellt werden, daß insbesondere hinsichtlich des K-D-Verhältnisses (Kondensator-Dephlegmator-Verhältnis) bislang stets Kompromisse eingegangen worden sind. Diese ergaben sich durch die - übers Jahr gesehen - unterschiedlichen Witterungsverhältnisse, durch die Menge des jeweils maximal anfallenden Dampfs sowie auch durch die Ausgestaltung der Wärmetauscherrohrgruppen in Bezug auf die diesen zugeordneten verschiedenen Lüfter. Desweiteren sind im bekannten Fall Rohrleitungen notwendig, um Überschußdampf aus den kondensatorisch betriebenen Wärmetauscherrohren in die getrennt angeordneten dephlegmatorisch betriebenen Wärmetauscherrohre zu überführen. Ferner wird häufig das sogenannte "Verschlucken" von Kondensat in den dephlegmatorisch betriebenen Wärmetauscherrohren beobachtet. Dieses Verschlucken tritt ein, wenn die Dampfgeschwindigkeiten beim Eintritt in die dephlegmatorisch betriebenen Wärmetauscherrohre noch so groß sind, daß sie das im Gegenstrom in diesen Wärmetauscherrohren herabströmende Kondensat schirm- oder pufferartig aufhalten bzw. gegebenenfalls diese Kondensatsäule sogar weiter nach oben drücken. Die Kondensationsleistung eines Kondensators wird durch das Verschlucken erheblich beeinträchtigt.

Der Erfindung liegt ausgehend vom Stand der Technik die Aufgabe zugrunde, ein Wärmetauscherrohr

vorzuschlagen, das bei einfacher Ausbildung und Fertigung eine gezielte Einstellung des K-D-Verhältnisses erlaubt.

Die Lösung dieser Aufgabe besteht nach der Erfindung in den Merkmalen des Anspruchs 1.

Kerngedanke der Erfindung bildet der Sachverhalt, den Innenraum eines Wärmetauscherrohrs gleichzeitig kondensatorisch und dephlegmatorisch betreiben zu können. Zu diesem Zweck wird in den Innenraum eine sich in Strömungsrichtung des Dampfs erstreckende Trennwand eingezogen, die sich quer zur Strömungsrichtung der Kühlluft erstreckt. Die Eingliederung der Trennwand erfolgt derart, daß auf der einen Seite der Trennwand eine in Strömungsrichtung des Dampfs im Querschnitt kleiner werdende Kondensatorstrecke und auf der anderen Seite der Trennwand in Strömungsrichtung des Dampfs eine im Querschnitt kleiner werdende Dephlegmatorstrecke gebildet werden. Die Kondensatorstrecke und die Dephlegmatorstrecke sind am unteren Ende des Wärmetauscherrohrs dampfleitend miteinander verbunden.

Der zu kondensierende Dampf tritt von oben in die Kondensatorstrecke ein, strömt in dieser nach unten und wird dabei zum Teil von der Kühlluft kondensiert. Das Kondensat, der Restdampf sowie nicht kondensierbare Gase verlassen die Kondensatorstrecke am unteren Ende. Der Restdampf sowie die nicht kondensierbaren Gase strömen in die Dephlegmatorstrecke hinein, und zwar nach oben in Richtung zu einer Gas/Dampfgemisch-Absaugung. Auf diesem Wege wird der Restdampf nahezu vollständig kondensiert. Am oberen Ende der Dephlegmatorstrecke sammelt sich ein Gemisch aus nicht kondensierbaren Gasen und Dampf, welches durch die Kühlluft gegenüber der Kondensationstemperatur unterkühlt und auf diese Weise durch die Gas/Dampfgemisch-Absaugung, beispielsweise eine Evakuierungseinrichtung, abgesaugt wird. Das Kondensat aus der Kondensatorstrecke und der Dephlegmatorstrecke fließt mittels Schwerkraft über eine Rohrleitung in einen Kondensatsammelbehälter.

Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, daß durch die Lage der Trennwand im Wärmetauscherrohr die Querschnitte der Kondensatorstrecke und der Dephlegmatorstrecke gezielt dem Volumenstrom des Dampfs angeglichen werden können. Das heißt, der Querschnitt nimmt in dem Umfang ab, wie die Dampfmenge durch die Kondensation weniger wird. Auf diese Weise kann im Vergleich zu konstanten Rohrquerschnitten eine deutlich gleichmäßigere Geschwindigkeit des Dampfs, insbesondere in der Kondensatorstrecke, erreicht werden.

Dadurch, daß sich jetzt der Querschnitt der Dephlegmatorstrecke vom Eintritt des Dampfs bis zu ihrem oberen Ende hin verringert, wird das Verschlucken von Kondensat im unteren, im Querschnitt größeren Teil der Dephlegmatorstrecke verhindert. Die Kondensationsleistung wird erhöht.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß nunmehr

keine Überführungsleitungen mehr von den kondensatorisch betriebenen Wärmetauscherrohren zu den dephlegmatorisch betriebenen Wärmetauscherrohren erforderlich sind. Sowohl die Kondensator- als auch die Dephlegmatorfunktion werden grundsätzlich in einem einzigen Wärmetauscherrohr bzw. in einem Wärmetauscherbündel vereinigt.

Die Erfindung kann gleichermaßen bei Wärmetauscherrohren mit umfangsseitigen Rippen als auch bei Wärmetauscherrohren ohne Rippen verwirklicht werden. Desweiteren ist der Querschnitt der Wärmetauscherrohre insofern nebensächlich, vorausgesetzt, der Querschnitt ist in Strömungsrichtung der Kühlluft langgestreckt. Das heißt, die einander gegenüberliegenden Wände können parallel zueinander oder auch bogenförmig verlaufen (ovale Großrohre). Schließlich ist es möglich, daß das Wärmetauscherrohr so in den Kühlluftstrom eingegliedert werden kann, daß entweder zunächst die Kondensatorstrecke der Kühlluft ausgesetzt ist und dann die Dephlegmatorstrecke, oder es wird zuerst die Dephlegmatorstrecke von der Kühlluft beaufschlagt und danach die Kondensatorstrecke.

Das Zusammenstellen der erfindungsgemäßen Wärmetauscherrohre zu größeren Kondensatoren, insbesondere in dachartiger, jeweils einseitiger Konfiguration, wird jetzt deutlich erleichtert.

Je nach den örtlichen Einsatzbedingungen kann nunmehr unter Verwendung der Merkmale der Ansprüche 2 bis 5 das K-D-Verhältnis im Prinzip kompromißlos optimiert werden. So ist es beispielsweise möglich, der Trennwand einen geradlinigen Verlauf in Strömungsrichtung des Dampfs zu geben. Denkbar ist auch eine Ausführungsform, bei welcher sich die Trennwand aus mindestens zwei zueinander abgewinkelten Längenabschnitten zusammensetzt. Ferner kann die Trennwand zur Kondensatorstrecke hin konvex oder konkav gewölbt sein.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform wird in den Merkmalen des Anspruchs 6 erblickt, bei welcher das Wärmetauscherrohr aus zwei Schalen zusammengesetzt ist. Die Schalen besitzen einander gegenüberliegende gerade ebene Flächen. Bei der Fertigung wird die Trennwand über eine Längskante nur bereichsweise an die Innenfläche einer Schale gepunktet. Die andere Längskante der Trennwand wird dann beim Zusammenfügen der beiden Schalen an die Innenfläche der anderen Schale federnd nachgiebig gedrückt. Zu diesem Zweck wird der Trennwand eine leichte Bogenform gegeben, so daß sie dann unter Vorspannung zwischen den beiden Schalen eingeklemmt ist.

Der Vorteil dieser Ausführungsform liegt darin, daß jetzt über die Spalte zwischen den Längskanten der Trennwand und den Innenflächen der Schalen Kondensat aus der Dephlegmatorstrecke in die Kondensatorstrecke übertreten kann. Hierdurch wird eine weitere Reduzierung der Verschluckgefahr erreicht. Andererseits können kleinere Dampfmen gen über diese Spalte aus der Kondensatorstrecke in die Dephlegmator-

strecke strömen und dort kondensieren.

Im Rahmen der Erfindung ist es ferner vorstellbar, daß die Länge der Dephlegmatorstrecke kürzer als die der Kondensatorstrecke bemessen wird. Dies gilt insbesondere bei Wärmetauscherrohren großer Längen. Hierbei ist in der Regel die Kondensation des Dampfs in der Dephlegmatorstrecke in einem Höhenbereich beendet, der etwa in mittlerer Höhe der Kondensatorstrecke liegt. Es genügt also, die Dephlegmatorstrecke lediglich bis hier hin zu führen und an diesem Ende der Dephlegmatorstrecke auch die Gas/Dampfgemisch-Absaugung vorzusehen.

Um auch in diesem Zusammenhang die Variabilität der Erfindung zu erhöhen, sind die Merkmale des Anspruchs 7 vorgesehen, wonach die Länge der Dephlegmatorstrecke veränderbar ist. Dies kann durch einen in Längsrichtung der Dephlegmatorstrecke verlagbaren und fixierbaren Einbau, wie z.B. ein Blech erfolgen. Die Gas/Dampfgemisch-Absaugung kann dann mit diesem Einbau verbunden sein.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

- | | | |
|----|-----------------|---|
| 25 | Figur 1 | im schematischen vertikalen Querschnitt einen luftgekühlten dachförmigen Kondensator; |
| 30 | Figur 2 | in der Perspektive, teilweise im Schnitt, einen Längenbereich eines Wärmetauscherrohrs des Kondensators der Figur 1 und |
| 35 | Figuren 3 bis 6 | im schematischen vertikalen Längsschnitt das Wärmetauscherrohr der Figur 2 mit vier verschiedenen Trennwänden. |

Der in der Figur 1 im Schema veranschaulichte Kondensator 1 ist Bestandteil einer Wärmetauscheranlage, die im Abstand oberhalb des Erdbodens vorgesehen ist. Sie dient der Kondensation von Dampf, der z.B. in einem Kraftwerk anfällt.

Der Kondensator 1 besitzt eine firstseitige Verteilungskammer 2 für den Dampf D sowie zwei zueinander V-förmig gestellte Reihen R, R1 mit parallel zueinander liegenden Wärmetauscherrohren 3, von denen eins in der Figur 2 näher veranschaulicht ist.

Ein derartiges Wärmetauscherrohr 3 besitzt in Strömungsrichtung der Kühlluft KL einen langgestreckten Querschnitt. Dazu werden zwei Schalen 4, 5 über ihre randseitigen Längsflansche 6 miteinander verbunden. Außenseitig der parallel zueinander verlaufenden Böden 7 der Schalen 4, 5 befinden sich parallel zur Strömungsrichtung der Kühlluft KL verlaufende Rippen 8.

Die Kühlluft KL wird durch nicht näher dargestellte Ventilatoren erzeugt.

Die Wärmetauscherrohre 3 der Figuren 1 und 2 besitzen in ihren Innenräumen 9 sich quer zur Strömungsrichtung der Kühlluft KL erstreckende Trennwände 10, welche die Innenräume 9 in eine in Strömungsrichtung des Dampfs D im Querschnitt kleiner werdende Kondensatorstrecke 11 und in eine am unteren Ende 12 jedes Wärmetauscherrohrs 3 mit der Kondensatorstrecke 11 dampfleitend verbundene, in Strömungsrichtung des Dampfs D im Querschnitt kleiner werdende Dephlegmatorstrecke 13 gliedern. Die Trennwände 10 der Ausführungsformen der Figuren 1, 2 und 3 haben einen geradlinigen Verlauf in Strömungsrichtung des Dampfs D.

Bei der Fertigung eines Wärmetauscherrohrs 3 wird eine Längskante 14 der Trennwand 10 durch Punktschweißung 15 bereichsweise mit dem Boden 7 der Schale 4 verbunden. Der Trennwand 10 wird eine leichte bogenförmige Krümmung in ihrer quer zur Strömungsrichtung der Kühlluft KL liegenden Erstreckung gegeben, so daß beim Verbinden der beiden Schalen 4, 5 die andere Längskante 16 federnd nachgiebig am Boden 7 der anderen Schale 5 zur Anlage gelangt.

Aus den Figuren 1 bis 3 ist ersichtlich, daß der zu kondensierende Dampf D am oberen Ende der Kondensatorstrecke 11 eintritt, nach unten strömt, wobei ein Teil des Dampfs D durch die Kühlluft KL kondensiert wird. Das Kondensat K verläßt die Kondensatorstrecke 11 mittels Schwerkraft über eine Rohrleitung 17 in einen nicht näher dargestellten Kondensatsammelbehälter.

Der Restdampf sowie nicht kondensierbare Gase strömen am unteren Ende der Trennwand 10 aus der Kondensatorstrecke 11 in die Dephlegmatorstrecke 13 und in dieser nach oben. Hierbei wird der Dampf D fast vollständig kondensiert. Im oberen Bereich 18 der Dephlegmatorstrecke 13 sammelt sich ein Gemisch aus nicht kondensierbaren Gasen und Dampf, welches durch die Kühlluft KL gegenüber der Kondensationstemperatur unterkühlt und auf diese Weise durch eine Gas/Dampf-Gemisch-Absaugung 19 abgesaugt wird. Auch das in der Dephlegmatorstrecke 13 anfallende Kondensat K fließt mittels Schwerkraft über die Rohrleitung 17 in den Kondensatsammelbehälter.

Während - wie gesagt - in den Figuren 1 bis 3 die Trennwände 10 der Wärmetauscherrohre 3 eine geradlinige Erstreckung besitzen, ist in der Figur 4 die Ausführungsform eines Wärmetauscherrohrs 3a veranschaulicht, bei welcher die Trennwand 10a zwei im Winkel zueinander angeordnete Längenabschnitte 20, 21 besitzt. Dabei verläuft der obere Längenabschnitt 20 parallel zur Strömungsrichtung des Dampfs D, während der untere demgegenüber so angeordnet ist, daß der Querschnitt der Kondensatorstrecke 11 sich in Strömungsrichtung des Dampfs D verkleinert.

Die Figur 4 läßt darüberhinaus in strichpunktierter Linienführung eine Ausführungsform erkennen, bei welcher der obere vertikale Längenabschnitt 20 entfallen kann, wobei jedoch dann die Dephlegmatorstrecke 13 etwa im mittleren Höhenbereich der Kondensator-

strecke 11 endet.

Die Figur 5 zeigt ein Wärmetauscherrohr 3b mit einer Trennwand 10b, die einen zur Kondensatorstrecke 11 hin konkaven Krümmungsverlauf besitzt, während die Figur 6 ein Wärmetauscherrohr 3c offenbart, bei welchem die Trennwand 10c einen zur Kondensatorstrecke 11 hin konvexen Krümmungsverlauf aufweist.

Bezugszeichenaufstellung

1	- Kondensator
2	- Verteilkammer
3	- Wärmetauscherrohr
3a	- Wärmetauscherrohr
3b	- Wärmetauscherrohr
4	- Schale
5	- Schale
6	- Längsflansche
7	- Böden v. 4, 5
8	- Rippen
9	- Innenräume v. 3
10	- Trennwände
10a	- Trennwand
10b	- Trennwand
11	- Kondensatorstrecke
12	- untere Enden v. 3
13	- Dephlegmatorstrecke
14	- Längskante v. 10
15	- Punktschweißung
16	- Längskante v. 10
17	- Rohrleitung
18	- oberer Bereich v. 13
19	- Gas/Dampf-Absaugung
20	- Längenabschnitt v. 10a
21	- Längenabschnitt v. 10a
D	- Dampf
K	- Kondensat
KL	- Kühlluft
R	- Reihe mit
R1	- Reihe mit

Patentansprüche

1. Wärmetauscherrohr zum Kondensieren von Dampf (D) durch Kühlluft (KL) mit oberer Dampfzuführung (2) und unterer Kondensatabführung (17), das einen in Strömungsrichtung der quer anströmenden Kühlluft (KL) langgestreckten Querschnitt aufweist, bei welchem der Innenraum (9) durch eine sich quer zur Strömungsrichtung der Kühlluft (KL) erstreckende Trennwand (10, 10a-c) in eine in Strömungsrichtung des Dampfs (D) im Querschnitt kleiner werdende Kondensatorstrecke (11) und in eine am unteren Ende (12) mit der Kondensatorstrecke (11) dampfleitend verbundene, in Strömungsrichtung des Dampfs (D) im Querschnitt kleiner werdende Dephlegmatorstrecke (13) mit einer an ihrem oberen Ende befindlichen Gas/Dampfge-

misch-Absaugung (19) gegliedert ist.

2. Wärmetauscherrohr nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Trennwand (10) in Strömungsrichtung des Dampfes (D) einen geradlinigen Verlauf besitzt. 5

3. Wärmetauscherrohr nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Trennwand (10a) in Strömungsrichtung des Dampfes (D) aus mindestens zwei im Winkel zueinander stehenden Längenabschnitten (20, 21) zusammengesetzt ist. 10

4. Wärmetauscherrohr nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Trennwand (10b) in Strömungsrichtung des Dampfes (D) zur Kondensatorstrecke (11) hin konkav gekrümmt ist. 15

5. Wärmetauscherrohr nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Trennwand (10c) in Strömungsrichtung des Dampfes (D) zur Kondensatorstrecke (11) hin konvex gekrümmt ist. 20

6. Wärmetauscherrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 5, das aus zwei Schalen (4, 5) zusammengesetzt ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Trennwand (10, 10a-c) mit einer Längskante (14) bereichsweise am Boden (7) einer Schale (4) befestigt und mit der anderen Längskante (16) federnd nachgiebig gegen den Boden (7) der anderen Schale (5) gedrückt ist. 25
30

7. Wärmetauscherrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Länge der Dephlegmatorstrecke (13) veränderbar ist. 35

40

45

50

55

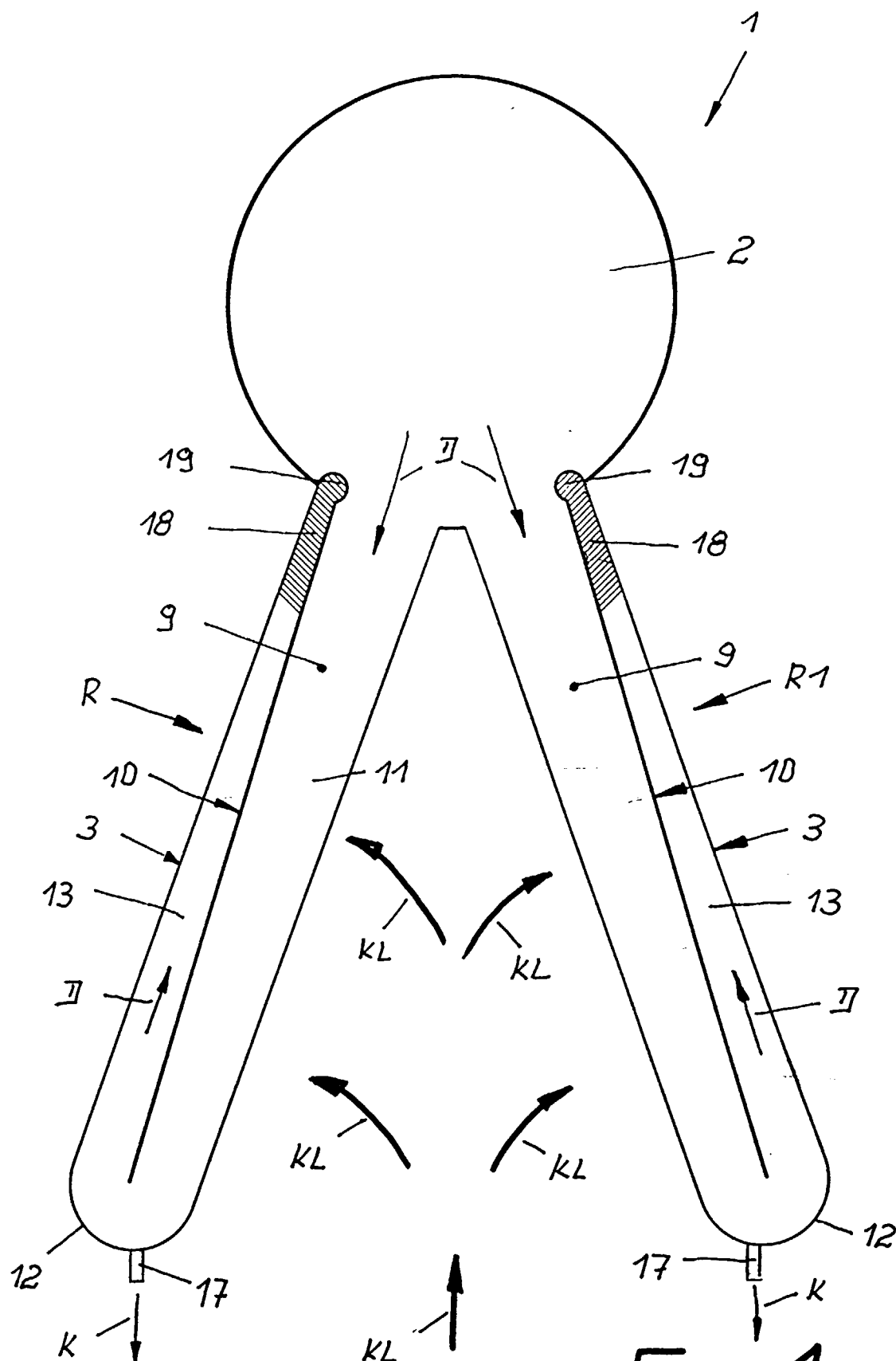
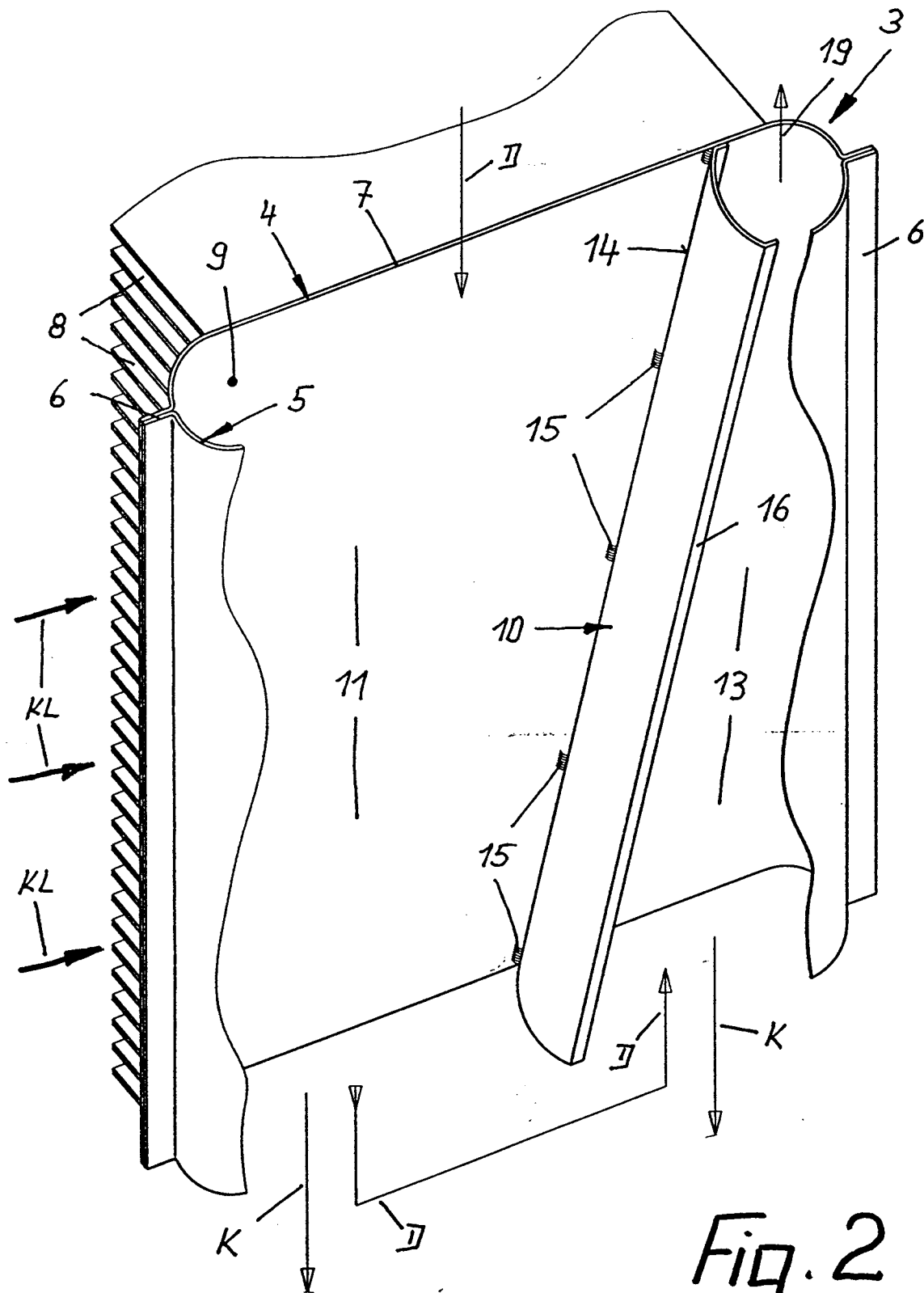


Fig. 1



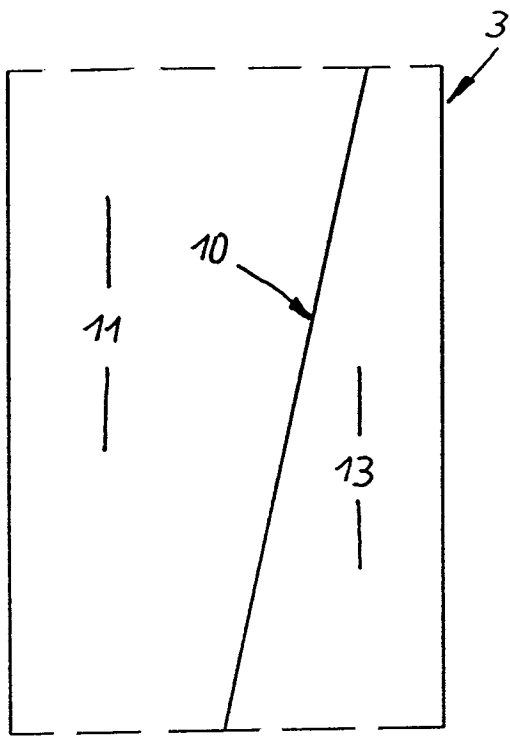


Fig. 3

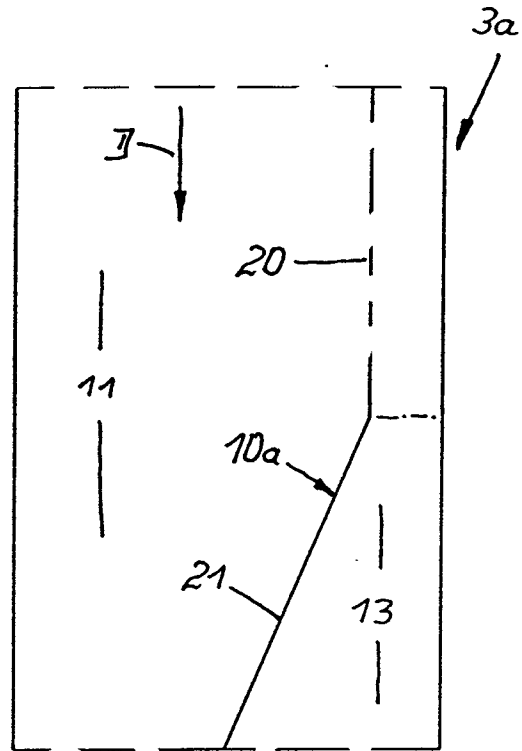


Fig. 4

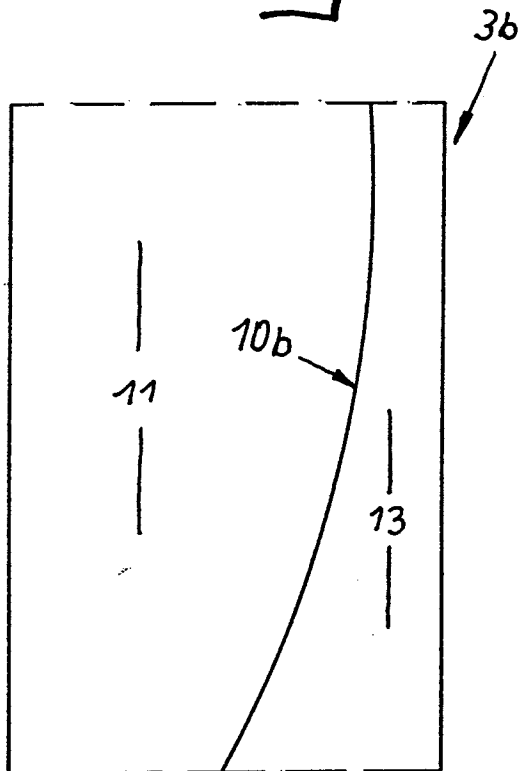


Fig. 5

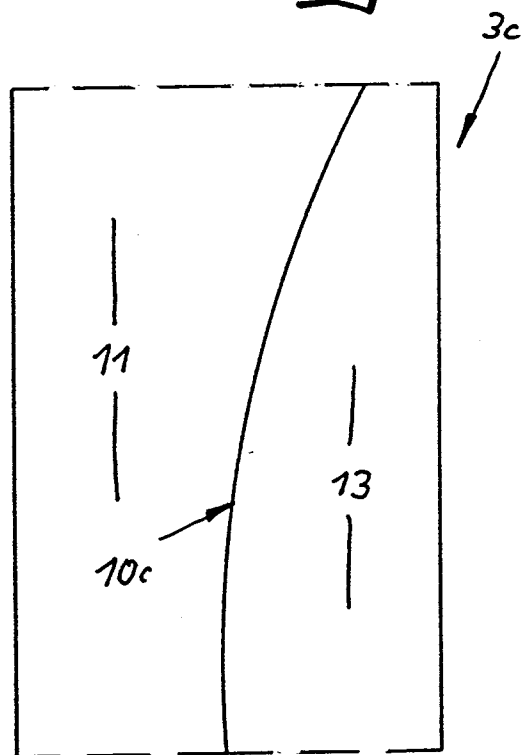


Fig. 6