



(12) Wirtschaftspatent

Teilweise bestätigt gemäß § 18 Absatz 1  
Patentgesetz

(19) **DD** (11) **158 205 B1**

4(51) **B 01 D 3/16**



AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

---

(21) WP B 01 D / 229 439 2

(22) 23.04.81

(45) 15.04.87

(44) 05.01.83

---

(71) siehe (72)

(72) Hoppe, Klaus, Dr.-Ing., 3010 Magdeburg, Zackelbergstraße 46, DD; Kulbe, Bernd, Dr.-Ing., DD; Müller, Jürgen, Dipl.-Ing., DD; Keller, Jürgen, Dipl.-Ing., DD; Schober, Günter, Dr.-Ing., DD; Paul, Peter, Dipl.-Ing., verstorben; Henning, Johannes, Dipl.-Ök., DD; Bünger, Helmuth, Dipl.-Ing., DD; Matthey, Reinhard, Dipl.-Ing., DD

---

(54) Stoffaustauscheinheit

---

#### Erfindungsanspruch:

- 1 Stoffaustauscheinheit, bestehend aus Kreuzgegenstromboden mit Ablaufwehr, darüber angeordneter Packung und einer darüber direkt angrenzenden die gesamte Bodenfläche überdeckenden horizontalen Abscheideeinrichtung, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Kreuzgegenstromboden (1) als Ventilboden gestaltet ist, wobei die Anordnung der Ventile (5) im Kreuzgegenstromboden (1) gleichartig zur Orientierung der Elemente der darüberliegenden Packung (3), verläuft und daß in Abhängigkeit von der Flüssigkeits- und Dampfbelastung des Ventilbodens in mindestens der doppelten Hubhöhe der Ventile (5) oberhalb der Bodenplatte eine Packung (3) bestehend aus senkrechten, in Hauptstromungsrichtung der Flüssigkeit und mit Distanz parallel zueinander verlaufenden perforierten Lamellen (10), angeordnet ist, und die einen Abstand zwischen sich und dem Zu- und Ablauf (9, 11) sowie zur Kolonnenwand (13) aufweist, wobei die Perforation der Lamellen (10) nach unten orientiert ist und daß die Abscheideeinrichtung (4) aus formperforiertem und senkrecht zur Kolonnenachse richtungsorientiertem Material mit flüssigkeitsabführenden Öffnungen besteht
- 2 Stoffaustauscheinheit nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß von den am Zulauf (9) angrenzenden Ventilen (5) bis maximal zur Bodenmitte bis 50% der Anzahl mit Ventiltellern (6) versehen sind, deren Ränder (7) bis zu  $\frac{1}{3}$  des Umfanges schrag nach unten gebogen sind, wobei der nach unten gerichtete Teil (8) zum Zulauf (9) zeigt
- 3 Stoffaustauscheinheit nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Perforation in den Lamellen (10) beidseitig im Wechsel angeordnet ist
- 4 Stoffaustauscheinheit nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Größe der Perforation in den Lamellen (10) in Richtung des aufsteigenden Dampfstromes abnimmt
- 5 Stoffaustauscheinheit nach Anspruch 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Distanz der parallel zueinander verlaufenden Lamellen (10) in Richtung zu den beiden Randzonen der Packung (3) an der Kolonnenwand (13) zunimmt
- 6 Stoffaustauscheinheit nach Anspruch 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der parallele Verlauf der Lamellen (10) zickzackförmig oder gerade gestaltet ist
- 7 Stoffaustauscheinheit nach Anspruch 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei mehrlagiger Abscheideeinrichtung (4) die Richtung der Durchtrittsöffnungen (14) über den Querschnitt von Lage zu Lage versetzt verläuft
- 8 Stoffaustauscheinheit nach Anspruch 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Größe der Perforation in der Abscheideeinrichtung (4) in Richtung des aufsteigenden Dampfstromes abnimmt
- 9 Stoffaustauscheinheit nach Anspruch 1 bis 8 **dadurch gekennzeichnet**, daß anstelle des Ventilbodens ein Kreuzgegenstromboden (1) ohne Transporteffekt angeordnet ist

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

#### Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Stoffaustauscheinheit für die Gas/Dampf-Flüssigkeits-Kontaktierung in Kolonnen. Mit dieser Austauschereinheit werden verschiedene Prozesse, wie beispielsweise Rektifikation, Absorption, Desorption, Chemosorption und direkte Wärmeübertragung realisiert.

#### Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Gem. DD-PS 107212 ist die Verwendung von Hochleistungspackungen zur Verbesserung des Stoff- und Wärmeaustausches in Rektifizierkolonnen bekannt. Die Lösung ist dadurch gekennzeichnet, daß an den Phasengrenzgebieten der belasteten Austauschboden in den kritischen Belastungszonen von Rektifizierkolonnen Hochleistungspackungen angebracht werden, wobei die Packungselemente der Hochleistungspackung sowohl in die dampf- als auch flüssigkeitsbelasteten Zonen eines Austauschbodens hineinragen. Die Hochleistungspackungen sind in den kritischen Belastungszonen, insbesondere im Bereich der Einlaufsektion und der Kopfsektion der Rektifizierkolonne angeordnet.

Diese Lösung hat den Nachteil, daß die angestrebte Trennwirkungsverbesserung nur bei solchen Kolonnensektionen wirksam wird, in denen die zulässige Dampfgrenzgeschwindigkeit überschritten wird und ein verstärktes Mitreißen von Flüssigkeitsteilchen auftritt. Dadurch kann die Trennwirkung nur partiell in den genannten Kolonnensektionen verbessert werden, Auswirkungen hinsichtlich der Verbesserung der Trennwirkung der gesamten Kolonne sind gering. Durch den Einsatz von Hochleistungspackungen als zusätzliches Element in den belastungsmaßig kritischen Sektionen ergibt sich eine deutliche Erhöhung des Druckverlustes, so daß zur Sicherung der Funktionsweise der Kolonne der Bodenabstand extrem groß ausgeführt werden muß.

Eine Verbesserung der Trennleistung aller Boden einer Kolonne durch Einsatz dieser Lösung tritt nicht ein, weil Boden und Packung in ihrer hydraulischen Arbeitsweise nicht aufeinander abgestimmt sind. Das ist damit begründet, daß mit dem vorgeschlagenen Austauschboden ohne zusätzliche Ausgestaltung keine gezielte Flüssigkeitseintragung bei normaler Belastung in die Packung erreicht werden kann.

Ein weiterer Nachteil auf Grund der fehlenden zusätzlichen Ausgestaltungen des Austauschbodens und der fehlenden hydraulischen Abstimmung zwischen Boden und Packung besteht darin, daß bei der vorgesehenen Anordnung der Packung teilweise in der Flüssigkeitsschicht des Bodens ein hoher Flüssigkeitsgradient vom Zu- zum Ablauf eintritt, wodurch der Arbeitsbereich des Bodens eingeschränkt ist und ein starkes Abregnen der Flüssigkeit besonders am Zulauf nicht vermeidbar ist.

Da die erfinderische Lösung auf dem Boden keine zusätzlichen Einrichtungen zur gezielten Beaufschlagung der Packung mit Flüssigkeit vorsieht, wird der obere im Dampfraum befindliche Teil der Packung nur wenig mit Flüssigkeit benetzt, wodurch dieser Teil der Packung für den Stoffaustausch nicht wirksam wird.

Durch die Ausführung der Hochleistungspackung aus einheitlich strukturiertem Material kann die Packung der unterschiedlichen Funktionen, sowohl zur Verbesserung der Trennwirkung des Bodens als auch zur Abscheidung der vom Boden mitgerissenen Flüssigkeit, nicht gleichermaßen gerecht werden.

Bei der vorgesehenen Anordnung der einheitlich strukturierten Packung im Phasengrenzgebiet Dampf/Flüssigkeit wird die Flüssigkeitsrückführung aus der Packung nicht erreicht und die erzielte Trennwirkungsverbesserung größtenteils wieder aufgehoben

Durch die nur teilweise Überdeckung der aktiven Bodenfläche tritt an den freien Flächen infolge der Gasbypassstromung ein hohes Entrainment auf. Dieser Nachteil wirkt sich besonders negativ im Bereich des Flüssigkeitsablaufes aus. Die einheitliche Struktur des Materials ist für die hydraulische Arbeitsweise im Bereich der Kolonnenwand von Nachteil. Die in diesem Bereich ohnehin vorhandenen Toträume werden dadurch noch vergrößert, wodurch insgesamt die Trennwirkungsverbesserung wiederum teilweise kompensiert wird.

### Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Schaffung einer Stoffaustauscheinheit, bei deren Einsatz die erforderlichen praktischen Bodenzahlen reduziert werden, bzw. eine Verringerung des erforderlichen Rücklaufverhältnisses möglich wird, wodurch der Energieeinsatz gesenkt oder die Produktreinheit erhöht wird.

### Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Stoffaustauscheinheit zu entwickeln aus einer hinsichtlich der Arbeitscharakteristik aufeinander abgestimmten Kombination eines Kreuzgegenstrombodens mit Flüssigkeitsforderwirkung mit die Trennleistung verbessernden und das Entrainment reduzierenden Einrichtungen.

Dies wird im wesentlichen dadurch erreicht, daß der Kreuzgegenstromboden als Ventilboden gestaltet ist, wobei die Anordnung der Ventile im Kreuzgegenstromboden gleichartig zur Orientierung der Elemente der darüberliegenden Packung verläuft. Oberhalb der Bodenplatte ist in Abhängigkeit von der Flüssigkeits- und Dampfbelastung des Ventilbodens in mindestens der doppelten Hubhöhe der Ventile eine Packung angeordnet. Sie besteht aus senkrechten in Hauptstromungsrichtung der Flüssigkeit und mit Distanz parallel zueinander verlaufenden perforierten Lamellen und weist einen Abstand auf zwischen sich und dem Zu- und Ablauf sowie zur Kolonnenwand. Dabei ist die Perforation der Lamellen nach unten orientiert. Die über der Packung direkt angrenzende Abscheideeinrichtung besteht aus formperforiertem und senkrecht zur Kolonnenachse richtungsorientiertem Material mit flüssigkeitsabführenden Öffnungen.

Eine besondere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß von den am Zulauf angrenzenden Ventilen bis maximal zur Bodenmitte bis 50% der Anzahl mit Ventiltellern versehen sind, deren Ränder bis zu  $\frac{2}{3}$  des Umfanges schrag nach unten gebogen sind. Dabei zeigt der nach unten gerichtete Teil zum Zulauf.

Die Perforation in den Lamellen ist beidseitig im Wechsel angeordnet und die Größe der Perforation nimmt in Richtung des aufsteigenden Dampfstromes ab.

Die Distanz der parallel zueinander verlaufenden Lamellen in Richtung zu den beiden Randzonen der Packung an der Kolonnenwand nimmt zu. Der parallele Verlauf der Lamellen ist zickzackförmig oder gerade gestaltet.

Bei mehrlagiger Abscheideeinrichtung verläuft die Richtung der Durchtrittsöffnungen über den Querschnitt von Lage zu Lage versetzt.

Die Größe der Perforation in der Abscheideeinrichtung nimmt in Richtung des aufsteigenden Dampfstromes ab.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß anstelle des Ventilbodens ein Kreuzgegenstromboden ohne Transporteffekt angeordnet ist.

Die Erfindung wird an Hand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Dieses Beispiel bezieht sich auf die Neuausführung einer Kolonne.

Die zugehörigen Zeichnungen zeigen in

Fig. 1 Stoffaustauscheinheit im Schnitt,

Fig. 2 Schnitt AA aus Fig. 1,

Fig. 3 Schnitt BB aus Fig. 1,

Die Stoffaustauscheinheit besteht im wesentlichen aus drei Elementen, dem Kreuzgegenstromboden 1 mit Ablaufwehr 2, der darüberliegenden Packung 3 und der Abscheideeinrichtung 4. Der Kreuzgegenstromboden 1 ist als Ventilboden ausgebildet. Die Ventile 5 sind gemäß Fig. 1 bis Bodenmitte zu 50% mit Ventiltellern 6 versehen, deren Ränder 7 zu  $\frac{1}{3}$  des Umfanges schrag nach unten gerichtet sind. Der nach unten gerichtete Teil 8 zeigt zum Zulauf 9 hin. In einem Abstand, der der 3fachen maximalen Hubhöhe der Ventile 5 entspricht, ist eine Packung 3 angeordnet. Diese besteht aus perforierten Lamellen 10, die mit Distanz parallel zueinander vom Zu- zum Ablauf 9, 11 des Kreuzgegenstrombodens 1 verlaufen.

Gemäß Fig. 2 ist der parallele Verlauf der Lamellen 10 zickzackförmig gestaltet. Die Teilung der Ventile 5 ist diesem Verlauf angepaßt.

Zur Sicherung einer gleichmäßigen Flüssigkeitsverteilung über die gesamte Breite des Kreuzgegenstrombodens 1 und eines ungestörten Flüssigkeitsabflusses sind die Lamellen 10 kürzer als der Abstand zwischen Zu- und Ablauf 9, 11, so daß ein freier Raum am Zulauf 9 und Ablauf 11 besteht. Zur Vermeidung von Toträumen sind die Lamellen 10 im Bereich der Kolonnenwand 13 mit größerem Abstand zueinander angeordnet. Dabei besteht außerdem wie am Zu- und Ablauf 9, 11 des Kreuzgegenstrombodens 1 ein freier Raum 12 zwischen Packung 3 und Kolonnenwand 13.

Aus Fig. 3 ist die wechselseitige Perforation der Lamellen 10 ersichtlich. Von oben gesehen weist diese Perforation keine freien Durchtritte auf.

Unmittelbar über der Packung 3 ist die Abscheideeinrichtung 4 angeordnet, die die gesamte Bodenfläche einschließlich des Ablaufes 11 überdeckt.

Diese Abscheideeinrichtung 4 ist gemäß Fig. 1 zweilagig gestaltet und besteht wiederum aus formperforiertem Material, bei dem die Richtung der Durchtrittsöffnungen 14 wechselt innerhalb jeder Lage und ist von Lage zu Lage versetzt. Die Größe der Perforation im Material der Abscheideeinrichtung 4 nimmt von Lage zu Lage nach oben ab.

---

Bei Verwendung der erfindungsgemäßen Lösung für die Rekonstruktion vorhandener Kolonnen mit Kreuzgegenstromboden 1 ohne Transporteffekt wird die Packung 3 über dem Kreuzgegenstromboden 1 so hoch angeordnet, daß der durch die Packung 3 entstehende zusätzliche Flüssigkeitsgradient gering bleibt

Die Wirkungsweise der Erfindung ist wie folgt

Nachdem die Flüssigkeit aus dem Zulauf auf die aktive Bodenfläche gestromt ist, wird sie durch den Gas- bzw. Dampfstrom teils schräg nach oben in die Packung und teils in Richtung zum Ablauf gefordert

Durch die Benetzung der Packung steht für den Stoffaustausch gegenüber konventionellen Boden eine wesentlich größere Fläche zur Kontaktierung der Phasen zur Verfügung. Der Flüssigkeitsgradient zwischen dem Zu- und Ablauf wird abgebaut, so daß eine gleichmäßige Begasung des Bodens erreicht wird.

Die Oberfläche des aufsteigenden Flüssigkeitsfilmes wird durch die in den Lamellen vorhandene Perforation vergrößert und ständig erneuert

Die nach unten gerichtete Perforation der Lamellen führt dabei zu einer teilweisen Rückführung der Flüssigkeit auf den Boden. Dadurch wird das Entrainment verringert und ein zusätzlicher Rektifiziereffekt erzielt

Die in der Packung noch nicht abgeschiedene Flüssigkeit gelangt mit dem Gas- bzw. Dampfstrom in die über der Packung angeordnete Abscheideeinrichtung. Hier wird sie durch Prallwirkung abgeschieden und durch die Richtungsorientierung der Perforation zur Kolonnenwand transportiert

Mit der erfindungsgemäßen Stoffaustauscheinheit wird aufgrund der beschriebenen Vergrößerung der Phasengrenzfläche und deren ständiger Erneuerung eine beträchtliche Verbesserung der Trennwirkung erzielt

Gleichzeitig tritt durch die Wirkungsweise der Abscheideeinrichtung, d. h. bei erhöhten Gasbelastungen wird die mitgerissene Flüssigkeit auf den Kreuzgegenstromboden zurückgeführt, so daß keine negative Beeinflussung durch Rückvermischung eintritt, eine Vergrößerung des Arbeitsbereiches ein

Diese Vorteile bewirken, daß gegenüber bekannten Stoffaustauscheinrichtungen die Kolonnenhöhe durch Verringerung der Bodenanzahl reduziert wird bzw. bei Beibehaltung der vorhandenen Bodenanzahl das Rücklaufverhältnis abgesenkt wird, so daß die Kolonne energetisch effektiver arbeitet und der Kolonnendurchmesser durch die verminderten inneren Volumenströme kleiner dimensioniert werden kann, bzw. die Verarbeitungskapazität der Kolonne ansteigt. Damit wird bei jedem Anwendungsfall die Raum/Zeit-Ausbeute positiv beeinflusst

158 205

Fig. 1

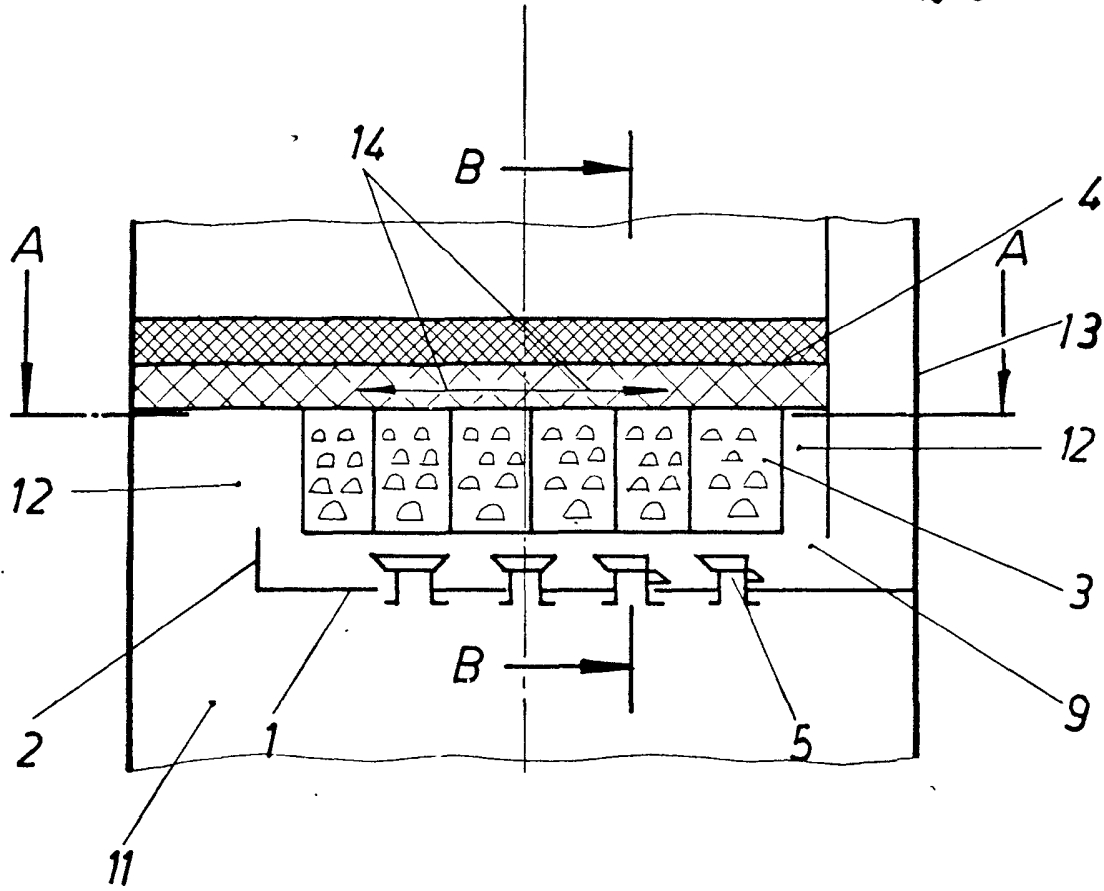
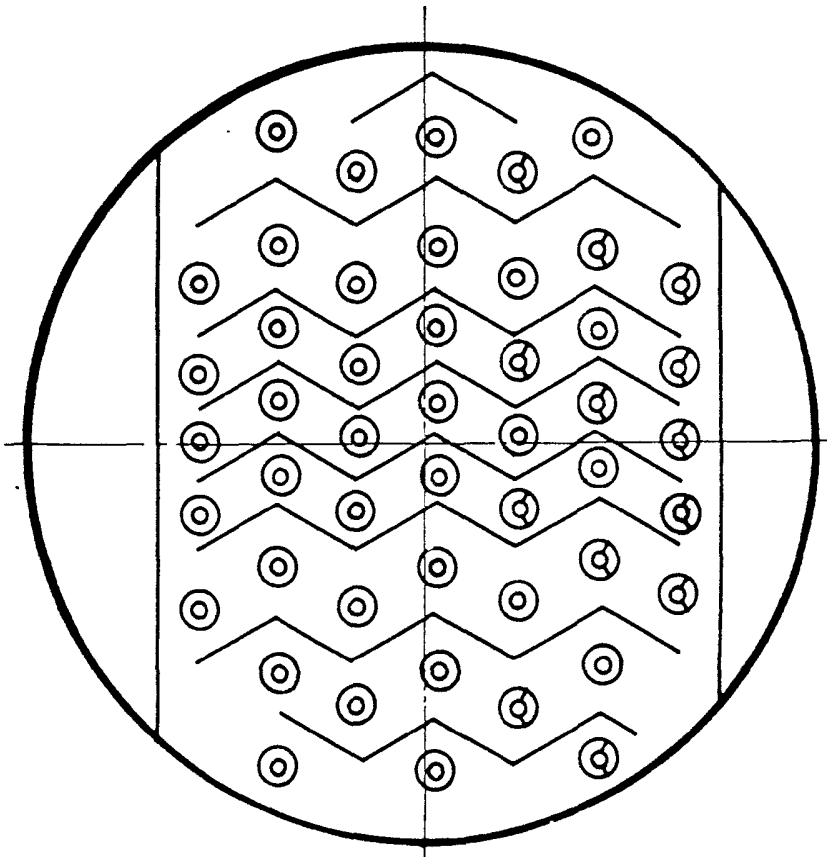


Fig. 2



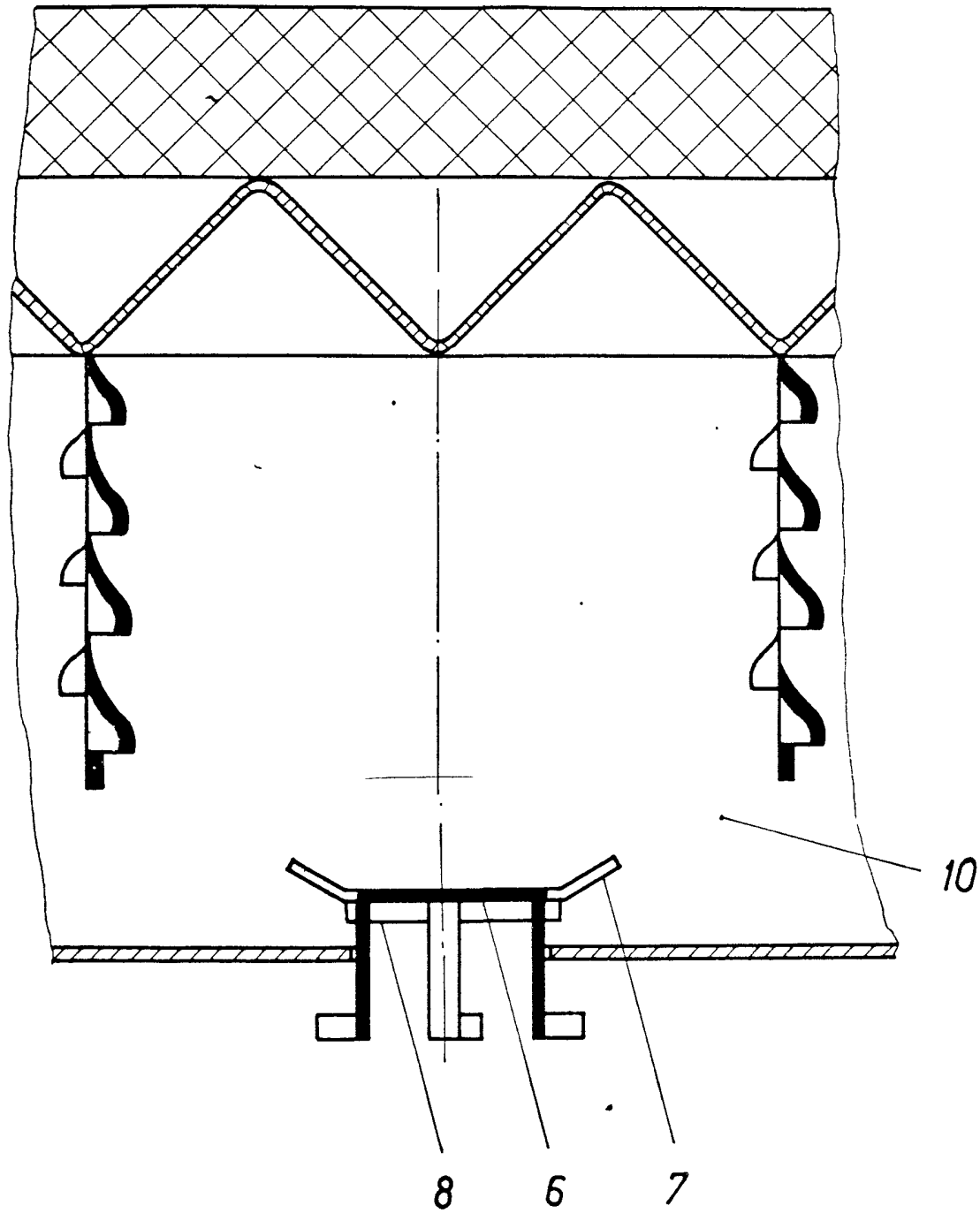


Fig. 3