



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 580 511 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
28.09.2005 Patentblatt 2005/39

(51) Int Cl.7: **F28D 7/16**

(21) Anmeldenummer: **05005327.1**

(22) Anmeldetag: **11.03.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR LV MK YU

(30) Priorität: **24.03.2004 DE 102004014349**
25.08.2004 DE 102004041375

(71) Anmelder: **Coperion Waeschle GmbH & Co. KG**
88250 Weingarten (DE)

(72) Erfinder:
• **Stark, Bernhard, Dr.**
D-88273 Fronreute (DE)
• **Dehm, Günther**
88368 Bergatreute (DE)
• **Hustert, Olaf**
88250 Weingarten (DE)

(74) Vertreter: **Rau, Manfred et al**
Rau, Schneck & Hübner
Patentanwälte
Königstrasse 2
90402 Nürnberg (DE)

(54) Vorrichtung zum Temperieren von Schüttgut

(57) Eine Vorrichtung zum Temperieren von Schüttgut (20) weist einen Wärme-Austausch-Abschnitt (2) auf, dem ein Puffer-Abschnitt (1) für das Schüttgut (20) vorgeordnet und ein Austrags-Abschnitt (3) nachgeordnet sind. Im Wärme-Austausch-Abschnitt (2) sind in Schwerkraft-Richtung angeordnete Wärmetauscher-Rohre (7) angeordnet. Außerdem münden in den Wärme-Austausch-Abschnitt (2) eine Zuführung (8) und eine Abführung (9) für ein Wärmeträger-Fluid.

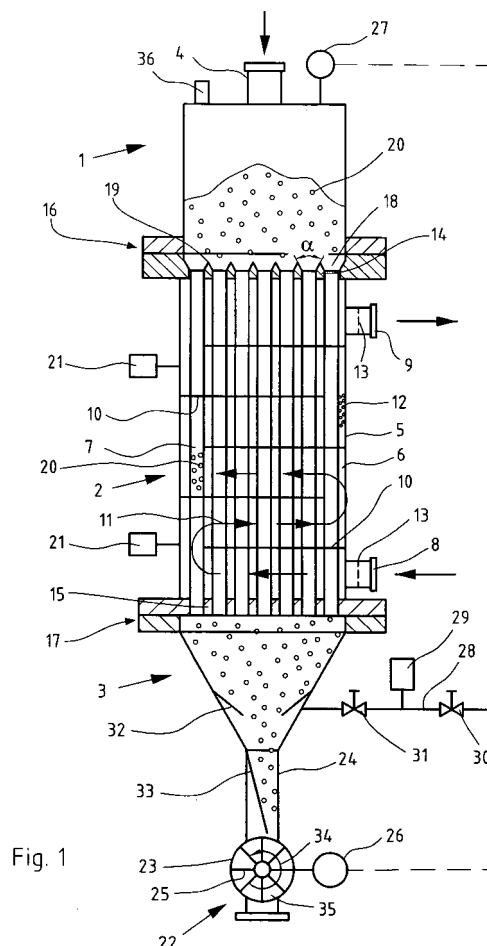


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Ein solches Temperieren kann in einem Erwärmen oder einem Abkühlen eines Schüttguts bestehen. Wenn eine Wärmezufuhr zum Schüttgut erfolgt, dann kann - wenn dieses noch Träger von Feuchtigkeit ist — gleichzeitig eine Trocknung stattfinden. Die Feuchtigkeit wird dann mittels eines zugeführten Gases abgeführt. Unter Schüttgütern im Sinne dieser Erfindung werden frei fließfähige Schüttgüter verstanden, wie z. B. Düngemittel, Kunststoffgranulate, Kunststoffpulver oder aber auch Lebensmittel, wie z. B. Kristallzucker.

[0002] Beim Erwärmen und Abkühlen von Schüttgütern ist der Wärmetransport vom Schüttgut zum Wärmeträger-Fluid oder umgekehrt durch die geringe thermische Leitfähigkeit des Schüttgutes begrenzt. Zum Temperieren solcher Schüttgüter werden heute Schachtkühler eingesetzt, wie sie beispielsweise in Form eines Platten-Wärmetauschers aus der EP 0 444 338 B 1 bekannt sind. Dabei fließt das Schüttgut unter Schwerkrafteinfluss zwischen mindestens zwei zueinander parallelen Wärmetauscherplatten hindurch. In den Wärmetauscherplatten sind Kanäle für ein geeignetes Kühlmedium ausgebildet. Der Wirkungsgrad eines solchen Platten-Wärmetauschers ist — bezogen auf den konstruktiven Aufwand - sehr schlecht. Dies führt auch zu einer erheblichen Bauhöhe. Weiterhin sind die Reinigungsmöglichkeiten in dem vom Schüttgut beaufschlagten Bereich nicht günstig. Ein solcher Platten-Wärmetauscher macht es erforderlich, dass Einlass-Verteiler und Auslass-Sammler für das Wärmeträger-Fluid vorhanden sein müssen.

[0003] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Temperieren von Schüttgut zu schaffen, die bei einfachem Aufbau einen hohen Wärmeübergang und eine einfache Reinigung ermöglicht. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruches 1 gelöst. Dadurch, dass das Schüttgut durch die Wärmetauscher-Rohre geführt wird, sind exakt definierte und leicht zu reinigende, glattwandige Räume vorgegeben, durch die sich das Schüttgut bewegt. Dies führt zu einer einfachen Reinigungsmöglichkeit des Wärme-Austausch-Abschnitts. Die Wärmetauscher-Rohre haben eine — bezogen auf ihren Querschnitt — große Fläche sowie hohe Temperaturgradienten von der Rohrmitte zur Rohrwand, sodass ein entsprechend intensiver Wärmeaustausch stattfinden kann. Als Wärmeträger-Fluid können geeignete Flüssigkeiten, wie insbesondere Wasser, aber auch Gase oder Dampf eingesetzt werden. Der Konstruktionsaufwand für die Zufuhr des Wärmeträger-Fluids ist gering, da kein Einlassverteiler bzw. Auslasssammler für das Wärmeträger-Fluid benötigt wird. Ebenfalls ist die Reinigung auf der Seite des Wärmeträger-Fluids einfach durchführbar. Das Schüttgut wird mittels Schwerkraft durch die Wärmetauscher-Rohre geführt. Diese sind in der Regel also senkrecht angeordnet, können aber auch gegenüber der Vertikalen leicht schräg ange-

ordnet sein, solange sichergestellt ist, dass das Schüttgut mittels Schwerkraft durch die Wärmetauscher-Rohre geleitet wird. Damit das Schüttgut störungsfrei durch die Wärmetauscher-Rohre fließt, sollte der Innendurchmesser der Wärmetauscher-Rohre mindestens das vier- bis fünffache der Partikelgröße des Schüttgutes betragen. Hierdurch wird auch eine gründliche Restentleerung der Rohre sichergestellt. Anstelle eines solchen Wärme-Austausch-Abschnitts können hintereinander auch mehrere derartige Abschnitte vorgesehen sein, so dass jeweils zwischen zwei Abschnitten eine Umlagerung des Schüttgutes erfolgt, wodurch das Temperaturprofil, das sich von der Rohrwand bis zum Kern des Schüttguts einstellt, vergleichmäßigt wird. Hierdurch wird im nachfolgenden Wärme-Austausch-Abschnitt der Temperaturgradient an der Rohrwand erhöht und die Temperierung des Schüttguts verbessert.

[0004] Dem Wärme-Austausch-Abschnitt, also dem eigentlichen Rohrbündel-Wärmetauscher, kann nach Anspruch 2 in einfacher Weise ein Puffer-Abschnitt für das Schüttgut vorgeordnet und nach Anspruch 3 ein Austrags-Abschnitt nachgeordnet werden. Durch die Weiterbildung nach Anspruch 4 wird in besonders einfacher Weise sichergestellt, dass das Schüttgut den einzelnen Wärmetauscher-Rohren durch Schwerkraft zugeführt wird, ohne dass oberhalb der Wärmetauscher-Rohre Toträume bzw. Totflächen verbleiben, in denen Schüttgut verbleibt, das dem Wärme-Austausch-Prozess nicht unterworfen wird. Durch die besondere Form des Einlauf-Rohrbodens wird zudem eine vollständige Restentleerung der Wärmetauscher-Rohre beim Entleeren des Wärme-Austausch-Abschnitts erreicht. Weiterhin wird eine Brückenbildung des Schüttguts beim Einlauf in die Wärmetauscher-Rohre durch die Trichterform vermieden. Vorteilhafte Bereiche des Öffnungswinkels der Zulauf-Trichter ergeben sich aus Anspruch 5.

[0005] Die Weiterbildung nach Anspruch 6 hat zur Folge, dass mit besonders einfachen Mitteln ein besonders wirksamer Wärmeaustausch im Kreuz-Strom stattfindet, und zwar bevorzugt im Kreuz-Gegen-Strom.

[0006] Durch die Weiterbildung nach Anspruch 7 wird erreicht, dass eine Umlagerung des Schüttgutes in den Wärmetauscher-Rohren stattfindet und dass im Austrags-Abschnitt, in den Rohren, in den Zulauf-Trichtern sowie im Puffer-Abschnitt oberhalb des Wärmeaustausch-Abschnittes keine Brückenbildung auftritt. Wenn die Gas-Zuführung gemäß Anspruch 8 in Form von Druckstößen erfolgt, sind die geschilderten Effekte besonders wirkungsvoll. Gleichzeitig findet auch noch eine Trocknung des Schüttgutes durch das Druckgas statt, wenn dies erforderlich ist. Im Übrigen kann das Druckgas auch temperiert werden und insoweit zum Temperieren des Schüttgutes beitragen.

[0007] Die Maßnahmen nach Anspruch 9 führen zu einer Verbesserung des Wärmeübergangs auf der Seite des Wärmeträger-Fluids, also auf der Außenseite der Wärmetauscher-Rohre. Dieser Effekt tritt insbesondere

bei niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten des Wärmeträger-Fluids auf, da dessen Strömungsgeschwindigkeit erhöht wird.

[0008] Durch die Maßnahme nach Anspruch 10 wird ein besonders kompakter und einfach herzustellender Aufbau der erfindungsgemäßen Vorrichtung erreicht, der insbesondere auch druckfest für Unter- oder Überdruck ausgeführt werden kann.

[0009] Durch die Ausgestaltung nach Anspruch 11 wird der Wärmeübergang innerhalb der Wärmetauscher-Rohre verbessert. Die Ansprüche 12 bis 15 geben hierzu vorteilhafte Einzelheiten wieder.

[0010] Durch die vorteilhafte Weiterbildung nach Anspruch 16 können für extrem schlecht fließendes Schüttgut die Fließverhältnisse verbessert werden.

[0011] Durch die Weiterbildung nach Anspruch 17 wird ermöglicht, unter anderem eine besonders gute Trocknung des Schüttguts bei Unterdruck zu erzielen.

[0012] Die Ausgestaltung nach Anspruch 18 stellt eine vorteilhafte Alternative zur Ausgestaltung nach Anspruch 4 dar.

[0013] Die Ansprüche 19 bis 21 geben Maßnahmen wieder, durch die eine optimale Anordnung der Wärmetauscher-Rohre und insbesondere eine besonders dünne Ausgestaltung des Einlauf-Rohrbodens erreicht wird, ohne dass die Gefahr eines nicht optimalen Schüttgut-Flusses oder gar einer nicht optimalen Entleerung des Puffer-Abschnitts gegeben wäre.

[0014] Die Angaben im Anspruch 22 gewährleisten, dass einerseits das Schüttgut störungsfrei durch die Wärmetauscher-Rohre fließt, andererseits aber eine möglichst intensive Berührung mit den wärmetauschenden Flächen der Rohre erreicht wird.

[0015] Weitere Merkmale, Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnung. Es zeigt:

Fig. 1 eine Vorrichtung nach der Erfindung im vertikalen Längsschnitt in schematischer Darstellung,

Fig. 2 einen Querschnitt durch ein Wärmetauscher-Rohr,

Fig. 3 einen Querschnitt durch eine weitere Ausführungsform eines Wärmetauscher-Rohres,

Fig. 4 eine gegenüber Fig. 1 leicht abgewandelte Ausgestaltung der Vorrichtung,

Fig. 5 eine Draufsicht auf einen Einlauf-Rohrboden und

Fig. 6 den Einlauf-Rohrboden nach Fig. 5 in teilweise aufgebrochener Seitenansicht.

[0016] Die in Figur 1 dargestellte Vorrichtung zum

Temperieren von Schüttgut weist einen oberen Puffer-Abschnitt 1, einen mittleren Wärme-Austausch-Abschnitt 2 und einen unteren Austrags-Abschnitt 3 auf. Die Abschnitte 1, 2, 3 weisen jeweils Kreisquerschnitte auf. Der gehäuseartige, im Wesentlichen umschlossene Puffer-Abschnitt 1 ist mit einem oberen Zulauf-Stutzen 4 zur Zuführung eines zu temperierenden Schüttguts versehen.

[0017] Der Wärme-Austausch-Abschnitt 2 weist ein Gehäuse 5 auf, in dessen Innenraum 6 parallel zueinander Wärmetauscher-Rohre 7 jeweils mit Abstand voneinander angeordnet sind. Der Innenraum 6 ist also ein Wärmetausch-Raum.

[0018] Benachbart zum Austrags-Abschnitt 3 mündet in den Innenraum 6 des Gehäuses 5 des Wärmeaustausch-Abschnitts 2 ein Zuführ-Stutzen 8 für Wärmeträger-Fluid ein. Benachbart zum Puffer-Abschnitt 1 mündet ein Abführ-Stutzen 9 aus dem Innenraum 6 des Gehäuses 5 aus. Im Innenraum 6 sind Umlenk-Platten 10 jeweils quer zur Längsrichtung der Rohre 7 im Abstand voneinander derart angebracht, dass ein über den Zuführ-Stutzen 8 zugeführtes Wärmeträger-Fluid entsprechend dem Strömungs-Richtungs-Pfeil 11 mäanderförmig durch den Innenraum 6 jeweils quer zur Längsrichtung der Rohre schrittweise nach oben zum Abführ-Stutzen 9 strömt. Der Wärme-Austausch-Abschnitt 2 ist also für einen Kreuz-Gegen-Strom des Wärmeträger-Fluids ausgelegt. Der Innenraum 6 kann mit einer die Rohre 7 umhüllenden Schüttung 12 aus Glaskugeln, Stahlkugeln und Kunststoffgranulat gefüllt sein, die zur Verbesserung des Wärmeübergangs zwischen dem Wärmeträger-Fluid und den Rohren 7 beiträgt. Die Einfüllung dieser Schüttung in den Innenraum 6 erfolgt über den Abführ-Stutzen 9; eine eventuelle Entnahme erfolgt über den Zufuhr-Stutzen 8. Zur Sicherung der Schüttung im Innenraum 6 sind in den Stutzen 8, 9 herausnehmbare Rückhalte-Siebe 13 angeordnet. Die Größe der Partikel der Schüttung 12 sollte so sein, dass sie nach der Herstellung des Wärme-Austausch-Abschnitts 2 in diesen eingebracht werden können. Die Partikel der Schüttung 12 müssen auf jeden Fall also kleiner sein als der Teilungsabstand der Rohre 7. Die Partikel der Schüttung 12 haben bevorzugt Kugel-, Linsen- oder Zylinderform.

[0019] Die Rohre 7 sind oben in einem fest mit dem Gehäuse 5 verbundenen Einlauf-Rohrboden 14 und unten mit einem Auslauf-Rohrboden 15 derart verbunden, dass sie zum Puffer-Abschnitt 1 und zum Austrags-Abschnitt 3 hin offen sind. Zwischen dem Puffer-Abschnitt 1 und dem Wärme-Austausch-Abschnitt 2 einerseits und dem Wärme-Austausch-Abschnitt 2 und dem Austrags-Abschnitt 3 bestehen Flanschverbindungen 16 bzw. 17. Wie der Zeichnung entnehmbar ist, ist der Einlauf-Rohrboden 14 so ausgestaltet, dass jedes Rohr 7 einen sich zum Puffer-Abschnitt 1 hin erweiternden, zum jeweiligen Rohr 7 hin also verengenden Zulauf-Trichter 18 aufweist, wobei benachbarte Trichter 18 wiederum so dimensioniert sind, dass sie sich oben in einer

verhältnismäßig scharfen Kante 19 treffen. Die Zulauf-Trichter 18 weisen einen Öffnungswinkel α auf, der mindestens 30° und maximal 120° ist, vorzugsweise aber im Bereich von 40° bis 100° liegt. Hierdurch wird vermieden, dass im Einlauf-Rohrboden 14 zwischen benachbarten Rohren 7 Toträume bzw. Totflächen entstehen, auf denen Schüttgut 20 liegen bleibt, das insbesondere bei der Entleerung des Wärme-Austausch-Abschnittes 2 nicht einem Rohr 7 durch Schwerkraft zugeführt wird und daher auf dem Einlauf-Rohrboden 14 liegen bleibt.

[0020] An der Außenseite des Gehäuses 5 sind Vibratoren 21 angebracht, mittels derer der gesamte Wärme-Austausch-Abschnitt 2 und damit die Rohre 7 in Vibrationen versetzt werden, wodurch ein Wärmeübergang auf der Innenseite der Rohre 7, also zwischen diesen und dem Schüttgut 20 verbessert wird.

[0021] Der Austrags-Abschnitt 3 ist in Form eines sich nach unten verjüngenden kegelförmigen Trichters ausgebildet. Eine solche Form bewirkt, dass das Schüttgut 20 im Austrags-Abschnitt 3 an allen Stellen eines beliebig ausgewählten Querschnitts mit nahezu der gleichen Geschwindigkeit fließt, wobei bei dieser Betrachtung der unmittelbare Wandbereich nicht berücksichtigt wird, da hier immer eine Verzögerung durch Wandreibung eintritt. Als Austrags-Einrichtung ist eine Zellenrad-schleuse 22 vorgesehen, deren Gehäuse 23 über ein Fallrohr 24 mit dem Austrags-Abschnitt 3 verbunden ist. Im Gehäuse 23 ist ein Zellenrad 25 angeordnet, das von einem Motor 26 drehantreibbar ist. Der Motor 26 wird von einem Füllstands-Melder 27 angesteuert, der wiederum den Füllstand des Schüttgutes 20 im Puffer-Abschnitt erfasst.

[0022] In den trichterförmigen Austrags-Abschnitt 3 mündet eine Zuführ-Leitung 28 für ein Gas ein. An diese Leitung 28 ist ein kleiner Druckbehälter 29 angeschlossen, dem in der Leitung 28 ein Absperrorgan 30 vorgeordnet und ein Absperrorgan 31 nachgeordnet ist. Nach Öffnen des Absperrorgans 30 kann bei geschlossenem Absperrorgan 31 der Druckbehälter 29 mit Druckgas gefüllt werden. Bei geschlossenem Absperrorgan 30 kann durch Öffnen des Absperrorgans 31 unter entsprechendem Entleeren des Druckbehälters 29 ein Druckgas-Strom in den trichterförmigen Austrags-Abschnitt 3 gegeben werden. Das Druckgas steigt nach oben und bewirkt eine Umlagerung des Schüttgutes in den Wärmetauscher-Rohren 7 und damit eine Verbesserung des Wärmeübergangs. Gleichzeitig bewirkt das Gas eine Trocknung des Schüttguts 20, falls möglich. Selbstverständlich können auch beide Absperr-Organen 30 und 31 geöffnet sein, um eine kontinuierliche Gaszufuhr zu ermöglichen. Damit das zugeführte Gas aus der Vorrichtung auch wieder austreten kann, ist an der Oberseite des Puffer-Abschnitts 1 ein Abgas-Stutzen 36 vorgesehen.

[0023] Im Fallrohr 24 ist eine Leitfläche 33 ausgebildet, die das Schüttgut 20 aus dem Austrags-Abschnitt 3 zur aufdrehenden Seite des in Drehrichtung 34

drehangetriebenen Zellenrades 25 leitet. Mit anderen Worten heißt dies, dass der über die Leitfläche 33 gerichtete Schüttgut-Strom bereits in vollem Umfang auf eine Zelle 35 des Zellenrades 25 gerichtet wird, wenn die Zelle 35 bei der Drehung in Drehrichtung 34 zum Fallrohr 24 hin geöffnet wird. Hiermit wird ein gleichmäßiger Abzug des Schüttgutes 20 über dem gesamten Zulaufquerschnitt der Zellenrad-Schleuse 22 sichergestellt.

[0024] Wie Figur 2 entnehmbar ist, können die Wärmetauscher-Rohre 7 in Längsrichtung durchgehende Innen-Rippen 37 aufweisen, sodass in jedem Rohr 7 selber wieder mehrere Kanäle 38 gebildet werden, die in der Rohrmitte miteinander verbunden sind. Wie Figur 3 entnehmbar ist, können Innen-Rippen 37' sich auch in der Rohrmitte treffen, so dass ein einfach geteiltes Rohr 7 bei zwei sich gegenüberliegenden Innen-Rippen 37' oder ein Stenrohr bei drei oder mehr Innen-Rippen 37' entsteht. Die Kanäle 38' sind hierbei völlig voneinander getrennt. Selbstverständlich kann das Rohr 7 auch Innen-Rippen 37', die sich in der Rohrmitte treffen, und andere Innen-Rippen 37, die lediglich in das Schüttgut 20 hineinragen, aufweisen.

[0025] Die Zahl der Innen-Rippen 37, 37' beträgt 2 bis 12 und insbesondere 3 bis 8. Die Innen-Rippen 37, 37' sind in gleichen Winkelabständen am Umfang des Rohres 7 verteilt angeordnet. Die Innen-Rippen 37 oder 37' können geradlinig verlaufen oder aber auch drallförmig, d. h. schraubenlinienförmig.

[0026] Derartige Rohre 7 mit Innen-Rippen 37, 37' bestehen in der Regel aus Aluminium und werden im Strangpressverfahren hergestellt. Aluminium, aber auch Bundmetall, wie z. B. Kupfer, haben gegenüber Edelstahl den Vorteil einer um das 3- bis 4-fach höheren Wärmeleitfähigkeit. Durch die Innen-Rippen 37, 37' werden auch die Wärmeübergangsflächen gegenüber einem einfachen zylindrischen Rohr 7 stark vergrößert und gleichzeitig die Wärmeleit-Strecken für die Zu- oder Abführung der Wärme vom Rohr 7 in das Schüttgut 20 stark verkürzt.

[0027] Die Ausgestaltung nach Figur 4 unterscheidet sich von der nach Figur 1 dadurch, dass die Vorrichtung mit Unterdruck betrieben werden kann. Die gesamte Vorrichtung ist daher an ein Saug-Gebläse 39 angeschlossen, das dem Puffer-Abschnitt 1, den Innenraum der Wärmetauscher-Rohre 7 und den Austrags-Abschnitt 3 mit Teil-Vakuum beaufschlagt. Damit dieses gehalten werden kann, erfolgt die Zuführung des Schüttgutes 20 zum Zulauf-Stutzen 4 mittels einer im Wesentlichen vakuumdichten Zuführ-Einrichtung in Form einer Zellenrad-Schleuse 40. Diese Schleuse 40 und die Zellenrad-Schleuse 22 schließen die gesamte Vorrichtung druckdicht ab. Eine Gaszuführung und ein Abgas-Stutzen sind naturgemäß hierbei nicht notwendig. Bei dieser Ausführungsform ist der Einlauf-Rohrboden 14 vereinfacht, nämlich eben, ausgebildet; er weist also nicht die Zulauf-Trichter 18 auf. Damit trotzdem eine vollständige Entleerung möglich ist, sind ein oder

mehrere Luft-Zuführ-Düsen 41 im Puffer-Abschnitt 1 angeordnet, durch die Luft zur Restentleerung beziehungsweise Reinigung des Einlauf-Rohrbodens 14' eingeblasen werden kann. Außerdem sind Wasch-Düsen 42 im Puffer-Abschnitt 1 vorgesehen, durch die eine Waschflüssigkeit, in der Regel also Wasser, zugeführt werden kann, um den Puffer-Abschnitt 1, die Wärmetauscher-Rohre 7 und den Austrags-Abschnitt 3 von anhaftenden Stäuben zu reinigen. Im Übrigen stimmen die Ausführungen nach den Fig. 1 und 4 überein.

[0028] Wie sich aus den Figuren 5 und 6 ergibt, weist ein in Fig. 1 nur schematischer dargestellter Rohrboden 14 kreisförmige Eintritts-Öffnungen 43 für die Rohre 7 auf, die auf strichpunktierter angedeuteten Teilkreisen 44, 45, 46 um die Mittel-Längs-Achse 47 des Gehäuses 5 angeordnet sind. Der Einlauf-Rohrboden 14 ist also kreisförmig ausgebildet; entsprechend ist das Gehäuse 5 kreiszylindrisch ausgebildet. Wie anschaulich aus Fig. 5 hervorgeht, hat diese Anordnung der Eintritts-Öffnungen 43 auf Teilkreisen 44, 45, 46 den Vorteil, dass die Zulauf-Trichter 18 - selbst im Bereich des äußeren Randes 48 des Rohrbodens 14 - Bereiche eines größeren Abstands zu diesem Rand 48 oder zu einem benachbarten Zulauf-Trichter aufweisen. Dies hat zur Konsequenz, dass bei Einhaltung des oben angegebenen Bereichs für den Öffnungswinkel α der Rohrboden 14 verhältnismäßig dünn ausgebildet werden kann.

[0029] Der Durchmesser der Eintritts-Öffnungen entspricht im Wesentlichen dem Außendurchmesser d der Rohre 7. Für den Teilungsabstand a radial benachbarter Öffnungen 41 und damit Rohre 7 gilt $1,1 D \leq a \leq 1,25 D$ und vorzugsweise $1,15 D \leq a \leq 1,20 D$. In gleicher Weise gilt für den Teilungsabstand b in tangentialer Richtung zwischen benachbarten Öffnungen 43 und damit Rohren 7: $1,10 D \leq b \leq 1,25 D$ und vorzugsweise $1,15 D \leq b < 1,20 D$.

[0030] Für den Innendurchmesser d der Rohre 7 gilt im Vergleich zum maximalen Partikel-Durchmesser c des Schüttguts 20, d.h. zur maximalen Korngröße c des Schüttguts 20: Doppelte Abstand $15 c \leq d$ und bevorzugt $10 c \leq d$.

Patentansprüche

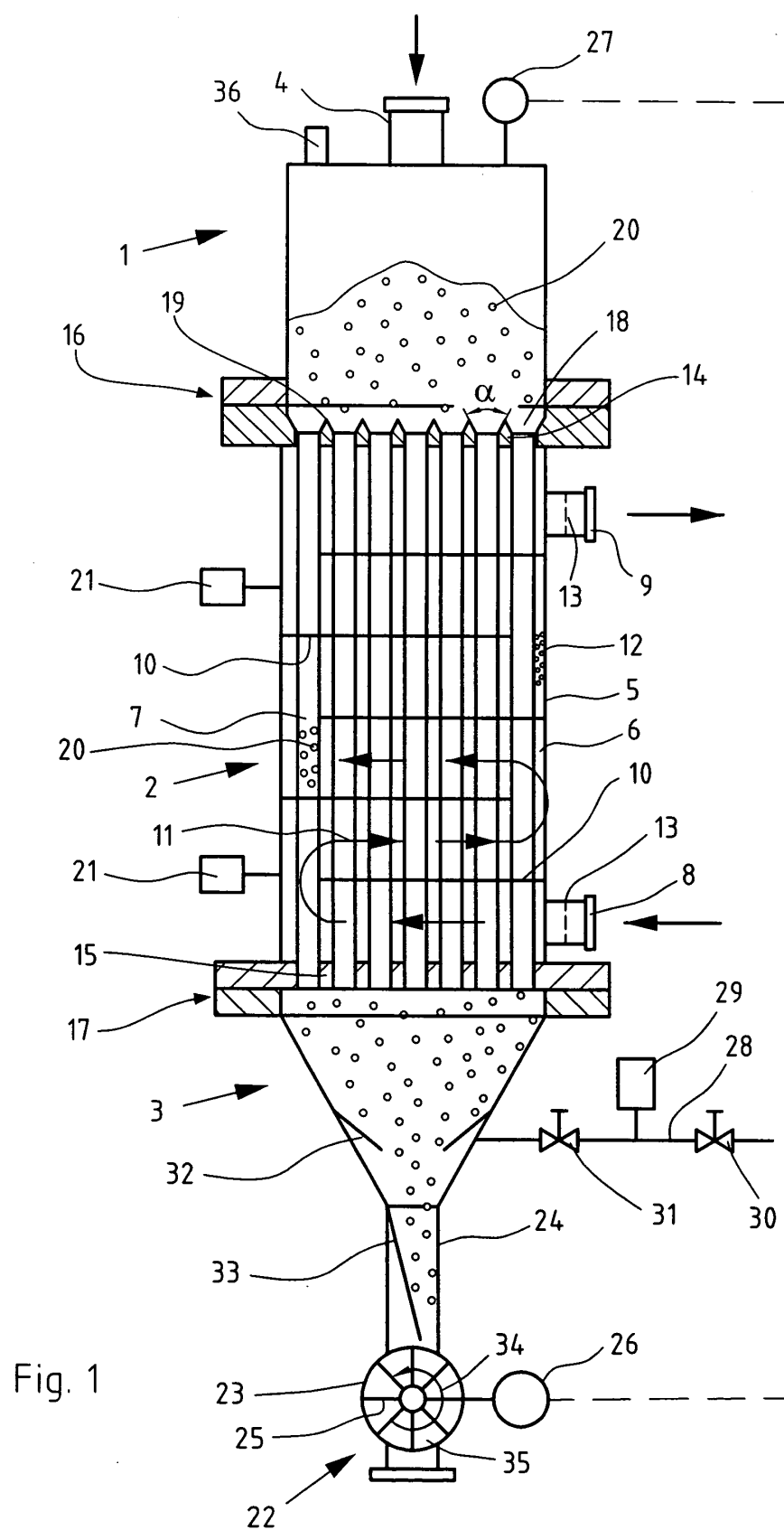
1. Vorrichtung zum Temperieren von Schüttgut (20)

- mit einem ein Gehäuse (5) aufweisenden Wärme-Austausch-Abschnitt (2),
- mit in dem Gehäuse (5) in Schwerkraft-Richtung angeordneten Wärmetauscher-Rohren (7),
- mit einer in das Gehäuse (5) einmündenden Zuführung (8) für ein Wärmeträger-Fluid,
- mit einer aus dem Gehäuse (5) ausmündenden Abführung (9) für das Wärmeträger-Fluid,
- mit einem am oberen Ende der Rohre (7) angeordneten Schüttgut-Einlauf zur Zuführung

- des Schüttguts (20) in die Rohre (7) und
- mit einem am unteren Ende der Rohre (7) vorgesehenen Auslauf für das Schüttgut (20).

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,
dass dem oberen Ende der Wärmetauscher-Rohre (7) ein Puffer-Abschnitt (1) für das Schüttgut (20) vorgeordnet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**,
dass dem unteren Ende der Wärmetauscher-Rohre (7) ein Austrags-Abschnitt (3) für das Schüttgut (20) nachgeordnet ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Wärmetauscher-Rohre (7) an ihrem oberen Ende in einem Einlauf-Rohrboden (14) gehalten sind, der in die einzelnen Rohre (7) mündende, sich nach oben erweiternde Zulauf-Trichter (18) aufweist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Zulauf-Trichter (18) einen Öffnungswinkel (α) aufweisen, für den gilt: $30^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$ und vorzugsweise $40^\circ \leq \alpha \leq 100^\circ$.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**,
dass im Gehäuse (5) des Wärme-Austausch-Abschnitts (2) Umlenk-Einrichtungen vorgesehen sind, die das Wärmeträger-Fluid mäanderförmig an den Wärmetauscher-Rohren (7) entlang führen.
7. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**,
dass in den Austrags-Abschnitt (3) mindestens eine Druckgas-Zuführung einmündet.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die mindestens eine Druckgas-Zuführung zur Zuführung von Gas-Druckstößen ausgebildet ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**,
dass im Gehäuse (5) des Wärme-Austausch-Abschnitts (2) eine die Wärmetauscher-Rohre (7) umhüllende Schüttung (12) vorgesehen ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**,
dass zumindest der Wärme-Austausch-Abschnitt (2) Kreisquerschnitt aufweist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Wärmetauscher-Rohre (7) mit in ihrer Längsrichtung verlaufenden Innen-Rippen (37, 37') versehen sind. 5
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Innen-Rippen (37) frei zur Rohrmitte hin vorstehen. 10
13. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Innen-Rippen (37') in der Rohrmitte miteinander verbunden sind. 15
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**,
dass 2 bis 12 und vorzugsweise 3 bis 8 Innen-Rippen (37, 37') vorgesehen sind. 20
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Innen-Rippen (37, 37') gleichmäßig am Umfang des Rohres (7) verteilt angeordnet sind. 25
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**,
dass am Wärme-Austausch-Abschnitt (2) mindestens ein Vibrator (21) angeordnet ist. 30
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 und 9 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**,
dass sie mit Teil-Vakuum beaufschlagbar ist. 35
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2, 3 und 6 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Wärmetauscher-Rohre (7) an ihrem oberen Ende an einem Einlauf-Rohrboden (14') gehalten sind, der im Wesentlichen eben ausgebildet ist, und 40
dass oberhalb des Einlauf-Rohrbodens (14') im Puffer-Abschnitt (1) mindestens eine Luft-Düse (41) zum Freiblasen des Einlauf-Rohrbodens (14') von Schüttgut (20) vorgesehen ist. 45
19. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**,
dass im Einlauf-Rohrboden (14) Eintritts-Öffnungen (43) für die Wärmetauscher-Rohre (7) ausgebildet sind, die auf Teilkreisen (44, 45, 46) um eine Mittel-Längs-Achse (47) des Gehäuses (5) angeordnet sind. 50
20. Vorrichtung nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**,
dass für das Verhältnis von Außendurchmesser (D) der Wärmetauscher-Rohre (7) und Teilungsab- 55
- stand (a) radial benachbarter Rohre (7) gilt: $1,10 D \leq a \leq 1,25 D$ und bevorzugt $1,15 D \leq a \leq 1,20 D$.
21. Vorrichtung nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**,
dass für das Verhältnis von Außendurchmesser (D) der Wärmetauscher-Rohre (7) und Teilungsabstand (b) tangential benachbarter Rohre (7) gilt: $1,10 D \leq b \leq 1,25 D$ und bevorzugt $1,15 D \leq b \leq 1,20 D$.
22. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,
dass für den Innendurchmesser (d) der Wärmetauscher-Rohre (7) im Verhältnis zum maximalen Durchmesser (c) von Partikeln des Schüttguts (20) gilt: $15 c \leq d$ und bevorzugt $10 c \leq d$.



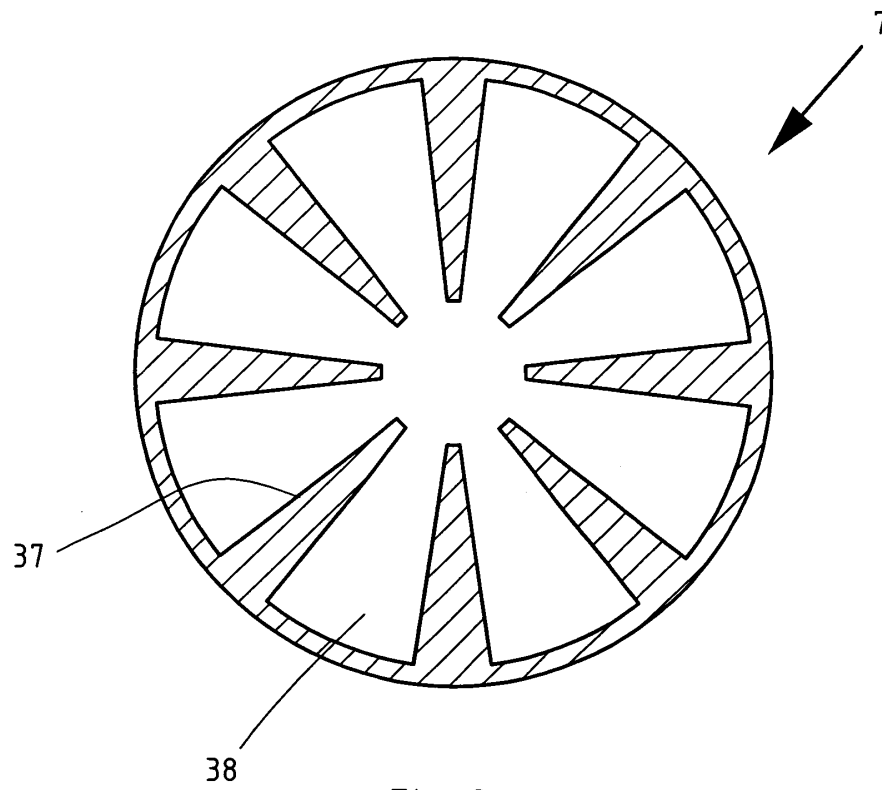


Fig. 2

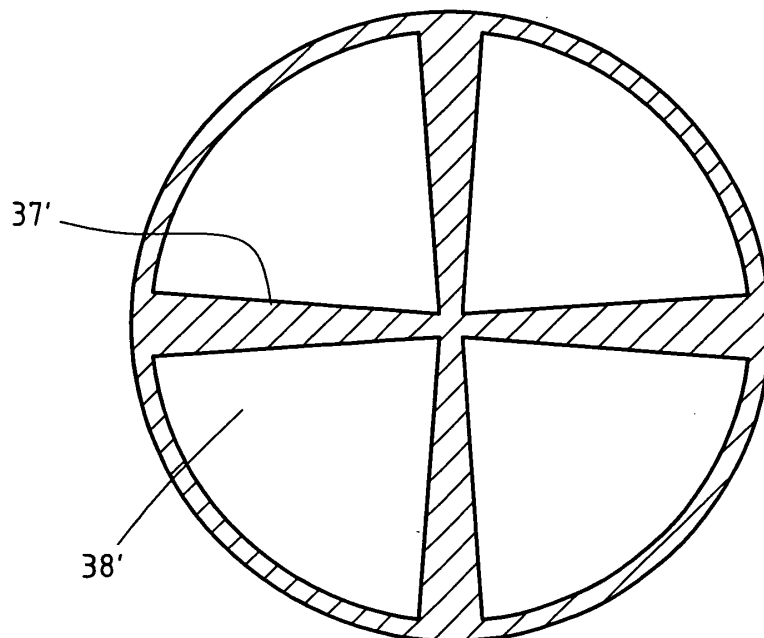


Fig. 3

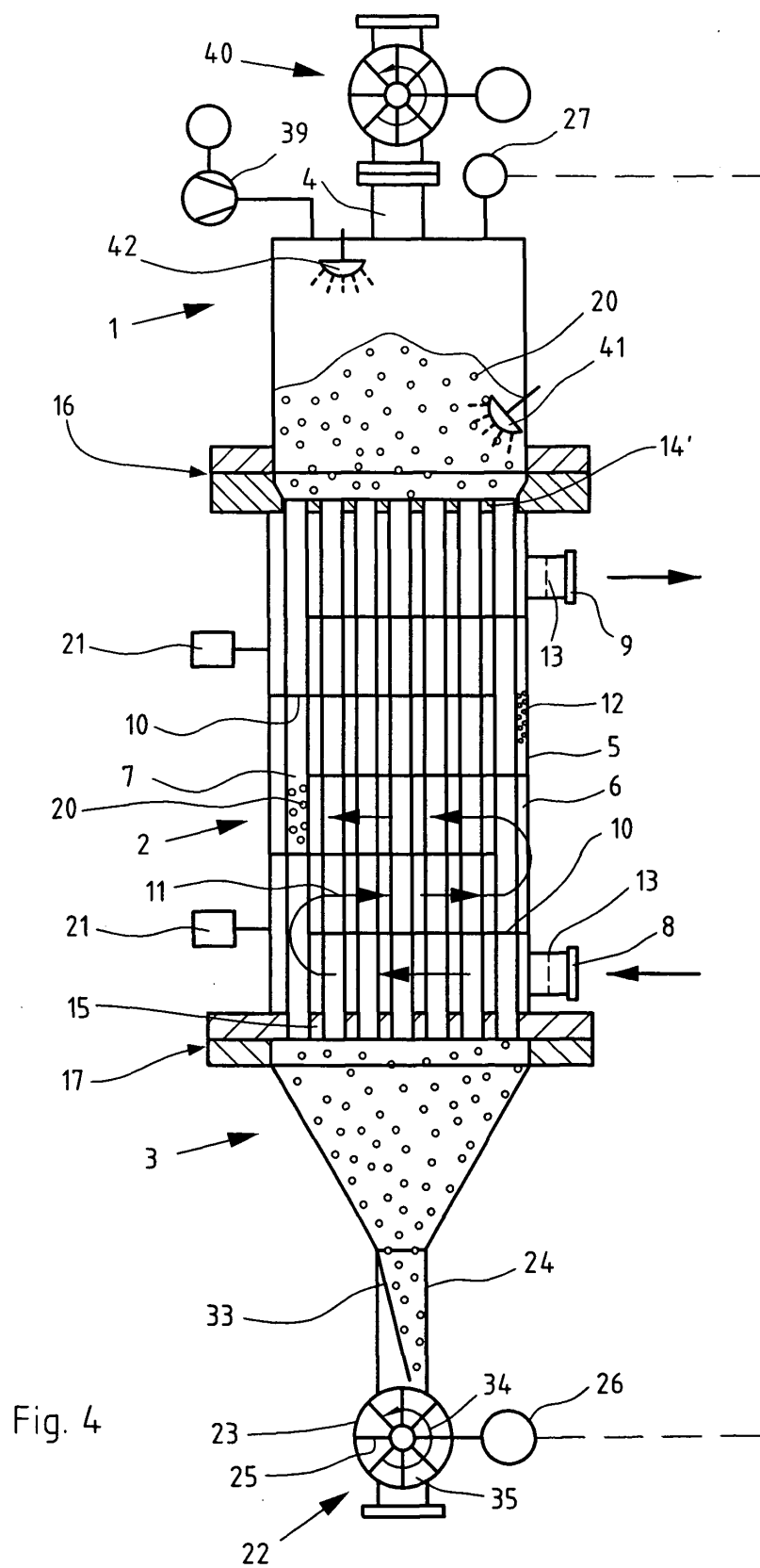


Fig. 4

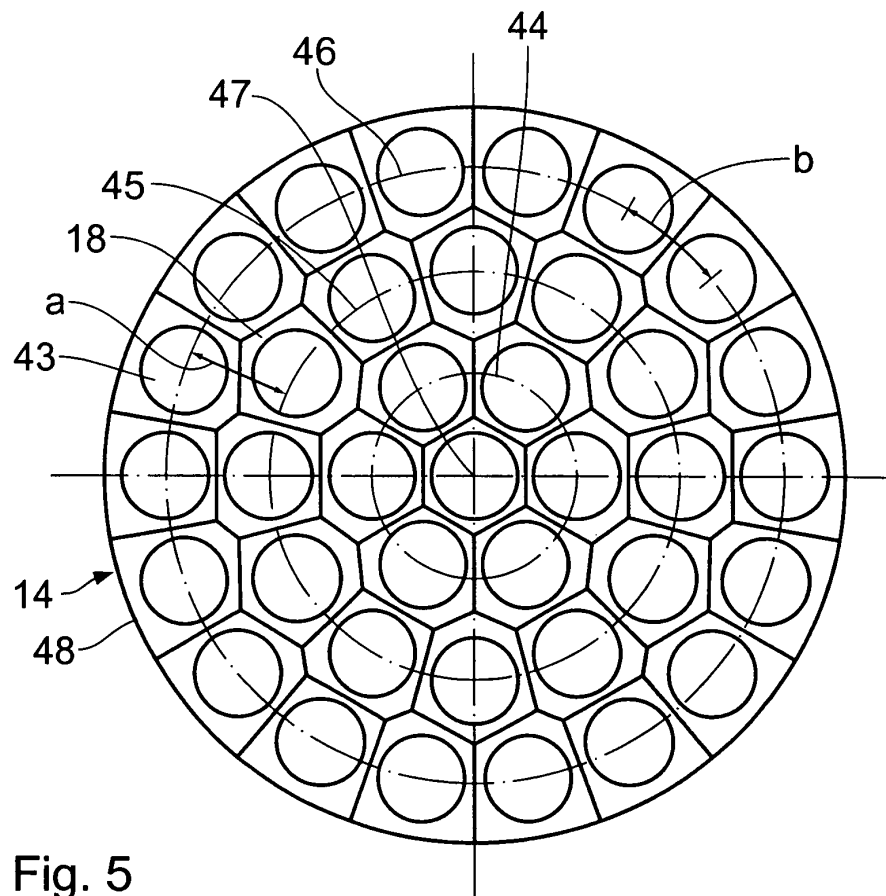


Fig. 5

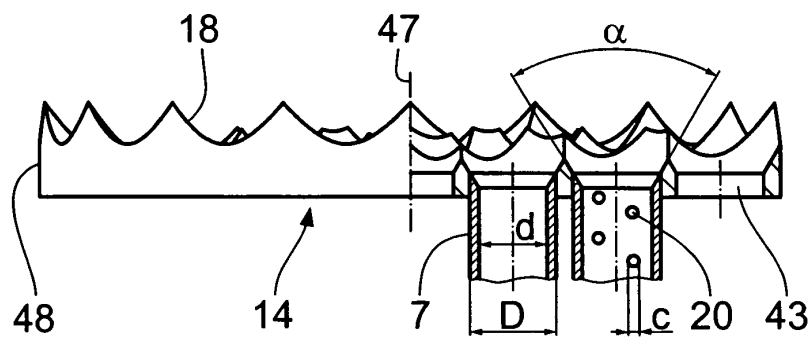


Fig. 6