

(19)



(11)

EP 2 273 119 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
12.10.2011 Patentblatt 2011/41

(51) Int Cl.:
F04B 39/00 ^(2006.01) **F04F 1/10** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10164606.5**

(22) Anmeldetag: **01.06.2010**

(54) **Flüssigkolbenwandler**

Fluid piston inverter

Convertisseur de piston liquide

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **02.06.2009 DE 102009026631**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.01.2011 Patentblatt 2011/02

(73) Patentinhaber: **AGO AG Energie + Anlagen
95326 Kulmbach (DE)**

(72) Erfinder: **Ramming, Klaus
95336 Mainleus (DE)**

(74) Vertreter: **Bauer, Dirk
BAUER WAGNER PRIESMEYER
Patent- und Rechtsanwälte
Grüner Weg 1
52070 Aachen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A2- 0 417 428 DE-A1- 3 408 633
DE-A1- 19 846 481 US-A- 1 929 350**

EP 2 273 119 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 betrifft einen Flüssigkolbenwandler mit einem Arbeitsraum, der an einer Unterseite einen Flüssigkeitsanschluss für eine Flüssigkeit des Flüssigkolbens und an einer Oberseite einen Hochdruckanschluss für ein Gas unter einem Hochdruck und einen Niederdruckanschluss für das Gas unter einem Niederdruck aufweist, und der zwischen der Unterseite und der Oberseite eine wärmeübertragende Oberfläche zu einem Kühlmittelstrom aufweist, und mittels dessen in einem Kreisprozess eine Strömungsarbeit an der Flüssigkeit in eine Druckänderung des Gases oder die Druckänderung in die Strömungsarbeit wandelbar ist.

[0002] Ein Flüssigkolbenwandler im Sinne der Anmeldung ist zunächst ein Flüssigkolbenverdichter, in dessen Arbeitsraum aus einem Druckreservoir oder mittels einer Flüssigkeitspumpe die Flüssigkeit (eine Hydraulikflüssigkeit, insbesondere ein Öl) eingebracht wird. Ein oberhalb des Flüssigkolbens - also oberhalb des Oberflächenniveaus der Flüssigkeit - in dem Arbeitsraum enthaltenes Gas wird dadurch komprimiert. Erreicht der Druck des Gases einen in dem Hochdruckanschluss anliegenden Hochdruck, so öffnet in diesem automatisch ein Rückschlagventil und das komprimierte Gas wird durch den weiter steigenden Flüssigkolben durch den Hochdruckanschluss ausgetrieben.

[0003] Erreicht der Flüssigkolben in dem Arbeitsraum einen oberen Totpunkt, so wird die Flüssigkeit - beispielsweise durch Abschalten der Flüssigkeitspumpe oder durch Trennen von dem Druckreservoir - aus dem Arbeitsraum wieder abgelassen, also der Flüssigkolben abgesenkt. Hierbei schließt zunächst automatisch das Rückschlagventil in dem Hochdruckanschluss und - bei Erreichen eines in dem Niederdruckanschluss anliegenden Niederdrucks - öffnet ein weiteres Rückschlagventil in dem Niederdruckanschluss. Beim Absenken des Flüssigkolbens strömt durch den Niederdruckanschluss das Gas unter dem Niederdruck in den Arbeitsraum oberhalb des Flüssigkolbens.

[0004] Erreicht der Flüssigkolben in dem Arbeitsraum einen unteren Totpunkt, so wird für den nächsten Zyklus der Zufluss der Flüssigkeit - beispielsweise durch Anschalten der Flüssigkeitspumpe oder durch Verbinden mit dem Druckreservoir - in den Arbeitsraum erneut eingebracht und der Flüssigkolben erneut angehoben. Der Flüssigkolbenverdichter wandelt damit die Strömungsarbeit der Flüssigkeit - beispielsweise die mechanische Arbeit der Flüssigkeitspumpe - in eine Druckänderung des Gases.

[0005] Flüssigkolbenwandler im Sinne der Anmeldung sind darüber hinaus Flüssigkolbenmotoren, die grundsätzlich auf denselben physikalischen und technischen Grundlage basieren: In den Arbeitsraum wird aus einem Druckreservoir oder mittels eines Verdichters durch den Hochdruckanschluss das Gas eingebracht. Die Flüssigkeit des Flüssigkolbens wird dadurch aus dem Flüssigkeitsanschluss ausgetrieben. Erreicht der Flüssigkolben

den unteren Totpunkt, so wird der Zufluss des Gases durch den Hochdruckanschluss gestoppt - beispielsweise durch Schließen eines Ventils - und der Niederdruckanschluss - beispielsweise durch Öffnen eines Ventils zur Umgebung - geöffnet.

[0006] Die unter leichtem Überdruck stehende Flüssigkeit strömt zurück in den Arbeitsraum und verdrängt das entspannte Gas durch den Niederdruckanschluss. Erreicht der Flüssigkolben den oberen Totpunkt, so wird für den nächsten Zyklus der Niederdruckanschluss wieder geschlossen und der Hochdruckanschluss für das Gas geöffnet. Der Flüssigkolbenmotor wandelt die Druckänderung des Gases in eine Strömungsarbeit der Flüssigkeit, die wiederum beispielsweise als mechanische Arbeit nutzbar gemacht werden kann.

[0007] Flüssigkolbenwandler ermöglichen in Bezug auf das Gas eine weitgehende Annäherung an einen idealen (verlustfreien) Kreisprozess: Die Druckänderung - die Kompression des Gases in dem Flüssigkolbenverdichter, seine Entspannung im Flüssigkolbenmotor - kann unter Einsatz eines externen Kühlmittels weitgehend isotherm erfolgen. Diese Möglichkeit und die Unempfindlichkeit des Flüssigkolbens gegenüber spontanen Fest-Flüssig-Phasenübergängen ("Flüssigkeits-schlägen") des Gases im Arbeitsraum begründen die Eignung von Flüssigkolbenverdichtern für den Einsatz in Kältemaschinen und Wärmepumpen - also mit Gasen, deren Phasenübergang an anderer zentraler Stelle im Prozess gerade technisch ausgenutzt werden soll.

[0008] Den Einsatz von Flüssigkolbenwandlern in Kältemaschinen offenbart beispielsweise US 1,929,350 A1. Die dort vorgeschlagenen Flüssigkolbenwandler weisen einen in unterschiedlicher Weise von Kühlmittel um- oder durchströmten Arbeitsraum auf.

[0009] In jedem Flüssigkolbenwandler steigt und fällt der von dem Kühlmittel idealer Weise aufzunehmende Wärme flux - die Kompressionswärme oder Expansionskälte des Gases - mit dem Flüssigkolben. Die in den bekannten Flüssigkolbenwandlern vorgeschlagene Führung des Kühlmittels ist demgegenüber auf eine gleichmäßige Wärmeabfuhr ausgelegt. Der tatsächliche Wärme flux vom Arbeitsraum in das Kühlmittel steht damit dem idealen Prozessverlauf entgegen: Jede Abweichung von der isothermen Druckänderung bedingt gegenüber dem idealen Prozessverlauf einen Wirkungsgradverlust.

[0010] Insbesondere vermag bei den bekannten Flüssigkolbenwandlern die Wärmeabfuhr in das Kältemittel dem Bedarf einer isothermen Kompression im Pumpenprozess nicht zu folgen: Mit steigendem Flüssigkeitsniveau bei der Kompression steigt einerseits überproportional der Betrag der abzuführenden Wärme, andererseits sinkt die für die Wärmeabfuhr aus dem Arbeitsraum zur Verfügung stehende Oberfläche des (abnehmenden) mit Gas gefüllten Volumens. Eine über den gesamten Prozess isotherme Kompression können die bekannten Flüssigkolbenwandler nicht realisieren.

[0011] Entsprechend muss im Flüssigkolbenmotor (im

"Stirlingprozess") zu Beginn der Expansion für einen isothermen Verlauf eine proportional größere Wärmemenge zugeführt werden als im weiteren Verlauf des Prozesses. Auch hier können die bekannten Flüssigkolbenwandler keine über den gesamten Prozessverlauf isotherme Entspannung realisieren.

Aufgabe

[0012] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Wirkungsgrad des Flüssigkolbenwandlers zu verbessern.

Lösung

[0013] Ausgehend von den bekannten Flüssigkolbenwandlern wird nach der Erfindung vorgeschlagen, dass ein erster hydraulischer Durchmesser für einen horizontalen Querschnitt des Flüssigkolbenwandlers zwischen Unterseite und Oberseite kleiner ist als ein zweiter hydraulischer Durchmesser an der Unterseite.

[0014] Betrachtet man horizontale Ausschnitte aus dem Flüssigkolbenwandler - also quasi eine differenzielle Zerlegung in aufeinander gestapelte Scheiben - zwischen Unterseite und Oberseite, so bleibt bei den bekannten Flüssigkolbenwandlern über alle Ausschnitte das Verhältnis zwischen Volumen des Arbeitsraums und äußerer Oberfläche zwischen Unter- und Oberseite konstant. Bei einer solchen Grenzwertbetrachtung einer infinitesimal dünnen Scheibe wird das Volumen zur Querschnittsfläche A und die äußere Oberfläche zur Umfangslinie U . Das Verhältnis zwischen Volumen und äußerer Oberfläche der Scheibe ist (mit dem konstanten Faktor 4) proportional zum allgemein bekannten "hydraulischen Durchmesser" mit der Formel $D_{hyd} = 4 \cdot A / U$.

[0015] Die erfindungsgemäße Verringerung des hydraulischen Durchmessers entspricht einer Vergrößerung der von Kühlmittel umströmten Oberfläche mit steigender Höhe zwischen Unter- und Oberseite des Arbeitsraums und trägt dem Umstand Rechnung, dass für eine ideale Prozessführung vom unteren zum oberen Totpunkt des Flüssigkolbens proportional steigende Wärmeströme zum oder vom Kühlmittel geführt werden müssen. Der erfindungsgemäße Flüssigkolbenwandler ermöglicht bei konstanten Kühlmittel- und Flüssigkeitsströmen - also ohne zusätzlichen Aufwand in der Prozessführung - eine gegenüber dem Stand der Technik verbesserte Annäherung an den idealen isothermen Prozessverlauf.

[0016] Alternativ könnte eine Variation des Wärmestroms auch durch eine Steigerung des flächenbezogenen Wärmeübergangs - durch Veränderung des Kühlmittelstroms oder des verwendeten Kühlmittels - realisiert werden. Weiterhin alternativ könnte eine isotherme Druckänderung bei gleich bleibendem Wärmestrom durch eine gesteuerte Strömung der Flüssigkeit, also durch Steuerung der Hub- und Senkgeschwindigkeit des Flüssigkolbens realisiert werden. Die genannten Alter-

nativen erfordern aber im Gegensatz zur erfindungsgemäßen Lösung einen erheblich höheren steuerungstechnischen und/oder apparativen Aufwand und/oder schränken die Nutzung des Flüssigkolbenwandlers auf bestimmte Arbeitspunkte ein.

[0017] Vorzugsweise wird an einem erfindungsgemäßen Flüssigkolbenwandler der Arbeitsraum an der Unterseite ausgehend von einem Verteiler durch untere Rohre gebildet, und an der Oberseite von oberen Rohren, die in einen Sammler münden, wobei die unteren Rohre an der Unterseite jeweils einen ersten durchströmbareren Rohrquerschnitt aufweisen, der einen zweiten durchströmbareren Rohrquerschnitt jeweils der oberen Rohre an der Oberseite übersteigt. Der Arbeitsraum eines solchen erfindungsgemäßen Flüssigkolbenwandlers weist - in Form der unteren und oberen Rohre - eine besonders gute Druckbeständigkeit auf.

[0018] Alternativ kann der Arbeitsraum eines erfindungsgemäßen Flüssigkolbenwandlers auch zusammenhängend - vorzugsweise als Zylinder oder Kugel - ausgebildet und parallel zur Oberfläche der Flüssigkeit mit Rohren für das Kühlmittel durchsetzt sein. Durch eine Steigerung der Anzahl und/oder durch eine Verringerung des Durchmessers dieser Rohre von der Unter- zur Oberseite kann wiederum das Verhältnis zwischen Volumen des Arbeitsraums und äußerer, umströmbarer Oberfläche zur Oberseite hin gesteigert werden.

[0019] Bevorzugt weist an einem erfindungsgemäßen Flüssigkolbenwandler mit senkrecht verlaufenden Rohrbündeln das obere Rohrbündel eine höhere Anzahl von Rohren auf als das untere Rohrbündel. Ein solcher erfindungsgemäßer Flüssigkolbenwandler kann aus Rohren mit konstantem Querschnitt besonders einfach aufgebaut werden, erfordert aber einen Verteiler jeweils zwischen zwei benachbarten Rohrbündeln.

[0020] Alternativ können beide Rohrbündel die gleiche Anzahl Rohre aufweisen. Durch Einbauten in die Rohre an Oberseite kann hier das Verhältnis zwischen Volumen des Arbeitsraums und äußerer, umströmter Oberfläche zur Oberseite hin gesteigert werden. Ein solcher erfindungsgemäßer Flüssigkolbenwandler benötigt zwischen den Rohrbündeln keinen Verteiler: Jedes einzelne Rohr eines Bündels kann unmittelbar mit dem Rohr den nächsten Bündels verbunden werden.

[0021] Besonders bevorzugt weist ein erfindungsgemäßer Flüssigkolbenwandler mit Rohrbündeln unterschiedlicher Anzahl von Rohren einen Verteiler auf, in den die oberen und die unteren Rohre münden. Ein solcher erfindungsgemäßer Flüssigkolbenwandler weist genau zwei Rohrbündel auf und bildet einen wirtschaftlich sinnvollen Kompromiss zwischen einer gleitenden Steigerung der Rohroberfläche von der Unter- zur Oberseite des Arbeitsraums für einen ideal isothermen Prozessverlauf einerseits und dem fertigungstechnischen Aufwand andererseits.

[0022] In einem besonders vorteilhaften erfindungsgemäßen Flüssigkolbenwandler sind die oberen Rohre innen strukturiert. Die Strukturierung verringert einerseits

den durchströmbaren Querschnitt der Rohre und erhöht andererseits die Grenzfläche und damit den möglichen Wärmefluss zwischen dem komprimierten oder expandierenden Gas und dem Rohr. Alternativ oder kumulativ können die Rohre - mit demselben Effekt - zur Oberseite hin einen sich zumindest abschnittsweise kontinuierlich verringernden Durchmesser aufweisen.

[0023] In einer alternativen Ausführungsform ist in einem erfindungsgemäßen Flüssigkolbenwandler der Arbeitsraum von einem Rohrbündel durchsetzt. Während in dem zuvor beschriebenen Fall der Arbeitsraum durch die Gesamtheit der Innenräume der Rohre gebildet ist, umgibt er hier die von dem Kühlmittel durchflossenen Rohre.

[0024] Vorzugsweise weist an einem solchen Flüssigkolbenwandler das Rohrbündel an der Oberseite mehr Rohre auf als an der Unterseite. Durch Verzweigung einzelner (oder aller) Rohre des Rohrbündels auf mehrere Rohre kann besonders einfach die Oberfläche der Rohre auf dem Weg des Kühlmittels von der Unter- zur Oberseite vergrößert werden.

[0025] Alternativ oder zusätzlich kann an einem solchen Flüssigkolbenwandler das Rohrbündel Rohre aufweisen, die derart strukturiert sind, dass sie an der Oberseite eine größere Oberfläche aufweisen als an der Unterseite. Zur Anpassung der Oberfläche an die örtlich zu übertragene Wärmeübertragerleistung können auf den Rohren beispielsweise Lamellen angebracht sein oder die Anzahl und der Durchmesser der Rohre und die Lamellenform sowie der Lamellenabstand in verschiedenen Zonen des Flüssigkolbenwandlers können variieren.

[0026] Mehrere erfindungsgemäße Flüssigkolbenwandler können jeweils getrennt, beispielsweise mit unterschiedlichen Kühlmedien und unterschiedlichen Temperaturen beaufschlagt werden und/oder auf der Kühlwasserseite miteinander verbunden sein und gemeinsam von einem Kühlwasserkreis durchströmt werden.

[0027] Eine Variante ist weiterhin, dass der Auslassstutzen mit dem Auslass-Rückschlagventil nach vertikal nach oben oder nach oben geneigt ausgeführt wird, damit das Gas besser ausgestoßen werden kann und das Totvolumen minimiert wird, ohne dass Verdichtungsflüssigkeit mit ausgestoßen werden muss.

Ausführungsbeispiele

[0028] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigen

- Fig. 1a ein Verdichter mit ersten erfindungsgemäßen Flüssigkolbenwandlern und
- Fig. 1b der Verdichter ohne Gehäuse,
- Fig. 2a ein Detail der oberen Rohre der ersten Flüssigkolbenwandler und
- Fig. 2b ein Detail der unteren Rohre der ersten Flüssigkolbenwandler,
- Fig. 3a die Verteiler der ersten Flüssigkolbenwandler und

- Fig. 3b ein Detail der Verteiler,
- Fig. 4a eine Ausschnitt der Verteiler in perspektivischer Ansicht und
- Fig. 4b den Ausschnitt in einer schematischen Darstellung,
- Fig. 5 ein Ende eines der oberen Rohre und
- Fig. 6 ein Detail der Oberseite des ersten Flüssigkolbenwandlers,
- Fig. 7a ein Verdichter mit zweiten erfindungsgemäßen Flüssigkolbenwandlern und
- Fig. 7b der Verdichter in einer geschnittenen Ansicht,
- Fig. 7c ein erster Detailschnitt des Verdichters und
- Fig. 7d ein zweiter Detailschnitt des Verdichters,
- Fig. 8a ein Verdichter mit dritten erfindungsgemäßen Flüssigkolbenwandlern und
- Fig. 8b der Verdichter in einer schematischen Ansicht,
- Fig. 8c ein erster Detailschnitt des Verdichters und
- Fig. 8d ein zweiter Detailschnitt des Verdichters.

[0029] Der in den Figuren 1a und 1b gezeigte Verdichter 1 für eine Kühlaggregat eines mit Kohlendioxid betriebenen, nicht weitergehend dargestellten Haushaltskühlgeräts weist in einem gemeinsamen Gehäuse 2 zwei identische erfindungsgemäße Flüssigkolbenwandler 3 auf. Das Gehäuse 2 wird durch einen Kühlmiteleinlass 4 an der Oberseite 5 mit (nicht dargestelltem) Wasser als Kühlmittel beschickt, das die Flüssigkolbenwandler 3 umströmt und durch einen Kühlmittelauslass 6 an der Unterseite 7 aus dem Gehäuse 2 wieder austritt.

[0030] Innerhalb des Gehäuses 2 teilen durch horizontal verlaufende, übereinander versetzt angeordnete Leitbleche 8 die Flüssigkolbenwandler 3 in horizontal übereinander liegende Ausschnitte 9. Das Kühlmittel wird von dem Kühlmiteleinlass 4 zum Kühlmittelauslass 6 und von der Oberseite 5 zur Unterseite 7 mäanderförmig durch die Ausschnitte 9 der Flüssigkolbenwandler 3 geführt. Das Kühlmittel durchströmt hierbei jeweils die nebeneinander liegenden Ausschnitte 9 der beiden Flüssigkolbenwandler 3, bevor seine Strömungsrichtung am Gehäuse 2 umgelenkt wird.

[0031] Jeder der Flüssigkolbenwandler 3 weist an der Unterseite 7 einen Flüssigkeitsanschluss 10 für eine (nicht dargestellte) Hydraulikflüssigkeit auf, die im Betrieb jeweils den Flüssigkolben bildet. An der Oberseite 5 weisen die Flüssigkolbenwandler 3 jeweils einen Niederdruckanschluss 11 (auch "Sauganschluss") und einen Hochdruckanschluss 12 (auch: "Druckanschluss") für das Kohlendioxidgas auf.

[0032] Jeder der Flüssigkolbenwandler 3 weist zwischen einem Verteiler 13 an der Unterseite 7 und einem Sammler 14 an der Oberseite 5 einen Arbeitsraum 15 aus einem unteren Rohrbündel 16 und einem oberen Rohrbündel 17 auf, die in den Figuren 2a und 2b im Detail dargestellt sind: Das untere Rohrbündel 16 besteht aus 17 senkrecht stehenden unteren Rohren 18 in drei gegeneinander um einen halben Rohrdurchmesser versetzten Reihen 19. Das obere Rohrbündel 17 besteht

aus zwölf gegeneinander um einen halben Rohrdurchmesser versetzten Reihen 20 mit je 24 senkrecht stehenden oberen Rohren 21.

[0033] Die Flüssigkolbenwandler 3 weisen jeweils einen quaderförmigen Verteiler 22 auf, in den - wie in den Figuren 3a und 3b ersichtlich - von unten die unteren Rohre 18 und von oben die oberen Rohre 21 münden. Der Verteiler 22 weist - wie aus den Figuren 4a und 4b ersichtlich - in einem Boden 23 Öffnungen 24 zum Einlöten der unteren Rohre 18 und in einem Deckel 25 Öffnungen 26 zum Einlöten der oberen Rohre 21 auf. Zwischen Boden 23 und Deckel 25 weist der Verteiler 22 eine durchgehende, seitlich durch Seitenwände 27 von der Umgebung getrennte Kammer 28 auf. Boden 23, Deckel 25 und Seitenwände 27 des Verteilers 22 weisen eine Wandstärke von 5 mm auf. Im Schnitt wird der Inhalt des Arbeitsraums 15 - die Flüssigkeit des Flüssigkolbens oder das Kohlendioxidgas - in der Kammer 28 von einem unteren Rohr auf rund 17 obere Rohre 21 verteilt.

[0034] Nachdem das Kühlmittel das obere Rohrbündel 17 durchströmt hat, wird es mittels eines an das Gehäuse 2 angesetzten, halbzyklischer Umlenkbogens 29 seitlich an dem Verteiler 22 vorbei und zu dem unteren Rohrbündel 16 geführt.

[0035] Die unteren Rohre 18 bestehen aus Edelstahl, Stahl oder Kupfer und weisen bei einem inneren Durchmesser von 40 mm beispielsweise eine Wandstärke von 4 mm auf. Die oberen Rohre 21 bestehen - wie in Figur 5 gezeigt - aus einem äußeren Edelstahlrohr 30 mit 0,7 mm Wandstärke und einem rohrförmig extrudierten, innen strukturierten Einsatz 31 aus einer Aluminiumlegierung mit 16 radial nach innen weisenden Lamellen 32.

[0036] Der Niederdruckanschluss 11 und der Hochdruckanschluss 12 sind über einen gemeinsamen, in Figur 6 im Detail dargestellten Ein-/Auslassstutzen 33 an den Sammler 14 angeschlossen. Der Niederdruckanschluss 11 und der Hochdruckanschluss 12 sind durch Rückschlagventile 34 von dem Ein-/Auslassstutzen 33 getrennt, die nur einen Gasstrom aus dem Niederdruckanschluss 11 in den Arbeitsraum 15 und aus dem Arbeitsraum 15 in den Hochdruckanschluss 12 zulassen.

[0037] Die Flüssigkeitsanschlüsse der Flüssigkolbenwandler 3 sind über ein 4-Wegeventil mit einer elektrisch betriebenen Hydraulikpumpe für die Hydraulikflüssigkeit verbunden. Das 4-Wegeventil weist vier Anschlüsse auf, die die beiden Flüssigkeitsanschlüsse wechselweise entweder mit der Hydraulikpumpe oder mit einem Reservoir für das Hydrauliköl verbinden. Das 4-Wegeventil, die Hydraulikpumpe und das Reservoir sind nicht dargestellt.

[0038] Im Betrieb des Verdichters 1 werden die beiden Flüssigkolbenwandler 3 durch das 4-Wegeventil taktversetzt gesteuert: Während der eine Flüssigkolbenwandler 3 an seinem Flüssigkeitsanschluss 10 von der Hydraulikpumpe mit der Hydraulikflüssigkeit gefüllt wird und das Kohlendioxidgas verdichtet und schließlich unter dem Hochdruck durch den Hochdruckanschluss 12 austreibt, läuft aus dem anderen Flüssigkolbenwandler 3 das Hy-

drauliköl drucklos durch sein Eigengewicht in das Reservoir und saugt dabei Kohlendioxidgas unter dem Niederdruck aus dem Niederdruckanschluss 11 an.

[0039] Das 4-Wegeventil wird durch einen nicht dargestellten Sensor jeweils von einer in die andere Schaltung umgeschaltet, wenn der Flüssigkolben einen in dem Ein-/Auslassstutzen 33 angeordneten porösen Tiefenfilter 35 erreicht.

[0040] Der in den Figuren 7a bis 7d dargestellte Verdichter 36 weist drei Flüssigkolbenwandler 37 mit Rohrbündelwärmetauschern 38 auf, die über Verbindungsstutzen 39 miteinander verbunden und gegenüber der Horizontalen geneigt übereinander angeordnet sind. In jedem Rohrbündel ist die Anzahl und der Durchmesser der Rohre 40 sowie die Fläche der nicht dargestellten Lamellen an den Rohren 40 an die lokal auftretende maximale Wärmeleistung angepasst.

[0041] Der Verdichter 36 weist einen Hochdruckanschluss 41 und einen Niederdruckanschluss 42 jeweils mit einem nicht dargestellten Rückschlagventil für das Gas, einen Kühlmittelinlass 43 und einen Kühlmittelauslass 44 für das Kühlwasser und einen Flüssigkeitsanschluss 45 für das Hydrauliköl auf.

[0042] Die Rohre 40 in den Flüssigkolbenwandlern 37 werden über Verbindungen 46 gemeinsam mit Kühlwasser durchströmt. Durch die geneigte Anordnung wird das verdichtete Gas besser ausgestoßen und das Totvolumen reduziert.

[0043] Der in den Figuren 8a bis 8d dargestellte Verdichter 47 weist wiederum drei Flüssigkolbenwandler 48 mit je zwei Rohrbündelwärmetauschern 49 auf, die in zwei Gruppen 50 über Verbindungsstutzen 51 miteinander verbunden und horizontal übereinander angeordnet sind.

[0044] Der Verdichter 47 weist jeweils für eine Gruppe 50 einen Hochdruckanschluss 52 und einen Niederdruckanschluss 53 für das Gas, einen Kühlmittelinlass 54 und einen Kühlmittelauslass 55 für das Kühlwasser und einen Flüssigkeitsanschluss 56 für das Hydrauliköl auf.

[0045] In den Figuren sind

- | | |
|---|----------------------|
| 1 | Verdichter |
| 2 | Gehäuse |
| 3 | Flüssigkolbenwandler |
| 4 | Kühlmittelinlass |
| 5 | Oberseite |
| 6 | Kühlmittelauslass |
| 7 | Unterseite |
| 8 | Leitblech |

9 Ausschnitt
 10 Flüssigkeitsanschluss
 11 Niederdruckanschluss
 12 Hochdruckanschluss
 13 Verteiler
 14 Sammler
 15 Arbeitsraum
 16 unteres Rohrbündel
 17 oberes Rohrbündel
 18 unteres Rohr
 19 Reihe
 20 Reihe
 21 oberes Rohr
 22 Verteiler
 23 Boden
 24 Öffnung
 25 Deckel
 26 Öffnung
 27 Seitenwand
 28 Kammer
 29 Umlenkbogen
 30 Edelstahlrohr
 31 Einsatz
 32 Lamelle
 33 Ein-/Auslassstutzen
 34 Rückschlagventil
 35 Tiefenfilter
 36 Verdichter
 37 Flüssigkolbenwandler

38 Rohrbündelwärmetauscher
 39 Verbindungsstutzen
 5 40 Rohr
 41 Hochdruckanschluss
 42 Niederdruckanschluss
 10 43 Kühlmittelinlass
 44 Kühlmittelauslass
 15 45 Flüssigkeitsanschluss
 46 Verbindung
 47 Verdichter
 20 48 Flüssigkolbenwandler,
 49 Rohrbündelwärmetauscher
 25 50 Gruppe
 51 Verbindungsstutzen
 52 Hochdruckanschluss
 30 53 Niederdruckanschluss
 54 Kühlmittelinlass
 35 55 Kühlmittelauslass
 56 Flüssigkeitsanschluss

40 Patentansprüche

1. Flüssigkolbenwandler (3, 37, 48) mit einem Arbeitsraum (15), der an einer Unterseite (7) einen Flüssigkeitsanschluss (10, 45, 56) für eine Flüssigkeit des Flüssigkolbens und an einer Oberseite (5) einen Hochdruckanschluss (12, 41, 52) für ein Gas unter einem Hochdruck und einen Niederdruckanschluss (11, 42, 53) für das Gas unter einem Niederdruck aufweist, und der zwischen der Unterseite (7) und der Oberseite (5) eine wärmeübertragende Oberfläche zu einem Kühlmittelstrom aufweist, und mittels dessen in einem Kreisprozess eine Strömungsarbeit an der Flüssigkeit in eine Druckänderung des Gases oder die Druckänderung in die Strömungsarbeit wandelbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein erster hydraulischer Durchmesser für einen horizontalen Querschnitt des Flüssigkolbenwandlers (3, 37, 48) zwischen Unterseite (7) und Oberseite (5) kleiner

ist als ein zweiter hydraulischer Durchmesser an der Unterseite (7).

2. Flüssigkolbenwandler (3) nach dem vorgenannten Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Arbeitsraum (15) an der Unterseite (7) ausgehend von einem Verteiler (13) durch untere Rohre (18) gebildet wird, und an der Oberseite (5) von oberen Rohren (21), die in einen Sammler (14) münden, wobei die unteren Rohre (18) an der Unterseite (7) jeweils einen ersten durchströmbaren Rohrquerschnitt aufweisen, der einen zweiten durchströmbaren Rohrquerschnitt jeweils der oberen Rohre (21) an der Oberseite (5) übersteigt. 5
3. Flüssigkolbenwandler (3) nach dem vorgenannten Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** das obere Rohrbündel (17) eine höhere Anzahl von Rohren (18, 21) aufweist als das untere Rohrbündel (16). 10
4. Flüssigkolbenwandler (3) nach dem vorgenannten Anspruch, **gekennzeichnet durch** einen weiteren Verteiler (22), in den die oberen Rohre (21) und die unteren Rohre (18) münden. 15
5. Flüssigkolbenwandler (3) nach einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die oberen Rohre (21) innen strukturiert sind. 20
6. Flüssigkolbenwandler (37, 48) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Arbeitsraum von einem Rohrbündel durchsetzt ist. 25
7. Flüssigkolbenwandler nach dem vorgenannten Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohrbündel an der Oberseite mehr Rohre aufweist als an der Unterseite 30
8. Flüssigkolbenwandler nach einem der Ansprüche 6 oder 7, **gekennzeichnet durch** Rohre des Rohrbündels, die derart strukturiert sind, dass sie an der Oberseite eine größere Oberfläche aufweisen als an der Unterseite. 35

Claims

1. A liquid piston converter (3, 37, 48) with a working space (15) which at a bottom (7) comprises a liquid connection (10, 45, 56) for a liquid of the liquid piston and on a top (5) a high-pressure connection (12, 41, 52) for a gas under a high pressure and a low-pressure connection (11, 42, 53) for the gas under a low pressure, and which between the bottom (7) and the top (5) comprises a heat-transferring surface to a coolant flow, and by means of which in a cyclic process a flow work on the liquid can be converted into a pressure change of the gas or the pressure change 40

into the flow work, **characterized in that** a first hydraulic diameter for a horizontal cross section of the liquid piston converter (3, 37, 48) between bottom (7) and top (5) is smaller than a second hydraulic diameter on the bottom (7).

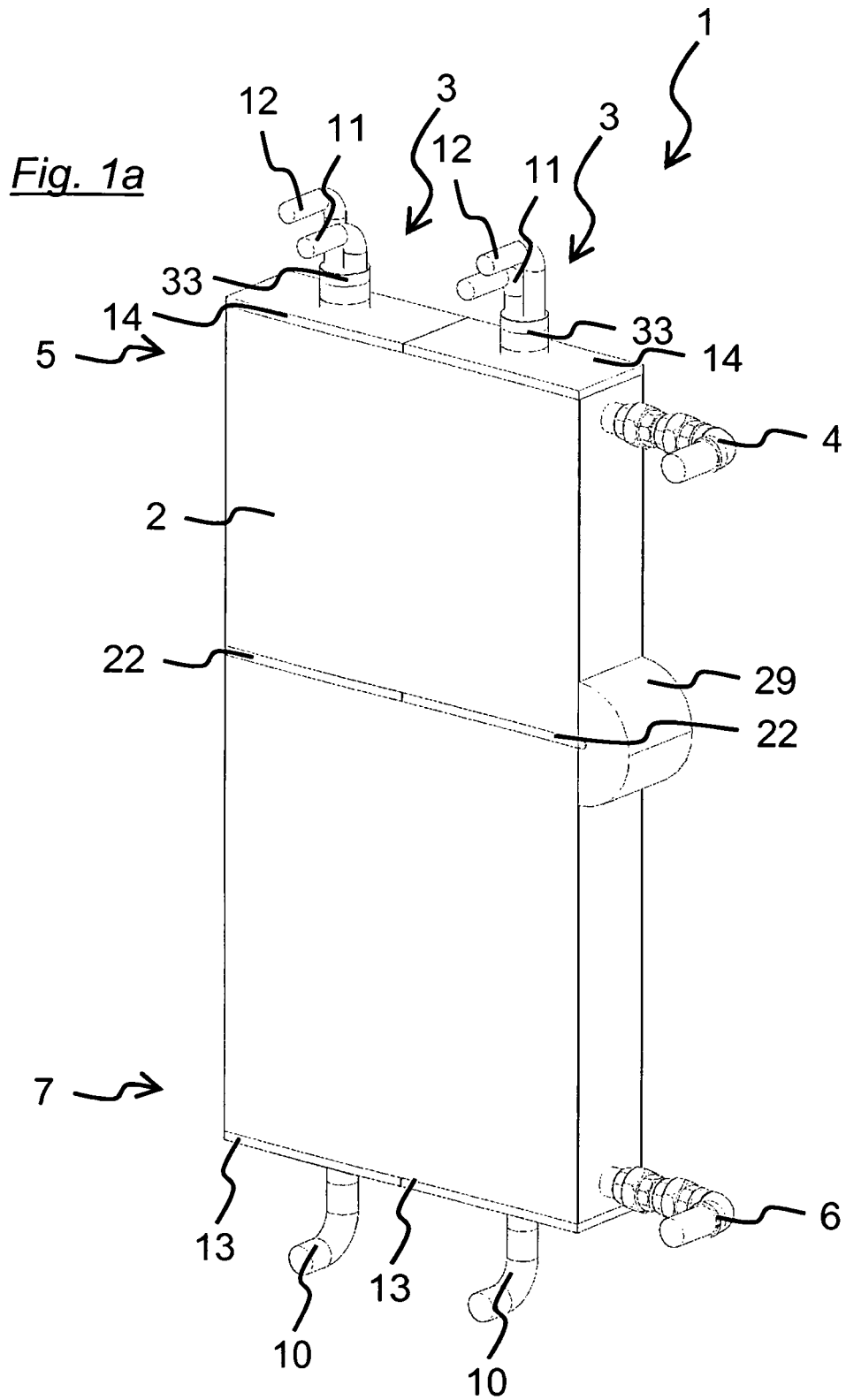
2. The liquid piston converter (3) according to the aforementioned claim, **characterized in that** the working space (15) on the bottom (7) starting out from a distributor (13) is formed through lower tubes (18), and on the top (5) by upper tubes (21) which lead into a manifold (14), wherein the lower tubes (18) on the bottom (7) each have a first tube cross section through which a flow can flow that exceeds a second tube cross section through which a flow can flow in each case of the upper tubes (21) on the top (5). 45
3. The liquid piston converter (3) according to the aforementioned claim, **characterized in that** the upper tube bundle (17) has a greater number of tubes (18, 21) than the lower tube bundle (16).
4. The liquid piston converter (3) according to the aforementioned claim, **characterized by** a further distributor (22) into which the upper tubes (21) and the lower tubes (18) lead.
5. The liquid piston converter (3) according to any one of the claims 2 or 3, **characterized in that** the upper tubes (21) are textured on the inside.
6. The liquid piston converter (37, 48) according to claim 1, **characterized in that** the working space is penetrated by a tube bundle.
7. The liquid piston converter according to the aforementioned claim, **characterized in that** the tube bundle comprises more tubes on the top than on the bottom.
8. The liquid piston converter according to any one of the claims 6 or 7, **characterized by** tubes of the tube bundle which are textured in such a manner that they have a larger surface area on the top than on the bottom. 50

Revendications

1. Convertisseur de piston à liquide (3, 37, 48) comportant une chambre de travail (15), qui présente sur un côté inférieur (7) un raccord de liquide (10, 45, 56) pour un liquide du piston à liquide et sur un côté supérieur (5) un raccord de haute pression (12, 41, 52) pour un gaz sous une haute pression et un raccord de basse pression (11, 42, 53) pour le gaz sous une basse pression, et qui présente entre le côté inférieur (7) et le côté supérieur (5) une surface trans- 55

mettant de la chaleur vers un courant de milieu refroidissant, et au moyen duquel dans un processus de circuit un travail d'écoulement sur le liquide peut être converti en une variation de pression du gaz ou la variation de pression peut être convertie en le travail d'écoulement, **caractérisé en ce que** un premier diamètre hydraulique pour une section transversale horizontale du convertisseur de piston à liquide (3, 37, 48) entre le côté inférieur (7) et le côté supérieur (5) est plus petit qu'un deuxième diamètre hydraulique sur le côté inférieur (7). 5 10

2. Convertisseur de piston à liquide (3) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la chambre de travail (15) sur le côté inférieur (7) partant d'un distributeur (13) est formée par des tuyaux inférieurs (18), et sur le côté supérieur (5) par des tuyaux supérieurs (21), qui débouchent dans un collecteur (14), dans lequel les tuyaux inférieurs (18) sur le côté inférieur (7) présentent respectivement une première section transversale de tuyau traversée par un écoulement, qui dépasse une deuxième section transversale de tuyau traversée par un écoulement respectivement des tuyaux supérieurs (21) sur le côté supérieur (5). 15 20 25
3. Convertisseur de piston à liquide (3) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le faisceau de tuyaux supérieur (17) présente un plus grand nombre de tuyaux (18, 21) que le faisceau de tuyaux inférieur (16). 30
4. Convertisseur de piston à liquide (3) selon la revendication précédente, **caractérisé par** un distributeur supplémentaire (22), dans lequel débouchent les tuyaux supérieurs (21) et les tuyaux inférieurs (18). 35
5. Convertisseur de piston à liquide (3) selon une des revendications 2 ou 3, **caractérisé en ce que** les tuyaux supérieurs (21) sont structurés à l'intérieur. 40
6. Convertisseur de piston à liquide (37, 48) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la chambre de travail est traversée par un faisceau de tuyaux. 45
7. Convertisseur de piston à liquide selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le faisceau de tuyaux présente sur le côté supérieur plus de tuyaux que sur le côté inférieur. 50
8. Convertisseur de piston à liquide selon une des revendications 6 ou 7, **caractérisé par** des tuyaux du faisceau de tuyaux, qui sont structurés de telle sorte qu'ils présentent sur le côté supérieur une plus grande surface que sur le côté inférieur. 55



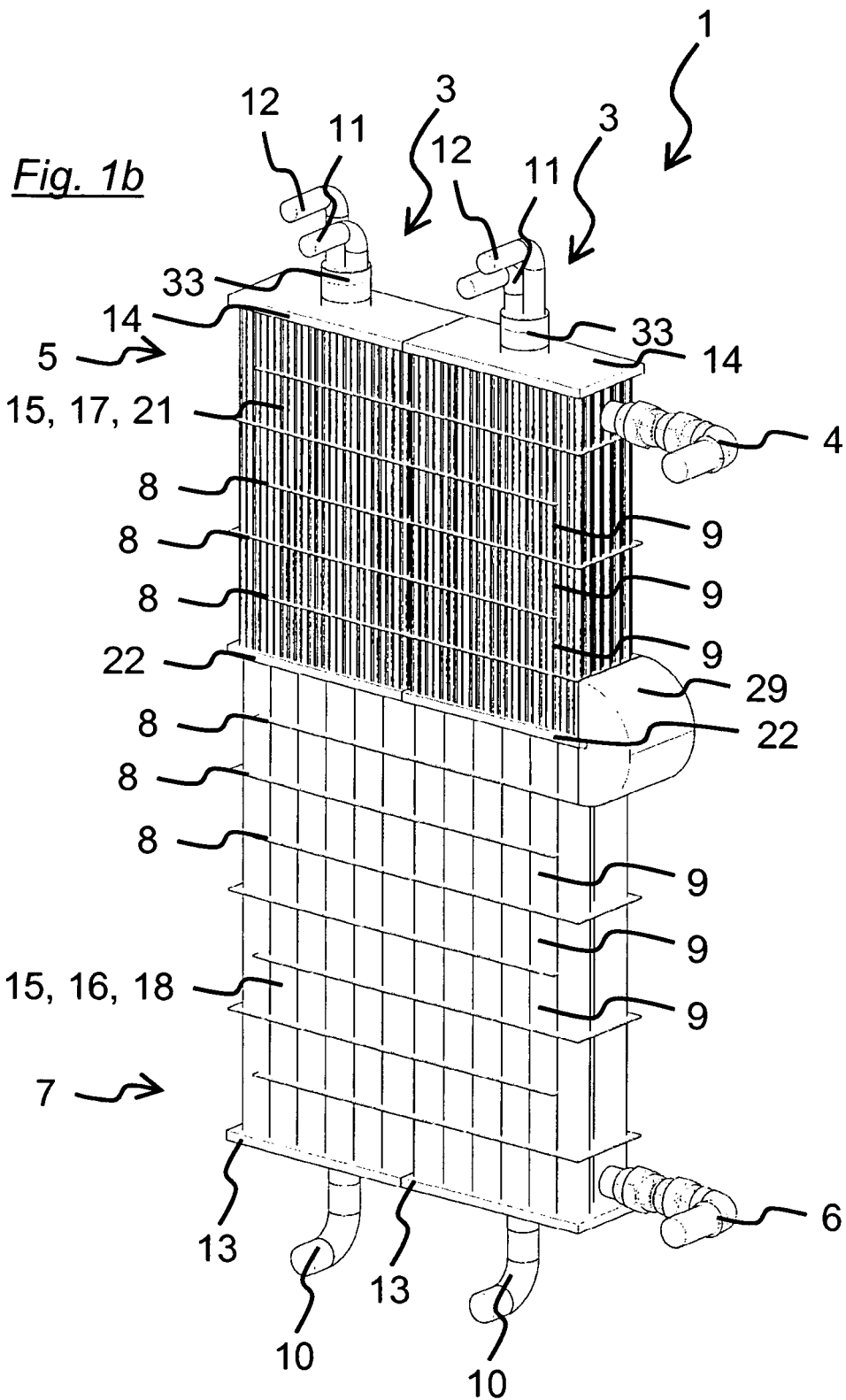


Fig. 2a

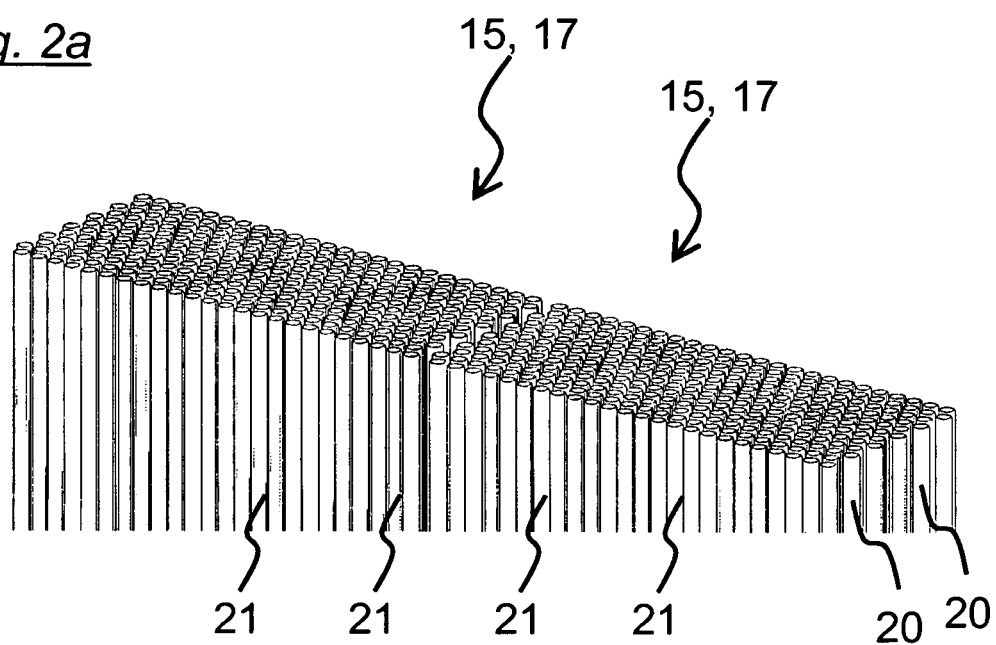
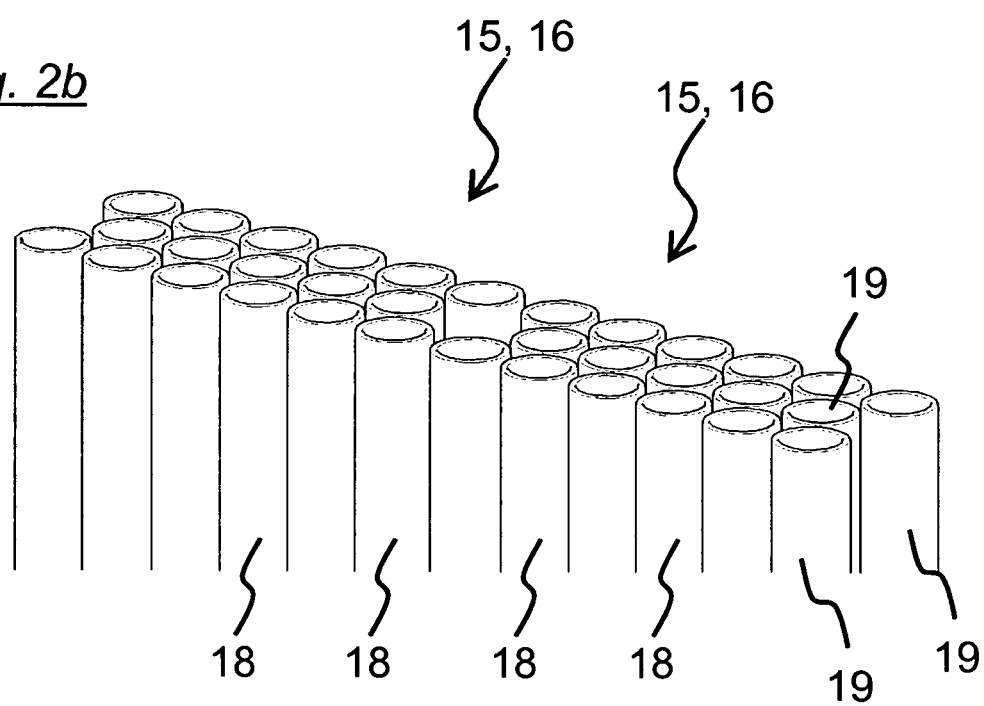


Fig. 2b



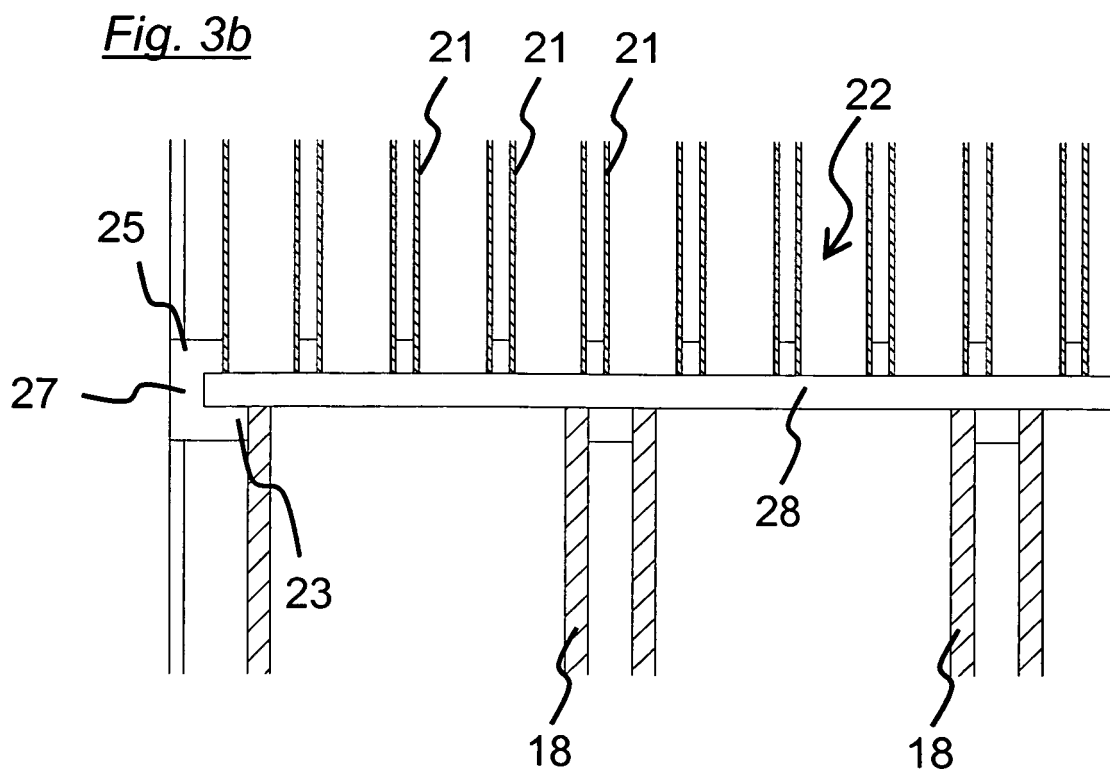
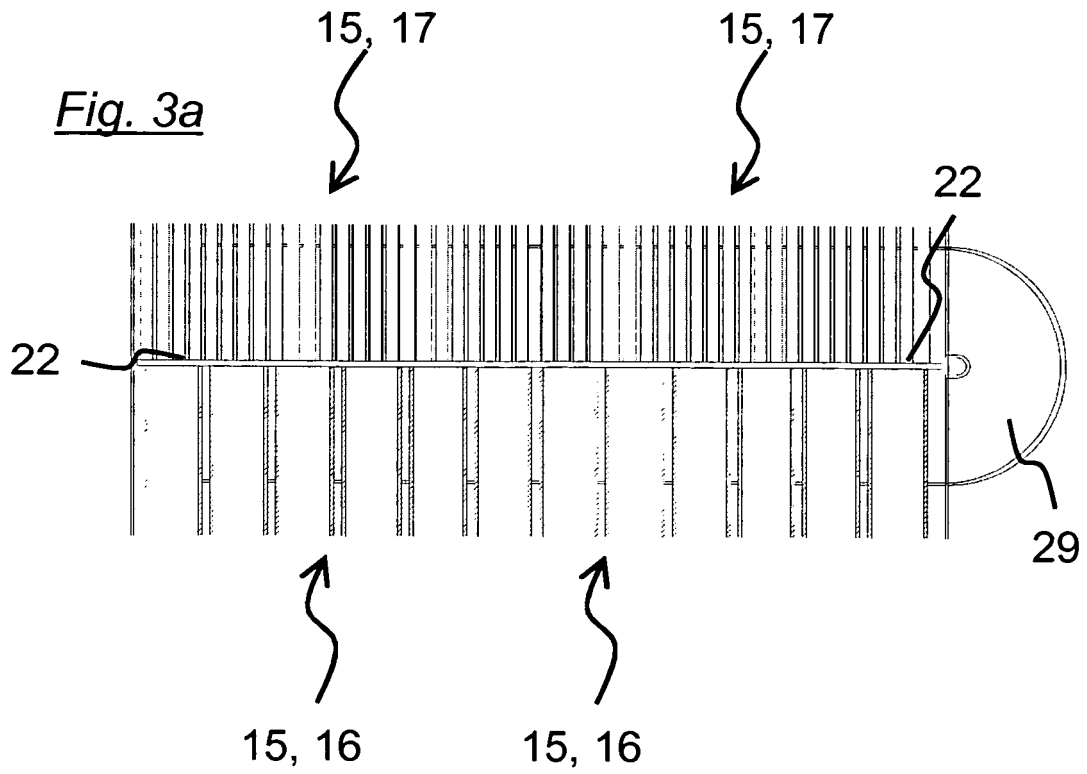


Fig. 4a

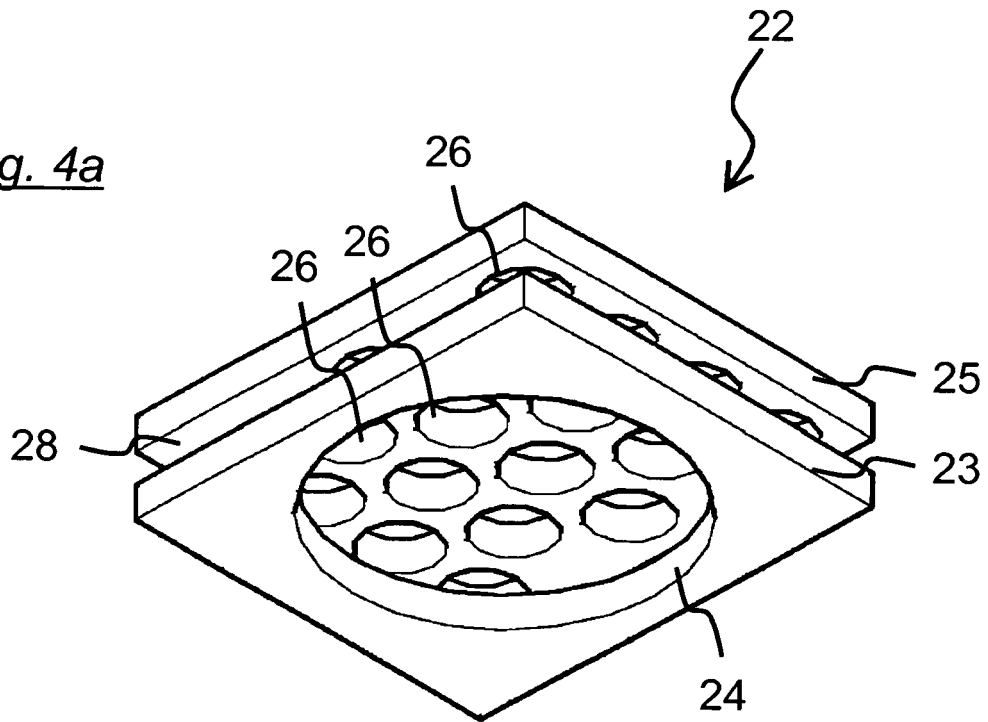
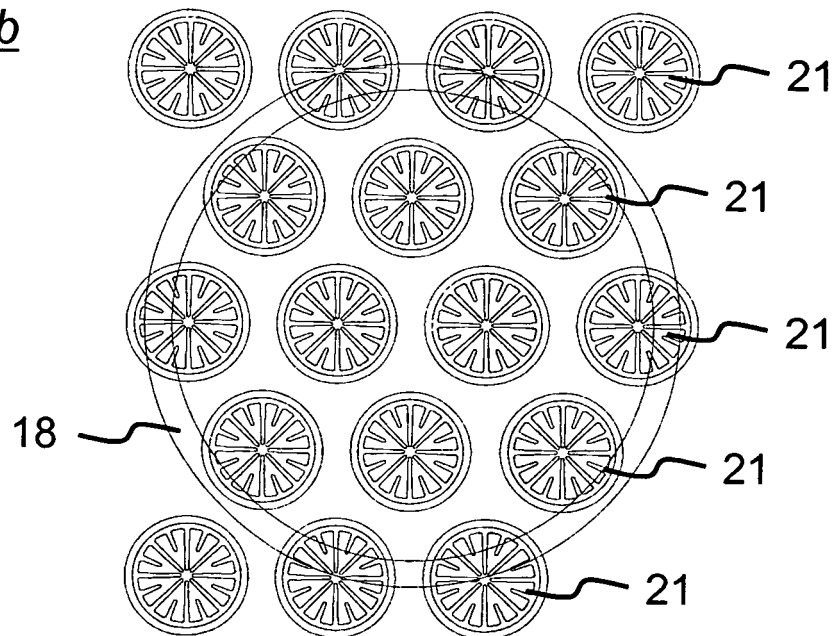


Fig. 4b



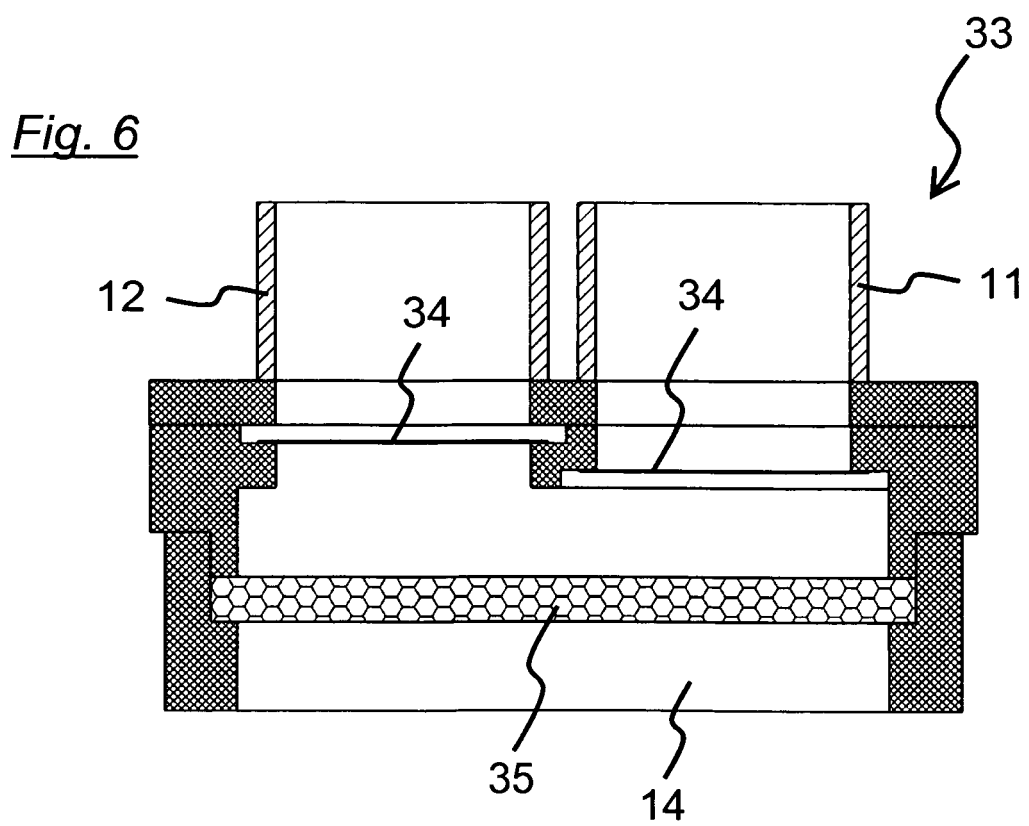
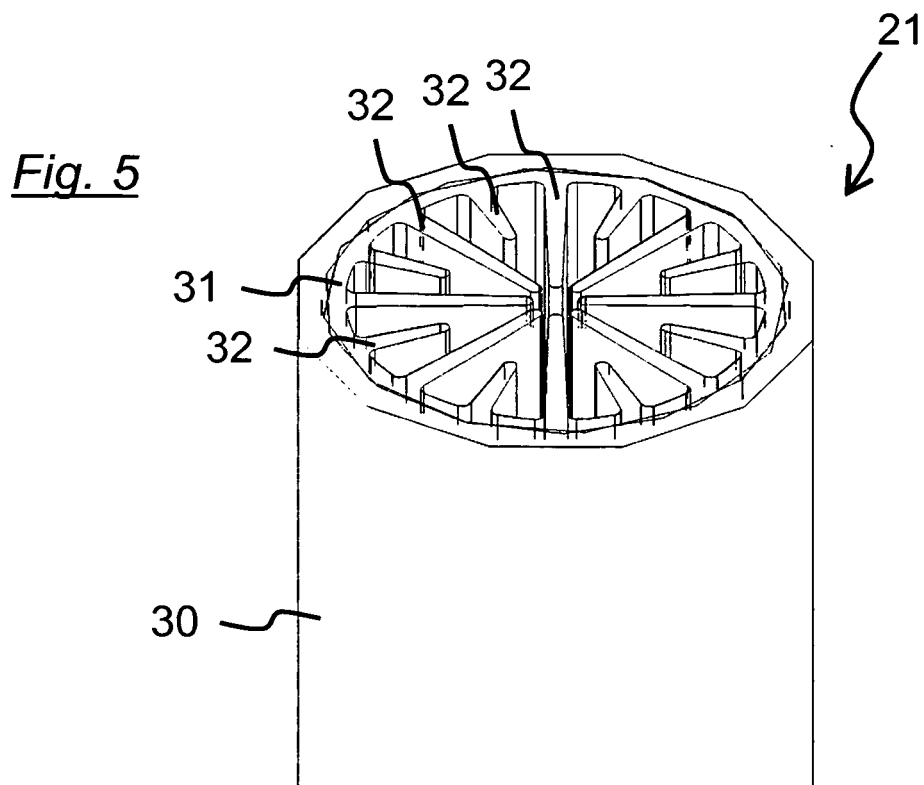
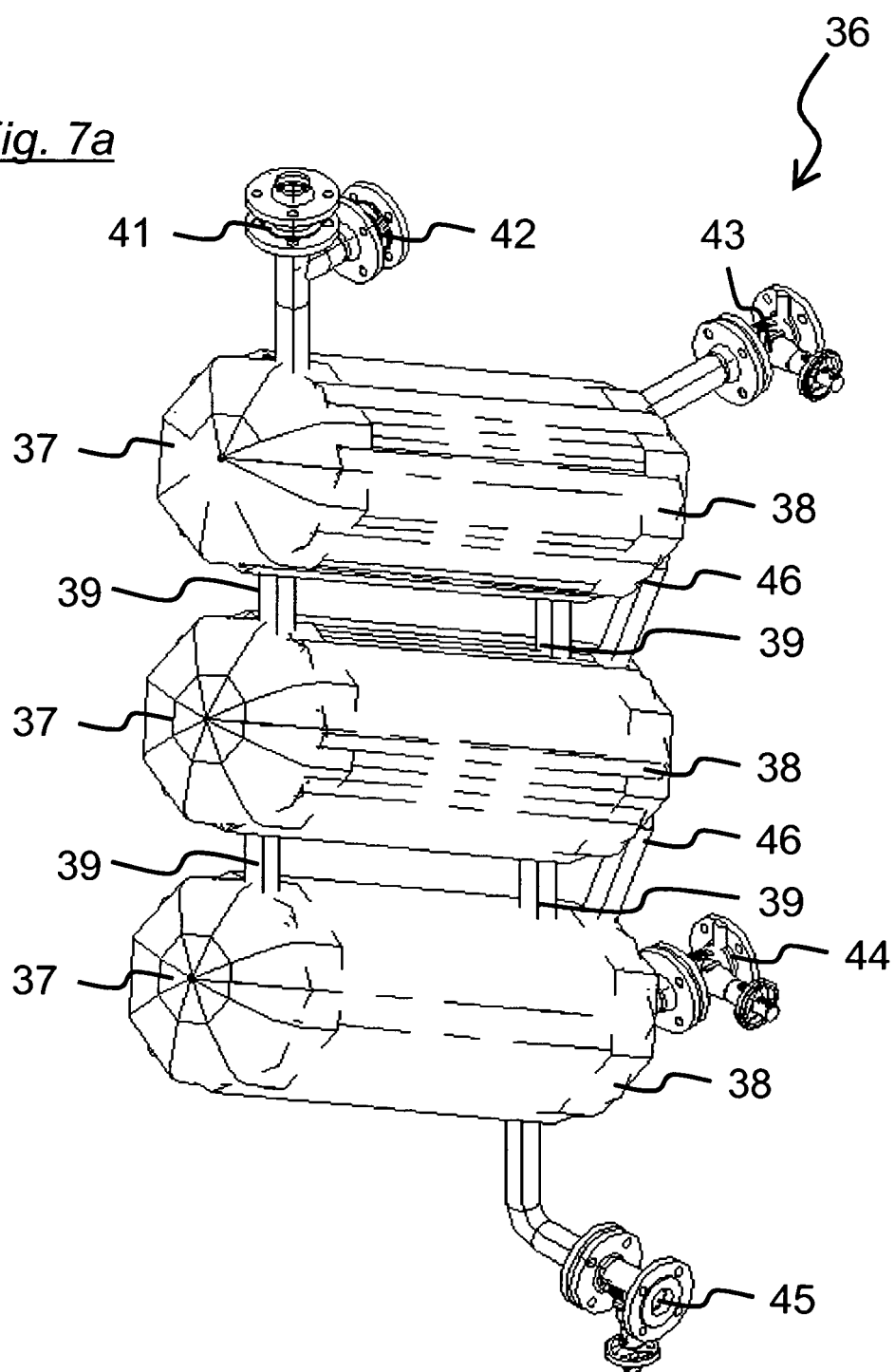


Fig. 7a

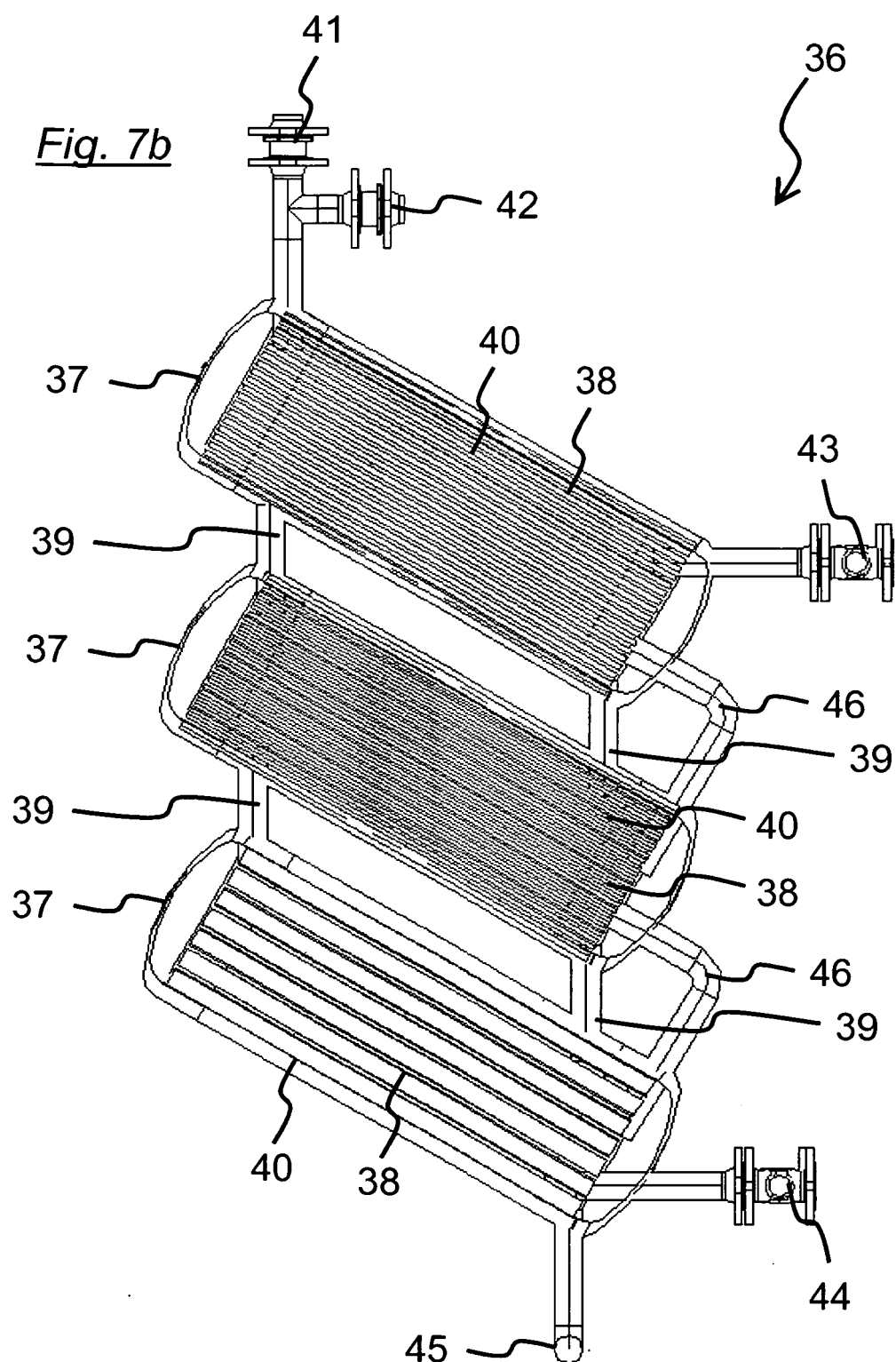


Fig. 7c

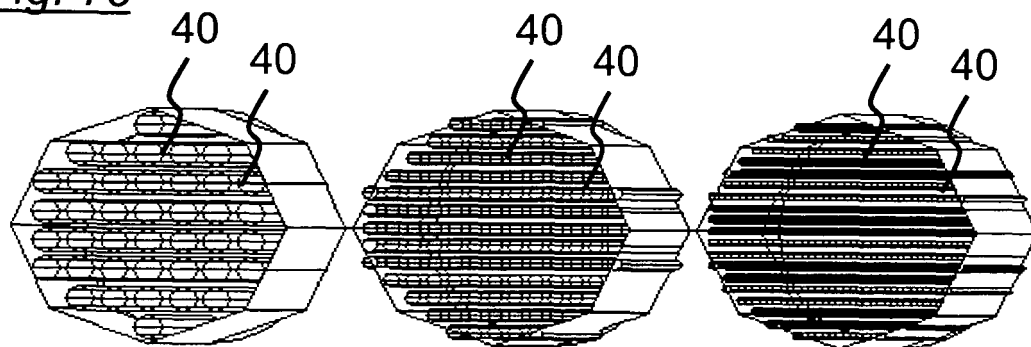


Fig. 7d

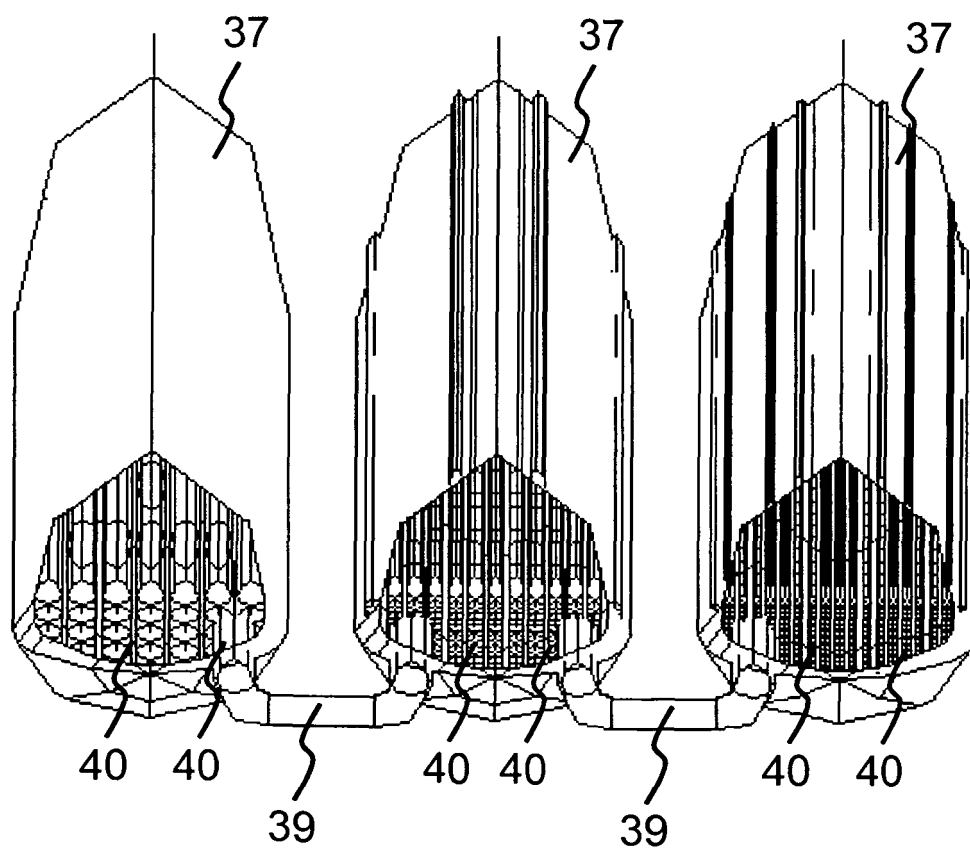


Fig. 8a

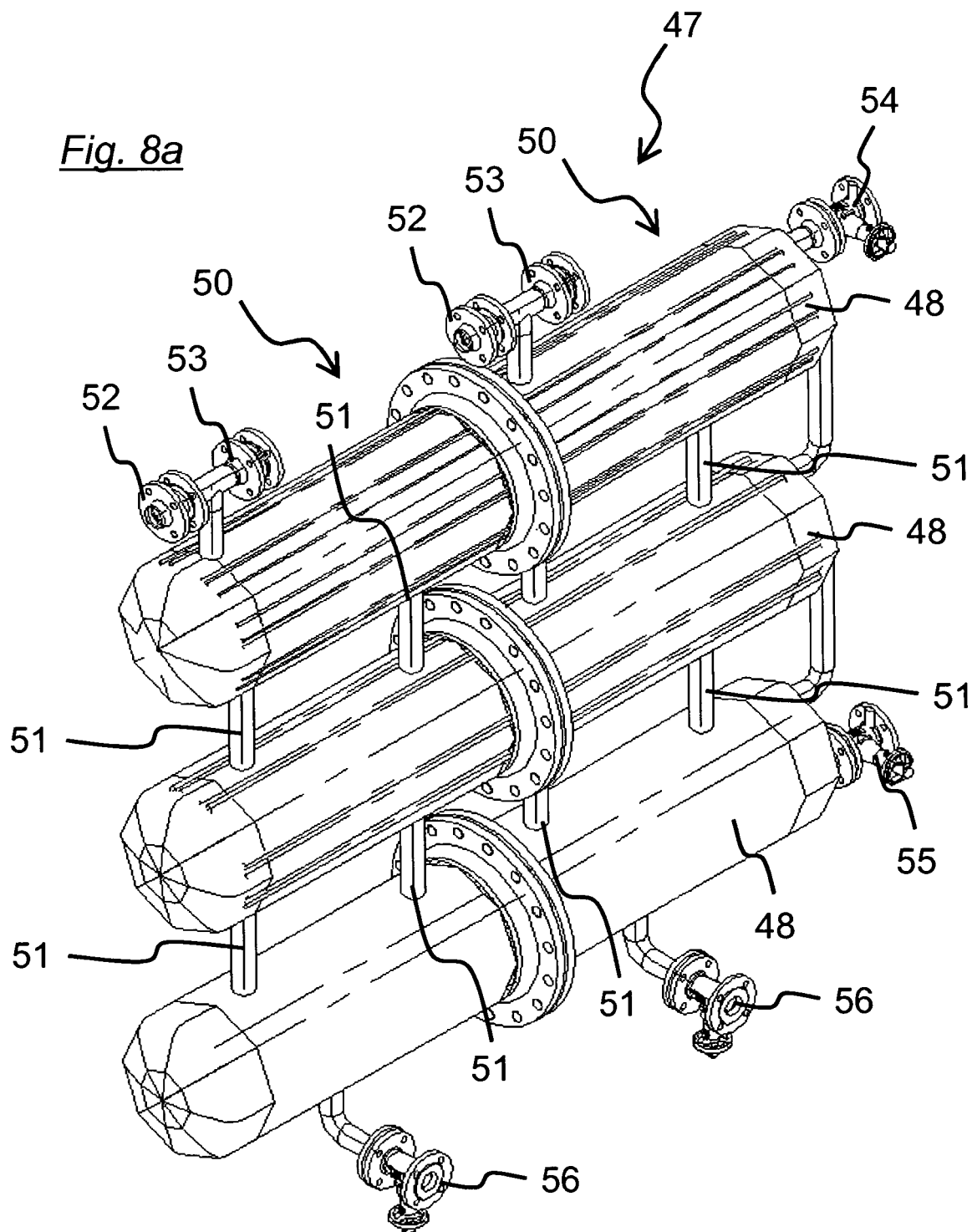


Fig. 8b

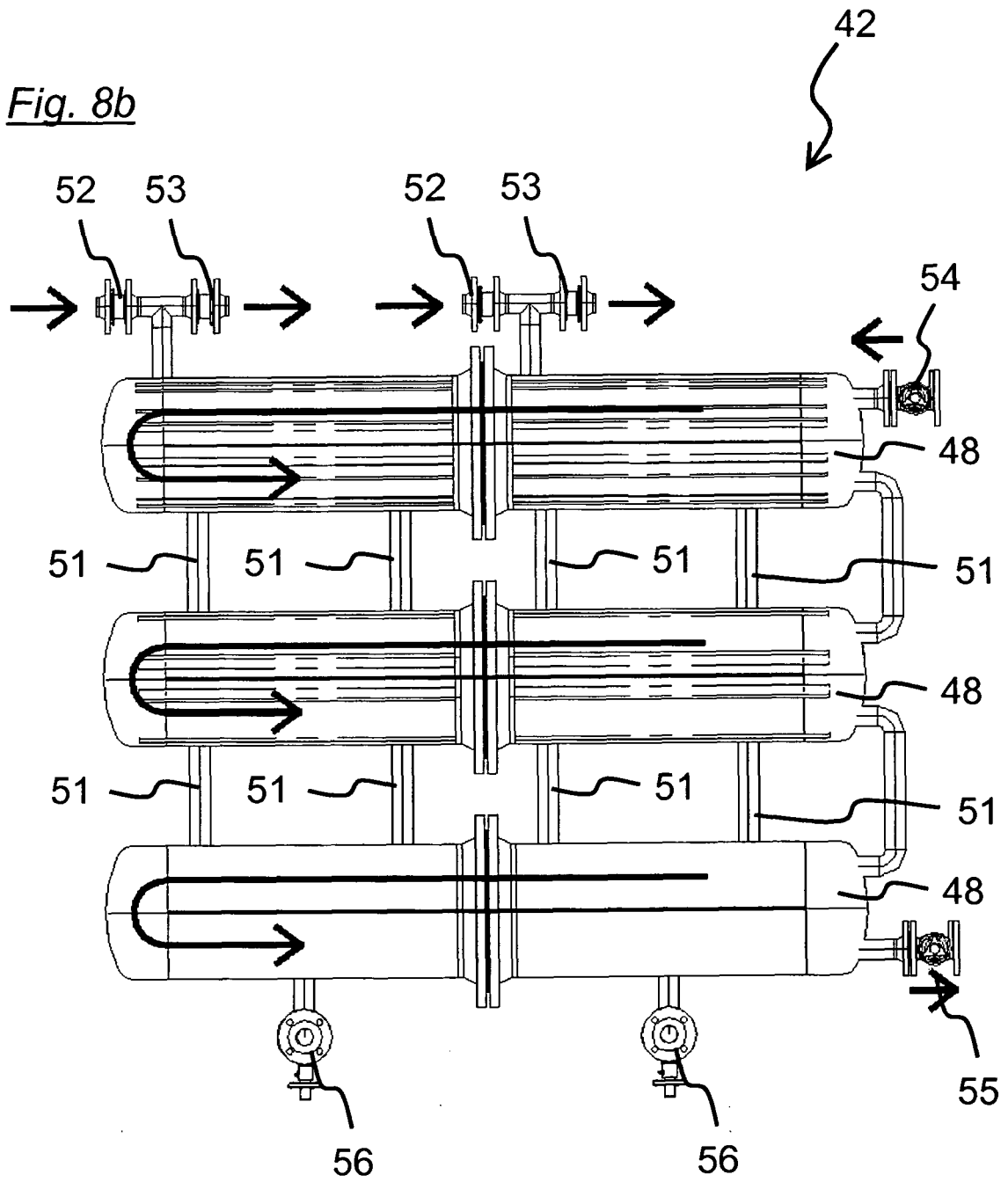


Fig. 8c

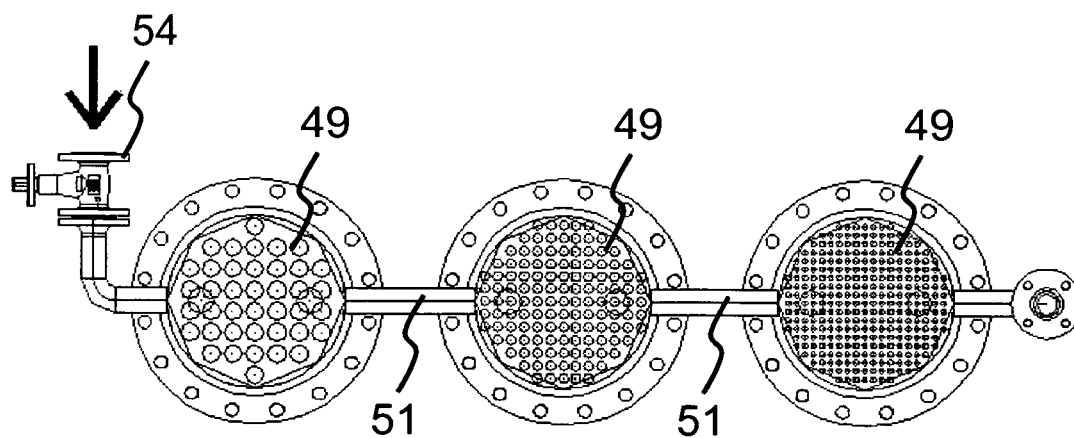
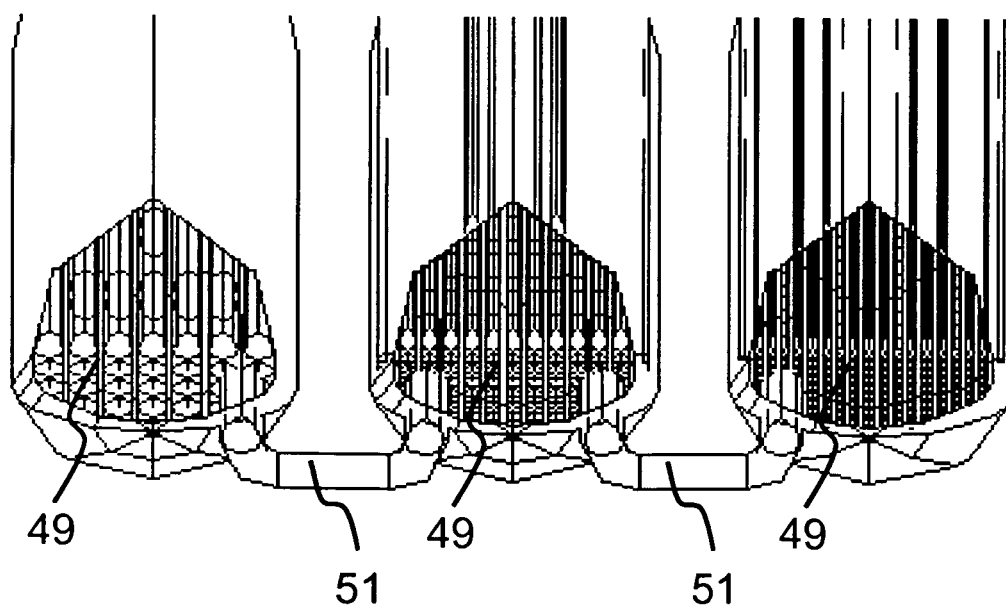


Fig. 8d



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

- US 1929350 A1 [0008]