



(19)

(11)

EP 4 359 718 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
05.03.2025 Patentblatt 2025/10

(21) Anmeldenummer: **22734115.3**(22) Anmeldetag: **15.06.2022**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F28D 7/02 (2006.01) **F28F 13/06 (2006.01)**
F25J 5/00 (2006.01) **F28F 25/02 (2006.01)**
F28F 27/02 (2006.01) **F28D 21/00 (2006.01)**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F28D 7/024; F25J 5/002; F28F 13/06; F28F 25/02;
F28F 27/02; F25J 2280/02; F25J 2290/32;
F28D 2021/0033

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2022/025277

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2022/268360 (29.12.2022 Gazette 2022/52)

(54) REGELBARE EINDÜSUNG ZUR REALISIERUNG UNTERSCHIEDLICHER LOKALER KÄLTEMITTELVERTEILUNG

ADJUSTABLE SPARGING FOR REALIZATION OF DIFFERENT LOCAL REFRIGERANT DISTRIBUTIONS

INJECTION RÉGLABLE POUR RÉALISER DIFFÉRENTES DISTRIBUTIONS LOCALES DE FLUIDE FRIGORIGÈNE

(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 RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **23.06.2021 DE 102021003245**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

01.05.2024 Patentblatt 2024/18

(73) Patentinhaber: **Linde GmbH
82049 Pullach (DE)**

(72) Erfinder:

- SPREEMANN, Jürgen
82049 Pullach (DE)**

- MATAMOROS, Luis
82049 Pullach (DE)**
- DEICHSEL, Florian
82049 Pullach (DE)**

(74) Vertreter: **Meilinger, Claudia Sabine
Linde GmbH
Intellectual Property EMEA
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
82049 Pullach (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 857 782 **EP-A1- 3 428 563**
WO-A1-2017/167458 **US-A1- 2018 245 844**
US-A1- 2018 245 856 **US-A1- 2019 011 191**
US-A1- 2019 063 843 **US-A1- 2020 318 912**
US-B2- 8 051 901 **US-B2- 9 726 434**

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 gewickelten Wärmeübertrager. Gewickelte Wärmeübertrager gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 sind etwa aus dem Dokument EP 3 428 563 A1 bekannt.

[0002] Derartige gewickelte Wärmetauscher (kurz CWHE für Coil Wound Heat Exchanger) werden oftmals als Herzstück in Erdgasverflüssigungsanlagen eingesetzt. Dabei wird auf der Mantelseite ein Kältemittel aufgegeben, das mittels eines Fallfilmes verdampft. Bei dieser Verdampfung kann es zu einer sogenannten Fehlverteilung über das Rohrbündel des Wärmeübertragers kommen, so dass einige Rohre des Rohrbündels zu viel, andere Rohre zu wenig Kältemittel abbekommen. Dieser Fehlverteilungseffekt kann sich lokal über die Bündelhöhe ändern und hat somit je nach Höhe einen unterschiedlich großen negativen Einfluss.

[0003] Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung daher die Aufgabe zugrunde, einen gewickelten Wärmeübertrager sowie ein Verfahren bereitzustellen, der bzw. das derartigen Performance-Einbußen entgegenwirkt.

[0004] Diese Aufgabe wird durch einen Wärmeübertrager mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 12 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen dieser Aspekte der vorliegenden Erfindung sind in den entsprechenden Unteransprüchen angegeben und werden nachfolgend beschrieben.

[0005] Gemäß Anspruch 1 wird ein Wärmeübertrager zur indirekten Wärmeübertragung zwischen einem Prozessmedium, und zumindest einem ersten Kältemittel offenbart, mit:

- einem Mantel, der einen Mantelraum umgibt und sich entlang einer Längsachse erstreckt,
- einem im Mantelraum angeordneten Rohrbündel, das sich entlang der Längsachse des Mantels von einem unteren Ende zu einem oberen Ende des Rohrbündels hin im Mantelraum erstreckt, wobei das Rohrbündel eine Mehrzahl an ersten Rohren zur Aufnahme des ersten Kältemittels aufweist, die in unterschiedlichen Rohrlagen angeordnet sind, wobei die ersten Rohre helixförmig auf ein Kernrohr des Wärmeübertragers gewickelt sind, das sich entlang der Längsachse des Mantels im Mantelraum erstreckt.

[0006] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die ersten Rohre jeweils ein Ende aufweisen, das durch zumindest eine Düse gebildet ist, über die das erste Kältemittel, z.B. als zweiphasiger Strom (flüssig/gasförmig) in den Mantelraum einleitbar bzw. eindüsbar ist, wobei die Enden entlang der Längsachse des Mantels auf unterschiedlichen Höhen zwischen dem unteren Ende und dem oberen Ende des Rohrbündels angeordnet sind und wobei insbesondere die ersten Rohre zu unterschiedlichen Rohrlagen des Rohrbündels gehören. Vorzugsweise ist jedes erste Rohr in einer anderen Rohrlage des Rohrbündels angeordnet.

[0007] Gemäß einer Ausführungsform des Wärmeübertragers ist vorgesehen, dass der Mantelraum bezogen auf die Längsachse (bei bestimmungsgemäßer Anordnung des Wärmeübertragers, bei der die Längsachse sich entlang der Vertikalen erstreckt) einen unteren Abschnitt sowie einen oberen Abschnitt aufweist.

[0008] Weiterhin ist gemäß einer Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass der Wärmeübertrager eine in den unteren Abschnitt des Mantelraums geführte erste Leitung aufweist, die mit den ersten Rohren jeweils über ein Ventil verbunden ist, so dass ein über die erste Leitung in das jeweilige erste Rohr eingeleiteter Volumenstrom des ersten Kältemittels mittels des jeweiligen Ventils einstellbar ist. Somit kann im Mantelraum auf unterschiedlicher Höhe in Bezug auf die Längsachse bzw. die Vertikale sowie in radialer Richtung des Rohrbündel in verschiedenen Rohrlagen gezielt das besagte erste Kältemittel in den Mantelraum eingedüst werden, um einer Fehlverteilung des ersten Kältemittels im Mantelraum entgegenzuwirken.

[0009] Weiterhin ist gemäß einer Ausführungsform des Wärmeübertragers vorgesehen, dass das Rohrbündel zumindest ein zweites Rohr aufweist, das mit der ersten Leitung verbunden ist, so dass das erste Kältemittel über die erste Leitung in das mindestens eine zweite Rohr des Rohrbündels einleitbar ist und über dieses insbesondere vom unteren Abschnitt in den oberen Abschnitt des Mantelraums führbar ist, wobei das mindestens eine zweite Rohr mit einer aus dem oberen Abschnitt des Mantelraums herausgeführten zweiten Leitung strömungsverbunden ist, so dass das erste Kältemittel über die zweite Leitung aus dem Wärmeübertrager abziehbar ist.

[0010] Weiterhin ist gemäß einer alternativen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Wärmeübertragers vorgesehen, dass der Wärmeübertrager eine aus dem oberen Abschnitt des Mantelraums des Wärmeübertragers herausgeführte erste Leitung aufweist, die mit den ersten Rohren jeweils über ein Ventil verbunden ist, so dass ein über die erste Leitung in das jeweilige erste Rohr des Rohrbündels eingeleiteter Volumenstrom des ersten Kältemittels mittels des jeweiligen Ventils einstellbar ist.

[0011] Weiterhin ist hierbei bevorzugt gemäß einer Ausführungsform vorgesehen, dass das Rohrbündel zumindest ein zweites Rohr aufweist, das mit der ersten Leitung verbunden ist, so dass das erste Kältemittel über das mindestens eine zweite Rohr in die erste Leitung einleitbar ist, wobei die erste Leitung stromab der besagten Ventile mit einer zweiten Leitung verbunden ist. Die Alternative Ausführungsform unterscheidet sich also von der oben dargestellten Ausführungsform insbesondere dadurch, dass das erste Kältemittel vom oberen Abschnitt des Mantelraums her in die ersten Rohre eingespeist wird, wohingegen es in dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel vom unteren Abschnitt des

Mantelraums her in die ersten Rohre des Rohrbündels eingeleitet wird.

[0012] Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Wärmeübertragers ist vorgesehen, dass das Rohrbündel weitere erste Rohre aufweist, die jeweils ein Ende aufweisen, das durch zumindest eine Düse gebildet ist, über die das erste Kältemittel, z.B. als zweiphasiger Strom (flüssig/gasförmig), in den Mantelraum einleitbar bzw. eindüsbar ist, wobei die Enden der weiteren ersten Rohre entlang der Längsachse des Mantels ebenfalls auf unterschiedlichen Höhen zwischen dem unteren Ende und dem oberen Ende des Rohrbündels angeordnet sind (und wobei insbesondere die weiteren ersten Rohre zu unterschiedlichen Rohrlagen gehören), und wobei die weiteren ersten Rohre jeweils über ein Ventil mit der zweiten Leitung verbunden sind, die aus dem oberen Abschnitt des Mantelraums herausgeführt ist (siehe oben), so dass ein über die zweite Leitung in das jeweilige weitere erste Rohr eingeleiteter Volumenstrom des ersten Kältemittels mittels des jeweiligen Ventils einstellbar ist. Das vorliegende Ausführungsbeispiel unterscheidet sich somit von den beiden oben dargelegten alternativen Ausführungsformen dadurch, dass die Einleitung des ersten Kältemittels in die ersten Rohre des Rohrbündels bzw. in die weiteren ersten Rohre des Rohrbündels vom unteren Abschnitt des Mantelraums her als auch vom oberen Abschnitt des Mantelraums her erfolgt.

[0013] Das erste Kältemittel kann gemäß einer Ausführungsform ein Joule-Thomson-Kältemittel sein (kurz JT-Kältemittel), das durch Eindüsen in den Mantelraum zweiphasig wird bzw. abkühlt. Es ist jedoch auch möglich, dass es sich bei dem ersten Kältemittel um ein anderes (nicht JT-) Kältemittel handelt, das von der warmen Seite her eingedüst wird. Für den Fall, dass es sich bei dem ersten Kältemittel um ein JT-Kältemittel handelt, ist gemäß einer Ausführungsform bevorzugt vorgesehen, dass die zweite Leitung über ein Ventil in den oberen Abschnitt des Mantelraumes zurückgeführt ist, so dass das erste Kältemittel in den oberen Abschnitt des Mantelraumes einleitbar und dort in den oberen Abschnitt des Mantelraums eindüsbar ist.

[0014] Weiterhin ist gemäß einer Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass das Rohrbündel zumindest ein drittes Rohr zur Aufnahme eines zweiten Kältemittels aufweist, wobei über das mindestens eine dritte Rohr das zweite Kältemittel von dem unteren Abschnitt des Mantelraums in den oberen Abschnitt des Mantelraums führbar ist. Für den Fall, dass es sich bei dem zweiten Kältemittel nicht um ein JT-Kältemittel handelt, wird dieses dann bevorzugt aus dem oberen Abschnitt des Mantelraumes abgezogen (ebenso wie das Prozessmedium, siehe unten).

[0015] Für den Fall, dass es sich bei dem in den ersten bzw. in den weiteren ersten Rohren geführten ersten Kältemittel nicht um ein JT-Kältemittel handelt, kann zum Beispiel das zweite Kältemittel als JT-Kältemittel ausgebildet sein. In diesem Fall ist vorzugsweise gemäß einer Ausführungsform des Wärmeübertragers vorgesehen, dass das Rohrbündel zumindest ein drittes Rohr zur Aufnahme eines zweiten Kältemittels aufweist, wobei über das mindestens eine dritte Rohr das zweite Kältemittel von dem unteren Abschnitt des Mantelraums in den oberen Abschnitt des Mantelraums führbar ist, und wobei das mindestens eine dritte Rohr mit einer aus dem oberen Abschnitt des Mantelraums herausgeführten weiteren Leitung strömungsverbunden ist, so dass das erste Kältemittel über die weitere Leitung aus dem Wärmeübertrager abziehbar ist, und wobei die weitere Leitung über ein Ventil in den oberen Abschnitt des Mantelraumes zurückgeführt ist, so dass das zweite Kältemittel in den oberen Abschnitt des Mantelraumes einleitbar und dort in den oberen Abschnitt des Mantelraums eindüsbar ist.

[0016] Grundsätzlich ist weiterhin gemäß einer Ausführungsform des Wärmeübertragers vorgesehen, dass das Rohrbündel zumindest ein viertes Rohr zur Aufnahme des zu kühlenden Prozessmediums, insbesondere Erdgas, aufweist, wobei über das mindestens eine vierte Rohr das Prozessmedium von dem unteren Abschnitt des Mantelraums in den oberen Abschnitt des Mantelraums führbar ist. Ebenfalls wie die ersten bzw. weiteren ersten Rohre sind die zweiten Rohre, die dritten Rohre und die vierten Rohre ebenfalls bevorzugt helixförmig um das Kernrohr des Wärmeübertragers gewickelt. Das Kernrohr dient hierbei insbesondere dazu, die Last der Rohre des Rohrbündels abzutragen. Bei der Herstellung des Rohrbündels werden die Rohre auf das horizontal angeordnete Kernrohr aufgewickelt.

[0017] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zur indirekten Wärmeübertragung zwischen einem Prozessmedium, hier vorzugsweise Erdgas, und zumindest einem ersten Kältemittel unter Verwendung eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers, wobei das erste Kältemittel über die Düsen der ersten Rohre (sowie gegebenenfalls über die Düsen der weiteren ersten Rohre) in den Mantelraum eingedüst wird.

[0018] Gemäß einer beugten Ausführungsform des Verfahrens ist vorgesehen, dass eine Verteilung des ersten Kältemittels im Mantelraum durch Stellen der den ersten Rohren zugeordneten Ventile sowohl in vertikaler Richtung (d.h. entlang der Längsachse) als auch in radialer Richtung des Rohrbündels beeinflusst wird.

[0019] Weiterhin ist gemäß einer Ausführungsform des Verfahrens vorgesehen, dass alternative oder zusätzlich eine Verteilung des ersten Kältemittels im Mantelraum durch Stellen der den weiteren ersten Rohren zugeordneten Ventile sowohl in vertikaler Richtung als auch in radialer Richtung des Rohrbündels beeinflusst wird.

[0020] Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens ist vorgesehen, dass ein Eindüsen des ersten Kältemittels über die zweite Leitung in den oberen Abschnitt des Mantelraumes durch Stellen des zweiten Ventils beeinflusst wird.

[0021] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung sollen durch die nachfolgende Figurenbeschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Figuren erläutert werden.

[0022] Es zeigen:

Fig. 1 eine Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers, wobei ein erstes Kältemittel von unten her in den Mantelraum eingeleitet und dort über Enden von ersten Rohren des Rohrbündels auf unterschiedlichen Höhen und in unterschiedlichen radialen Positionen in den Mantelraum eingeleitet wird, wobei weiterhin das erste Kältemittel in einen oberen Abschnitt des Mantelraums eingedüst wird.

5 Fig. 2 eine Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers, wobei ein erstes Kältemittel von unten her in den Mantelraum eingeleitet und dort über Enden von ersten Rohren des Rohrbündels auf unterschiedlichen Höhen und in unterschiedlichen radialen Positionen in den Mantelraum eingeleitet wird, wobei weiterhin ein zweites Kältemittel in einen oberen Abschnitt des Mantelraums eingedüst wird;

10 Fig. 3 eine Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers, wobei ein erstes Kältemittel von oben her in den Mantelraum eingeleitet und dort über Enden von ersten Rohren des Rohrbündels auf unterschiedlichen Höhen und in unterschiedlichen radialen Positionen in den Mantelraum eingeleitet wird, wobei weiterhin das erste Kältemittel in einen oberen Abschnitt des Mantelraums eingedüst wird;

15 Fig. 4 eine Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers, wobei ein erstes Kältemittel sowohl von unten als auch von oben her in den Mantelraum eingeleitet und dort über Enden von ersten Rohren bzw. weiteren ersten Rohren des Rohrbündels auf unterschiedlichen Höhen und in unterschiedlichen radialen Positionen in den Mantelraum eingeleitet wird, wobei weiterhin das erste Kältemittel in einen oberen Abschnitt des Mantelraums eingedüst wird; und

20 Fig. 5 eine teilweise geschnittene Darstellung eines gewickelten Wärmeübertragers mit einem Rohrbündel, das mehrere auf ein Kernrohr gewickelte Rohre aufweist, wobei exemplarisch ein Ende eines ersten Rohres des Rohrbündels dargestellt ist, über das das erste Kältemittel in den Mantelraum eingedüst wird.

25 **[0023]** Figur 1 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen gewickelten Wärmeübertragers 1. Werden derartige Anlagen zur Verflüssigung eines Prozessmediums P, insbesondere Erdgas, eingesetzt, befindet sich das abzukühlende und zu verflüssigende Erdgas im Rohrinnenraum, d.h. in Rohren 33 eines Rohrbündels 3 des Wärmeübertragers 1 im indirekten Wärmeaustausch mit einem ersten Kältemittel M, welches durch einen Mantelraum 6 des Wärmeübertragers 1 strömt. Im Allgemeinen werden derartige Wärmetauscher 1 vertikal ausgerichtet, wobei das abzukühlende und zu verflüssigende Erdgas M von unten nach oben im Rohrinnenraum der Rohre 33 strömt und das erste Kältemittel M möglichst gleichmäßig von oben im Mantelraum 6 verteilt wird. Durch den indirekten Wärmeaustausch nimmt die Temperatur des Erdgases P somit über die Höhe des Wärmetauschers von unten nach oben ab, während im gleichen Maß die Temperatur des ersten Kältemittels M im Mantelraum 6 von oben nach unten zunimmt. Durch Ungleichmäßigkeiten bei der Verteilung des ersten Kältemittels M auf die einzelnen Rohre 33 bzw. bei der Verteilung des ersten Kältemittels M im Mantelraum 6 können sich jedoch unerwünschte lokale Unterschiede im Temperaturverlauf zwischen einzelnen Rohren 33 bzw. entsprechenden Rohrlagen ausbilden.

30 **[0024]** Eine kontinuierliche regelbare Eindüsing auf unterschiedliche Bündelbereiche wird nun z.B. gemäß der in der Fig. 1 gezeigten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers dadurch realisiert, dass einzelne erste Rohre 31 des Rohrbündels 3, die das erste Kältemittel M führen, beim Wickeln im Bündel 3 auf unterschiedlichen Höhen und Lagen abgeschnitten werden, so dass diese ersten Rohre 31 jeweils ein als Düse fungierendes offenes Ende 31a erhalten. Diese ersten Rohre 31 werden anschließend mit zumindest einer ersten Leitung 41 verbunden und mittels Ventilen 51 an den Hauptstrom des ersten Kältemittels M angebunden. Zusätzlich zu der lokalen Mengenaufgabe des ersten Kältemittels M über die Enden 31a kann auch der Joule-Thomson-Effekt lokal direkt bei der Eindüsing genutzt werden.

35 **[0025]** Figur 1 stellt also insbesondere eine Ausführungsform der Erfindung dar, bei der das erste Kältemittel M als Joule Thomson (JT) Kältemittel eingesetzt wird, das vom warmen Ende (von unten her) den ersten Rohren 31 zugeführt wird. Die Enden 31a der ersten Rohre 31, die jeweils vorzugsweise zumindest eine Düse ausbilden, über die das erste Kältemittel M in den Mantelraum 6 einleitbar ist, zeichnen sich insbesondere dadurch aus, dass diese entlang der Längsachse z des Mantels 5 des Wärmeübertragers 1 auf unterschiedlichen Höhen zwischen einem unteren Ende 3c und einem oberen Ende 3d des Rohrbündels 3 angeordnet sind und vorzugsweise auch in radialer Richtung R des Rohrbündels 3 in verschiedenen Rohrlagen des Rohrbündels angeordnet sind. Auf diese Weise kann durch Stellen der einzelnen Ventile 51 gezielt Einfluss auf die Verteilung des ersten Kältemittels M im Mantelraum 6 genommen werden. Das erste Kältemittel kann z.B. ein Gemischkältemittel sein. Das erste Kältemittel kann z.B. einen oder mehrere der folgenden Stoffe aufweisen: N₂, Methan, Ethan, Butan, Propan, Pentene. Weiterhin kann auch ein drittes Kältemittel zusätzlich im Rohrbündel geführt werden (je nach Prozessanwendung).

40 **[0026]** Wie der Fig. 1 zu entnehmen ist, ist die erste Leitung 41 in einen unteren Abschnitt 6a des Mantelraums 6 geführt und vorzugsweise mit jedem ersten Rohr 31 des Rohrbündels 3 über je ein Ventil 51 verbunden, so dass ein aus dem

jeweiligen Ende 31a austretender Volumenstrom des ersten Kältemittels M separat regel- bzw. steuerbar ist. Dieses Prinzip wird bevorzugt auch bei den anderen Ausführungsformen, die weiter unten beschrieben werden angewendet.

[0027] Weiterhin ist bevorzugt vorgesehen (vgl. Fig. 1), dass das Rohrbündel 3 zumindest ein zweites Rohr 32 aufweist, das mit der ersten Leitung 41 verbunden ist, so dass das erste Kältemittel M über die erste Leitung 41 in das mindestens

5 eine zweite Rohr 32 des Rohrbündels 3 einleitbar ist, wobei das mindestens eine zweite Rohr 32 mit einer aus einem oberen Abschnitt 6b des Mantelraums 6 herausgeführten zweiten Leitung 42 strömungsverbunden ist, so dass das erste Kältemittel M über die zweite Leitung 42 aus dem Wärmeübertrager 1 abziehbar ist, wobei die zweite Leitung 42 über ein Ventil 52 in den oberen Abschnitt 6b des Mantelraums 6 zurückgeführt ist, so dass das erste Kältemittel M in den oberen Abschnitt 6b des Mantelraums 6 eindüsbar ist, um das erste Kältemittel M von oben her auf das Rohrbündel 3 10 aufzugeben.

[0028] Weiterhin weist das Rohrbündel 3 gemäß Figur 1 bevorzugt zumindest ein drittes Rohr 33 zur Aufnahme eines zweiten Kältemittels M' auf, wobei über das mindestens eine dritte Rohr 33 das zweite Kältemittel M' von dem unteren Abschnitt 6a des Mantelraum 6 in den oberen Abschnitt 6b des Mantelraums 6 führbar ist und dort aus dem Wärmeübertrager 1 abziehbar ist. Das zweite Kältemittel M' kann dabei insbesondere Wärme indirekt mit dem Prozessmedium 15 bzw. Erdgas P austauschen. Das Prozessmedium bzw. Erdgas P kann über zumindest ein vieres Rohr 34 des Rohrbündels 3 von dem unteren Abschnitt 6a des Mantelraums 6 in den oberen Abschnitt 6b des Mantelraums 6 geführt werden, von wo aus es aus dem Wärmeübertrager 1 abziehbar ist. Vorzugsweise weist der Wärmeübertrager 1 in den hierin beschriebenen Ausführungsformen mehrerer erste, weitere erste, zweite, dritte und vierte Rohre 31, 31', 32, 33, 34 20 auf. Die Rohre 31, 31', 32, 33, 34 des Rohrbündels 3 sind jeweils vorzugsweise helixförmig auf ein Kernrohr 300 des Wärmeübertragers 300 aufgewickelt, das exemplarisch in der Fig. 5 dargestellt ist. Diese Anordnung der Rohre 31, 31', 32, 33, 34 gilt vorzugsweise für alle hierin beschriebenen Ausführungsformen des Wärmeübertragers 1.

[0029] Weiterhin zeigt die Fig. 2 eine Ausführungsform der Erfindung bei der das erste Kältemittel M nicht der JT-Strom des Wärmeübertragers ist. Das erste Kältemittel M kann hierbei ein Kältemittel sein, das erst im Liquifier oder Subcooler der Anlage zur Kühlung genutzt wird. Bei der Figur 2 erfolgt also eine Einleitung des ersten Kältemittels M, bei dem es sich 25 im Unterschied zur Fig. 1 nicht im ein JT-Kältemittel handelt, von der warmen Seite des Wärmeübertragers 1 her. Hierbei wird analog zur Fig. 1 das erste Kältemittel M über eine erste Leitung 41 in den unteren Abschnitt 6a des Mantelraums 6 geführt und vorzugsweise mit jedem ersten Rohr 31 des Rohrbündels 3 über je ein Ventil 51 verbunden, so dass ein aus dem jeweiligen Ende 31a austretender Volumenstrom des ersten Kältemittels M wiederum separat regel- bzw. steuerbar ist. Das Rohrbündel 3 weist gemäß Figur 2 weiterhin zumindest ein zweites Rohr 32 auf, das mit der ersten Leitung 41 30 verbunden ist, so dass das erste Kältemittel M über die erste Leitung 41 in das mindestens eine zweite Rohr 32 des Rohrbündels 3 einleitbar ist, wobei das mindestens eine zweite Rohr 32 mit einer aus dem oberen Abschnitt 6b des Mantelraums 6 herausgeführten zweiten Leitung 42 strömungsverbunden ist, so dass das erste Kältemittel M über die zweite Leitung 42 aus dem Wärmeübertrager 1 abziehbar ist.

[0030] Weiterhin weist das Rohrbündel 3 gemäß Figur 2 bevorzugt zumindest ein drittes Rohr 33 zur Aufnahme eines zweiten Kältemittels M' auf, wobei über das mindestens eine dritte Rohr 33 das zweite Kältemittel M' von dem unteren Abschnitt 6a des Mantelraum 6 in den oberen Abschnitt 6b des Mantelraums 6 führbar ist und dort aus dem Wärmeübertrager 1 abziehbar ist. Das zweite Kältemittel M' kann insbesondere Wärme indirekt mit dem Prozessmedium bzw. Erdgas P austauschen. Das Prozessmedium bzw. Erdgas P kann über zumindest ein vieres Rohr 34 des Rohrbündels 3 von dem unteren Abschnitt 6a des Mantelraums 6 in den oberen Abschnitt 6b des Mantelraums 6 geführt werden, von wo 40 aus es aus dem Wärmeübertrager 1 abziehbar ist.

[0031] Wie weiterhin aus der Fig. 2 ersichtlich ist, ist das mindestens eine dritte Rohr 33 für das zweite Kältemittel M' mit einer aus dem oberen Abschnitt 6b des Mantelraums 6 herausgeführten weiteren Leitung 43 strömungsverbunden, so dass das zweite Kältemittel M' über die weitere Leitung 43 aus dem Wärmeübertrager 1 abziehbar ist, wobei die weitere Leitung 43 über ein Ventil 53 in den oberen Abschnitt 6b des Mantelraums 6 zurückgeführt ist, so dass das zweite Kältemittel M' in den oberen Abschnitt 6b des Mantelraums 6 eindüsbar ist.

[0032] Die Figur 3 zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung, wobei hier im Unterschied zu den Ausführungsformen gemäß den Figuren 1 und 2 die Zuführung des ersten Kältemittels M in den relevanten Bündelbereich zwischen dem oberen Ende 3d und dem unteren Ende 3c von oben her erfolgt, d.h., von der kalten Seite des Wärmeübertragers 1 her, wobei Fig. 3 insbesondere die Situation zeigt, bei der es sich bei dem ersten Kältemittel M um das kalte Hochdruckkältemittel (aus der Rohrseite) handelt. Alternativ (nicht in der Fig. 3 gezeigt) kann zum anderen auch über die Niederdruckseite (Mantelseite) eine Verteilung des Kältemittels erfolgen.

[0033] Gemäß Fig. 3 ist insbesondere vorgesehen, dass das Rohrbündel 3 des Wärmeübertrager 1 zumindest eine zweites Rohr 32 aufweist, das vom unteren Ende des Wärmeübertragers 1 her mit dem ersten Kältemittel M gespeist wird, wobei das mindestens eine zweite Rohr 32 im Mantelraum 6 in den oberen Abschnitt 6a geführt ist und dort mit einer aus dem oberen Abschnitt 6a des Mantelraums 6 herausgeführten ersten Leitung 41 verbunden ist, die wiederum mit den ersten Rohren 31 jeweils über ein Ventil 51 verbunden ist, so dass ein über die erste Leitung 41 in das jeweilige erste Rohr 31 eingeleiteter Volumenstrom des ersten Kältemittels M mittels des jeweiligen Ventils 51 einstellbar ist und in dem jeweiligen ersten Rohr 31 von oben nach unten zum jeweiligen Ende 31a bzw. Düse 31a führbar und dort in den Mantelraum M 55

einleitbar ist. Die erste Leitung 41 ist stromab der Ventile 52 weiterhin mit einer zweiten Leitung 42 verbunden bzw. geht in diese über, wobei diese zweite Leitung 42 gemäß Fig. 3 über ein Ventil 52 in den oberen Abschnitt 6b des Mantelraumes 6 zurückgeführt ist, so dass das erste Kältemittel M weiterhin in den oberen Abschnitt 6b des Mantelraumes 6 eindüsbar ist und dabei von oben her auf das Rohrbündel 3 gegeben werden kann. Wie zuvor bereits beschrieben, weist dass das

5 Rohrbündel 3 weiterhin zumindest ein drittes Rohr 33 zur Aufnahme eines zweiten Kältemittels M' auf, wobei über das mindestens eine dritte Rohr 33 das zweite Kältemittel M' von dem unteren Abschnitt 6a des Mantelraum 6 in den oberen Abschnitt 6b des Mantelraums 6 führbar ist. Dabei kann das zweite Kältemittel M' indirekt Wärme mit dem Prozessmedium P bzw. Erdgas P austauschen, welches in zumindest einem vierten Rohr 34 des Rohrbündels von dem unteren Abschnitt 6a des Mantelraums 6 in den oberen Abschnitt 6b des Mantelraums 6 führbar ist und dort aus dem Wärmeübertrager 1 abziehbar ist. In den Ausführungsformen gemäß Figuren 1 bis 4 ist jeweils vorzugsweise vorgesehen, dass das Prozessmedium bzw. Erdgas P jeweils im Gleichstrom von unten nach oben im Mantelraum 6 des Wärmeübertrages in dem jeweiligen Rohr 33, 34 des Rohrbündels 3 geführt werden.

10 [0034] Fig. 4 zeigt schließlich eine Weiterbildung der in der Figur 1 gezeigten Ausführungsform, bei der zusätzlich zu den ersten Rohren 31 des Rohrbündels 3 weitere erste Rohre 31' des Rohrbündels 3 vorgesehen sind, die ebenfalls 15 jeweils ein Ende 31'a aufweisen, das durch zumindest eine Düse gebildet ist, über die das erste Kältemittel M in den Mantelraum 6 einleitbar ist, wobei die Enden 31'a der weiteren ersten Rohre 31' entlang der Längsachse z des Mantels 5 ebenfalls auf unterschiedlichen Höhen zwischen dem unteren Ende 3c und dem oberen Ende 3d des Rohrbündels 3 angeordnet sind sowie vorzugsweise auch in unterschiedlichen Rohrlagen lokalisiert sind. Hierbei sind die weiteren 20 ersten Rohre 31' ebenfalls jeweils über ein Ventil 54 mit der zweiten Leitung 42 verbunden, so dass ein über die zweite Leitung 42 in das jeweilige weitere erste Rohr 31' eingeleiteter Volumenstrom des ersten Kältemittels M mittels des 25 jeweiligen Ventils 54 einstellbar ist. In den weiteren ersten Rohren 31' wird das erste Kältemittel M von oben nach unten im Mantelraum 6 geführt. Stromab der Ventile 54 kann das erste Kältemittel M, wie in der Fig. 1 gezeigt, über die zweite Leitung 42 und das Ventil 52 in den oberen Abschnitt 6b des Mantelraums 6 zurückgeführt werden. Das zweite Kältemittel M sowie das Prozessmedium bzw. Erdgas P kann in den dritten und vierten Rohren 33, 34 des Rohrbündels 3 gemäß Figur 1 geführt werden.

30 [0035] Die Erfindung kann z.B. bei einem gewickelten Wärmeübertrager 1 nach Art der Fig. 5 angewendet werden. Wie in der Fig. 5 exemplarisch gezeigt ist, weist der Wärmeübertrager 1 einen entlang der (im Betrieb vertikalen) Längsachse z erstreckten Mantel 5 auf, der einen Mantelraum 6 des Wärmeübertrager 1 umgibt, der zur Aufnahme des ersten Kältemittels M dient, wobei das Rohrbündel 3 im Mantelraum 6 angeordnet ist. Das Rohrbündel 3 weist mehrere Rohre 31, 32, 33, 34 auf, die in Rohrlagen angeordnet sind, die in radialer Richtung R ausgehend von einer innerste Rohrlage 3a übereinander angeordnet sind und mit einer äußersten Rohrlage 3b enden. Die Rohre 31, 32, 33, 34 sind dabei um ein entlang der Längsachse z erstrecktes und im Mantelraum 6 angeordnetes Kernrohr 300 gewickelt, wobei in der Figur 5 exemplarisch die Ausführungsform gemäß Fig. 3 dargestellt ist, bei der die ersten Rohre 31 das erste Kältemittel M von oben her führen und in den Mantelraum eindüszen. Die entsprechenden Ventile und Leitungen des Wärmeübertragers 1 außerhalb des Mantels 5 sind in der Fig. 5 nicht dargestellt.

35 [0036] Wie in der Figur 5 weiterhin angedeutet ist, sind die Rohre 31, 32, 33, 34 unter Zwischenlage von Stegen 10 auf eine Außenseite des Kernrohres 300 gewickelt. Das Kernrohr 300 trägt dabei die Last des Rohrbündels 3 nach unten hin ab.

40 [0037] Ferner können am Mantel 5 mit dem Mantelraum 6 in Strömungsverbindung stehende Stutzen vorgesehen sein, die zum Einleiten bzw. Abziehen des ersten Mediums M dienen. Das erste Medium M kann dabei von oben nach unten oder von unten nach oben im Mantelraum 6 geführt werden.

45 [0038] Um im Mantelraum 6 eine Bypassströmung des ersten Mediums M am Rohrbündel 3 vorbei zu verhindern, kann das Rohrbündel 3 von einem Hemd 7 umgeben sein.

Bezugszeichenliste

1	Wärmeübertrager
3	Rohrbündel
5	Mantel
6	Mantelraum
3a	Innerste Rohrlage
6	Mantelraum
7	Hemd
10	Steg
11	Spalt

(fortgesetzt)

5	31	Erstes Rohr
10	31'	Weiteres erstes Rohr
15	31a	Ende bzw. Düse
20	32	Zweites Rohr
25	33	Drittes Rohr
30	34	Viertes Rohr
35	41	Erste Leitung
40	42	Zweite Leitung
45	51, 52, 53, 54	Ventil
50	300	Kernrohr
55	M	erstes Kältemittel
60	M'	zweites Kältemittel
65	R	Radiale Richtung
70	Z	Axiale Richtung bzw. Längsachse
75	P	Prozessmedium, insbesondere Erdgas

25 Patentansprüche

1. Wärmeübertrager (1) zur indirekten Wärmeübertragung zwischen einem Prozessmedium (P), und zumindest einem ersten Kältemittel (M), mit:
 - einem Mantel (5), der einen Mantelraum (6) umgibt und sich entlang einer Längsachse (z) erstreckt,
 - einem im Mantelraum (6) angeordneten Rohrbündel (3) dass sich entlang der Längsachse (z) des Mantels (5) von einem unteren Ende (3c) zu einem oberen Ende (3d) des Rohrbündels (3) im Mantelraum (6) erstreckt, wobei das Rohrbündel (3) eine Mehrzahl an ersten Rohren (31) zur Aufnahme des ersten Kältemittels (M) aufweist, die in unterschiedlichen Rohrlagen angeordnet sind, wobei die ersten Rohre (31) helixförmig auf ein Kernrohr (300) des Wärmeübertragers (1) gewickelt sind, das sich entlang der Längsachse (z) des Mantels (5) im Mantelraum (6) erstreckt,
dadurch gekennzeichnet,
dass die ersten Rohre (31) jeweils ein Ende (31a) aufweisen, das durch zumindest eine Düse gebildet ist, über die das erste Kältemittel (M) in den Mantelraum (6) einleitbar ist, wobei die Enden (31a) entlang der Längsachse (z) des Mantels (5) auf unterschiedlichen Höhen zwischen dem unteren Ende (3c) und dem oberen Ende (3d) des Rohrbündels (3) angeordnet sind.
2. Wärmeübertrager nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Mantelraum (6) bezogen auf die Längsachse (z) einen unteren Abschnitt (6a) sowie einen oberen Abschnitt (6b) aufweist.
3. Wärmeübertrager nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmeübertrager (1) eine in den unteren Abschnitt (6a) des Mantelraums (6) geführte erste Leitung (41) aufweist, die mit den ersten Rohren (31) jeweils über ein Ventil (51) verbunden ist, so dass ein über die erste Leitung (41) in das jeweilige erste Rohr (31) eingeleiteter Volumenstrom des ersten Kältemittels (M) mittels des jeweiligen Ventils (51) einstellbar ist.
4. Wärmeübertrager nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohrbündel (3) zumindest ein zweites Rohr (32) aufweist, das mit der ersten Leitung (41) verbunden ist, so dass das erste Kältemittel (M) über die erste Leitung (41) in das mindestens eine zweite Rohr (32) des Rohrbündels (3) einleitbar ist, und wobei das mindestens eine zweite Rohr (32) mit einer aus dem oberen Abschnitt (6b) des Mantelraums (6) herausgeführten zweiten Leitung (42) strömungsverbunden ist, so dass das erste Kältemittel (M) über die zweite Leitung (42) aus dem Wärmeübertrager (1) abziehbar ist.

5. Wärmeübertrager nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmeübertrager (1) eine aus dem oberen Abschnitt (6a) des Mantelraums (6) herausgeführte erste Leitung (41) aufweist, die mit den ersten Rohren (31) jeweils über ein Ventil (51) verbunden ist, so dass ein über die erste Leitung (41) in das jeweilige erste Rohr (31) eingeleiteter Volumenstrom des ersten Kältemittels (M) mittels des jeweiligen Ventils (51) einstellbar ist.
10. Wärmeübertrager nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohrbündel (3) zumindest ein zweites Rohr (32) aufweist, das mit der ersten Leitung verbunden (41) ist, so dass das erste Kältemittel (M) über das mindestens eine zweite Rohr (32) in die erste Leitung (41) einleitbar ist, wobei die erste Leitung (41) mit einer zweiten Leitung (42) verbunden ist.
15. Wärmeübertrager nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohrbündel (3) weitere erste Rohre (31') aufweist, die jeweils ein Ende (31'a) aufweisen, das durch zumindest eine Düse gebildet ist, über die das erste Kältemittel (M) in den Mantelraum (6) einleitbar ist, wobei die Enden (31'a) der weiteren ersten Rohre (31') entlang der Längsachse (z) des Mantels (5) auf unterschiedlichen Höhen zwischen dem unteren Ende (3c) und dem oberen Ende (3d) des Rohrbündels (3) angeordnet sind, und wobei die weiteren ersten Rohre (31') jeweils über ein Ventil (54) mit der zweiten Leitung (42) verbunden sind, so dass ein über die zweite Leitung (42) in das jeweilige weitere erste Rohr (31') eingeleiteter Volumenstrom des ersten Kältemittels (M) mittels des jeweiligen Ventils (54) einstellbar ist.
20. Wärmeübertrager nach einem der Ansprüche 4, 6, 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Leitung (42) über ein Ventil (52) in den oberen Abschnitt (6b) des Mantelraumes (6) zurückgeführt ist, so dass das erste Kältemittel (M) in den oberen Abschnitt (6b) des Mantelraumes (6) eindüsbar ist.
25. Wärmeübertrager nach Anspruch 2 oder einem der Ansprüche 3 bis 8 soweit rückbezogen auf Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohrbündel (3) zumindest ein drittes Rohr (33) zur Aufnahme eines zweiten Kältemittels (M') aufweist, wobei über das mindestens eine dritte Rohr (33) das zweite Kältemittel (M') von dem unteren Abschnitt (6a) des Mantelraum (6) in den oberen Abschnitt (6b) des Mantelraums (6) führbar ist.
30. Wärmeübertrager nach einem der Ansprüche 3, 5, 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohrbündel (3) zumindest ein drittes Rohr (33) zur Aufnahme eines zweiten Kältemittels (M') aufweist, wobei über das mindestens eine dritte Rohr (33) das zweite Kältemittel (M') von dem unteren Abschnitt (6a) des Mantelraum (6) in den oberen Abschnitt (6b) des Mantelraums (6) führbar ist, und wobei das mindestens eine dritte Rohr (33) mit einer aus dem oberen Abschnitt (6b) des Mantelraums (6) herausgeführten weiteren Leitung (43) strömungsverbunden ist, so dass das zweite Kältemittel (M') über die weitere Leitung (43) aus dem Wärmeübertrager (1) abziehbar ist, und wobei die weitere Leitung (43) über ein Ventil (53) in den oberen Abschnitt (6b) des Mantelraumes (6) zurückgeführt ist, so dass das zweite Kältemittel (M') in den oberen Abschnitt (6b) des Mantelraumes (6) eindüsbar ist.
35. Wärmeübertrager nach Anspruch 2 oder einem der Ansprüche 3 bis 10 soweit rückbezogen auf Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohrbündel (3) zumindest ein vierter Rohr (34) zur Aufnahme des zu kühlenden Prozessmediums (P), insbesondere Erdgas, aufweist, wobei über das mindestens eine vierte Rohr (34) das Prozessmedium (P) von dem unteren Abschnitt (6a) des Mantelraums (6) in den oberen Abschnitt (6b) des Mantelraums (6) führbar ist.
40. Verfahren zur indirekten Wärmeübertragung zwischen einem Prozessmedium (P) und zumindest einem ersten Kältemittel (M) unter Verwendung eines Wärmeübertragers (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das erste Kältemittel (M) über die Düsen (31a) der ersten Rohre (31) in den Mantelraum (6) eingedüst wird.
45. Verfahren nach Anspruch 12, wobei eine Verteilung des ersten Kältemittels (M) im Mantelraum (6) durch Stellen der den ersten Rohren (31) zugeordneten Ventile (51) sowohl in vertikaler Richtung (z) als auch in radialer Richtung (R) des Rohrbündels (3) beeinflusst wird.
50. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, wobei eine Verteilung des ersten Kältemittels (M) im Mantelraum (6) durch Stellen der den weiteren ersten Rohren (31') zugeordneten Ventile (54) sowohl in vertikaler Richtung (z) als auch in radialer Richtung (R) des Rohrbündels (3) beeinflusst wird.
55. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei ein Eindüsen des ersten Kältemittels (M) über die zweite Leitung (42) in den oberen Abschnitt (6b) des Mantelraumes (6) durch Stellen des zweiten Ventils (52) beeinflusst wird.

Claims

1. Heat exchanger (1) for indirect heat transfer between a process medium (P) and at least a first refrigerant (M), the heat exchanger comprising:
 - 5 - a shell (5) which surrounds a shell space (6) and extends along a longitudinal axis (z),
 - a pipe bundle (3) which is arranged in the shell space (6) and extends along the longitudinal axis (z) of the shell (5) from a lower end (3c) to an upper end (3d) of the pipe bundle (3) in the shell space (6), wherein the pipe bundle (3) has a plurality of first pipes (31) for receiving the first refrigerant (M), which first pipes are arranged in different pipe layers, wherein the first pipes (31) are wound helically onto a core pipe (300) of the heat exchanger (1), which core pipe extends along the longitudinal axis (z) of the shell (5) in the shell space (6),

characterized in that

the first pipes (31) each have an end (31a) which is formed by at least one nozzle via which the first refrigerant (M) can be introduced into the shell space (6), wherein the ends (31a) are arranged along the longitudinal axis (z) of the shell (5) at different heights between the lower end (3c) and the upper end (3d) of the pipe bundle (3).
2. Heat exchanger according to claim 1, **characterized in that** the shell space (6) has a lower portion (6a) and an upper portion (6b) relative to the longitudinal axis (z).
- 20 3. Heat exchanger according to claim 2, **characterized in that** the heat exchanger (1) has a first line (41) which is guided into the lower portion (6a) of the shell space (6) and is connected to the first pipes (31) via a valve (51) in each case, so that a volume flow of the first refrigerant (M) introduced into the relevant first pipe (31) via the first line (41) can be set by means of the relevant valve (51).
- 25 4. Heat exchanger according to claim 3, **characterized in that** the pipe bundle (3) has at least one second pipe (32) which is connected to the first line (41), so that the first refrigerant (M) can be introduced into the at least one second pipe (32) of the pipe bundle (3) via the first line (41), and wherein the at least one second pipe (32) is fluidly connected to a second line (42) leading out of the upper portion (6b) of the shell space (6), so that the first refrigerant (M) can be withdrawn from the heat exchanger (1) via the second line (42).
- 30 5. Heat exchanger according to claim 2, **characterized in that** the heat exchanger (1) has a first line (41) which is lead out of the upper portion (6a) of the shell space (6) and is connected to the first pipes (31) via a valve (51) in each case, so that a volume flow of the first refrigerant (M) introduced into the relevant first pipe (31) via the first line (41) can be set by means of the relevant valve (51).
- 35 6. Heat exchanger according to claim 5, **characterized in that** the pipe bundle (3) has at least one second pipe (32) which is connected to the first line (41), so that the first refrigerant (M) can be introduced into the first line (41) via the at least one second pipe (32), wherein the first line (41) is connected to a second line (42).
- 40 7. Heat exchanger according to claim 4, **characterized in that** the pipe bundle (3) has further first pipes (31'), each having an end (31a) which is formed by at least one nozzle via which the first refrigerant (M) can be introduced into the shell space (6), wherein the ends (31'a) of the further first pipes (31') are arranged along the longitudinal axis (z) of the shell (5) at different heights between the lower end (3c) and the upper end (3d) of the pipe bundle (3), and wherein the further first pipes (31') are connected to the second line (42) via a valve (54) in each case, so that a volume flow of the first refrigerant (M) introduced into the relevant further first pipe (31') via the second line (42) can be set by means of the relevant valve (54).
- 45 8. Heat exchanger according to any of claims 4, 6, 7, **characterized in that** the second line (42) is led back into the upper portion (6b) of the shell space (6) via a valve (52), so that the first refrigerant (M) can be injected into the upper portion (6b) of the shell space (6).
- 50 9. Heat exchanger according to claim 2 or any of claims 3 to 8 when dependent on claim 2, **characterized in that** the pipe bundle (3) has at least one third pipe (33) for receiving a second refrigerant (M'), wherein the second refrigerant (M') can be guided from the lower portion (6a) of the shell space (6) into the upper portion (6b) of the shell space (6) via the at least one third pipe (33).
- 55 10. Heat exchanger according to any of claims 3, 5, 7, **characterized in that** the pipe bundle (3) has at least one third pipe (33) for receiving a second refrigerant (M'), wherein the second refrigerant (M') can be guided from the lower portion

(6a) of the shell space (6) into the upper portion (6b) of the shell space (6) via the at least one third pipe (33), and wherein the at least one third pipe (33) is fluidly connected to a further line (43) leading out of the upper portion (6b) of the shell space (6), so that the second refrigerant (M') can be withdrawn from the heat exchanger (1) via the further line (43), and wherein the further line (43) is led back into the upper portion (6b) of the shell space (6) via a valve (53), so that the second refrigerant (M') can be injected into the upper portion (6b) of the shell space (6).

- 5 11. Heat exchanger according to claim 2 or any of claims 3 to 10 when dependent on claim 2, **characterized in that** the pipe bundle (3) has at least one fourth pipe (34) for receiving the process medium (P) to be cooled, in particular natural gas, wherein the process medium (P) can be guided from the lower portion (6a) of the shell space (6) into the upper portion (6b) of the shell space (6) via the at least one fourth pipe (34).
- 10 12. Method for indirect heat transfer between a process medium (P) and at least one first refrigerant (M) using a heat exchanger (1) according to any of the preceding claims, wherein the first refrigerant (M) is injected into the shell space (6) via the nozzles (31a) of the first pipes (31).
- 15 13. Method according to claim 12, wherein a distribution of the first refrigerant (M) in the shell space (6) is influenced by positioning the valves (51) assigned to the first pipes (31) both in the vertical direction (z) and in the radial direction (R) of the pipe bundle (3).
- 20 14. Method according to either claim 12 or claim 13, wherein a distribution of the first refrigerant (M) in the shell space (6) is influenced by positioning the valves (54) assigned to the further first pipes (31') both in the vertical direction (z) and in the radial direction (R) of the pipe bundle (3).
- 25 15. Method according to any of claims 12 to 14, wherein an injection of the first refrigerant (M) into the upper portion (6b) of the shell space (6) via the second line (42) is influenced by positioning the second valve (52).

Revendications

- 30 1. Échangeur de chaleur (1) pour le transfert de chaleur indirect entre un milieu de processus (P) et au moins un premier réfrigérant (M), comportant :
- 35 - une enveloppe (5) qui entoure un espace d'enveloppe (6) et qui s'étend le long d'un axe longitudinal (z),
- un faisceau de tubes (3) disposé dans l'espace d'enveloppe (6), lequel faisceau de tubes s'étend le long de l'axe longitudinal (z) de l'enveloppe (5), depuis une extrémité inférieure (3c) jusqu'à une extrémité supérieure (3d) du faisceau de tubes (3) dans l'espace d'enveloppe (6), dans lequel le faisceau de tubes (3) présente une pluralité de premiers tubes (31) pour la réception du premier réfrigérant (M), lesquels sont disposés dans différentes couches de tubes, dans lequel les premiers tubes (31) sont enroulés en hélice sur un tube central (300) de l'échangeur de chaleur (1), lequel tube central s'étend le long de l'axe longitudinal (z) de l'enveloppe (5) dans l'espace d'enveloppe (6),
40 **caractérisé en ce que**
45 **que** les premiers tubes (31) présentent respectivement une extrémité (31a) qui est formée par au moins une buse par l'intermédiaire de laquelle le premier réfrigérant (M) peut être introduit dans l'espace d'enveloppe (6), dans lequel les extrémités (31a) sont disposées le long de l'axe longitudinal (z) de l'enveloppe (5) à différentes hauteurs entre l'extrémité inférieure (3c) et l'extrémité supérieure (3d) du faisceau de tubes (3).
- 50 2. Échangeur de chaleur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'espace d'enveloppe (6) présente, par rapport à l'axe longitudinal (z), une section inférieure (6a) ainsi qu'une section supérieure (6b).
- 55 3. Échangeur de chaleur selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'échangeur de chaleur (1) présente une première conduite (41) guidée dans la section inférieure (6a) de l'espace d'enveloppe (6), laquelle première conduite est reliée aux premiers tubes (31) respectivement par l'intermédiaire d'une soupape (51), de sorte qu'un débit volumétrique du premier réfrigérant (M) introduit par l'intermédiaire de la première conduite (41) dans le premier tube (31) respectif est réglable au moyen de la soupape (51) respective.
- 60 4. Échangeur de chaleur selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le faisceau de tubes (3) présente au moins un deuxième tube (32) qui est relié à la première conduite (41), de sorte que le premier réfrigérant (M) peut être introduit dans l'au moins un deuxième tube (32) du faisceau de tubes (3) par l'intermédiaire de la première conduite (41), et

dans lequel l'au moins un deuxième tube (32) est en liaison par écoulement avec une seconde conduite (42) sortant de la section supérieure (6b) de l'espace d'enveloppe (6), de sorte que le premier réfrigérant (M) peut être extrait de l'échangeur de chaleur (1) par l'intermédiaire de la seconde conduite (42).

5. Échangeur de chaleur selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'échangeur de chaleur (1) présente une première conduite (41) sortant de la section supérieure (6a) de l'espace d'enveloppe (6), laquelle première conduite est reliée aux premiers tubes (31) respectivement par l'intermédiaire d'une soupape (51), de sorte qu'un débit volumétrique du premier réfrigérant (M) introduit par l'intermédiaire de la première conduite (41) dans le premier tube (31) respectif est réglable au moyen de la soupape (51) respective.
10. 6. Échangeur de chaleur selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le faisceau de tubes (3) présente au moins un deuxième tube (32) qui est relié à la première conduite (41), de sorte que le premier réfrigérant (M) peut être introduit dans la première conduite (41) par l'intermédiaire de l'au moins un deuxième tube (32), dans lequel la première conduite (41) est reliée à une seconde conduite (42).
15. 7. Échangeur de chaleur selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le faisceau de tubes (3) présente d'autres premiers tubes (31') qui présentent respectivement une extrémité (31'a) qui est formée par au moins une buse par l'intermédiaire de laquelle le premier réfrigérant (M) peut être introduit dans l'espace d'enveloppe (6), dans lequel les extrémités (31'a) des autres premiers tubes (31') sont disposées le long de l'axe longitudinal (z) de l'enveloppe (5) à différentes hauteurs entre l'extrémité inférieure (3c) et l'extrémité supérieure (3d) du faisceau de tubes (3), et dans lequel les autres premiers tubes (31') sont respectivement reliés à la seconde conduite (42) par l'intermédiaire d'une soupape (54), de sorte qu'un débit volumétrique du premier réfrigérant (M) introduit par l'intermédiaire de la seconde conduite (42) dans l'autre premier tube (31') respectif est réglable au moyen de la soupape (54) respective.
20. 8. Échangeur de chaleur selon l'une des revendications 4, 6, 7, **caractérisé en ce que** la seconde conduite (42) est ramenée dans la section supérieure (6b) de l'espace d'enveloppe (6) par l'intermédiaire d'une soupape (52), de sorte que le premier réfrigérant (M) peut être injecté dans la section supérieure (6b) de l'espace d'enveloppe (6).
25. 9. Échangeur de chaleur selon la revendication 2 ou selon l'une des revendications 3 à 8 en référence à la revendication 2, **caractérisé en ce que** le faisceau de tubes (3) présente au moins un troisième tube (33) pour la réception d'un second réfrigérant (M'), dans lequel le second réfrigérant (M') peut être guidé depuis la section inférieure (6a) de l'espace d'enveloppe (6) jusque dans la section supérieure (6b) de l'espace d'enveloppe (6) par l'intermédiaire de l'au moins un troisième tube (33).
30. 10. Échangeur de chaleur selon l'une des revendications 3, 5, 7, **caractérisé en ce que** le faisceau de tubes (3) présente au moins un troisième tube (33) pour la réception d'un second réfrigérant (M'), dans lequel le second réfrigérant (M') peut être guidé depuis la section inférieure (6a) de l'espace d'enveloppe (6) jusque dans la section supérieure (6b) de l'espace d'enveloppe (6) par l'intermédiaire de l'au moins un troisième tube (33), et dans lequel l'au moins un troisième tube (33) est en liaison par écoulement avec une autre conduite (43) sortant de la section supérieure (6b) de l'espace d'enveloppe (6), de sorte que le second réfrigérant (M') peut être extrait de l'échangeur de chaleur (1) par l'intermédiaire de l'autre conduite (43), et dans lequel l'autre conduite (43) est ramenée dans la section supérieure (6b) de l'espace d'enveloppe (6) par l'intermédiaire d'une soupape (53), de sorte que le second réfrigérant (M') peut être injecté dans la section supérieure (6b) de l'espace d'enveloppe (6).
35. 11. Échangeur de chaleur selon la revendication 2 ou selon l'une des revendications 3 à 10 en référence à la revendication 2, **caractérisé en ce que** le faisceau de tubes (3) présente au moins un quatrième tube (34) pour la réception du milieu de processus (P) à refroidir, en particulier du gaz naturel, dans lequel le milieu de processus (P) peut être guidé depuis la section inférieure (6a) de l'espace d'enveloppe (6) jusque dans la section supérieure (6b) de l'espace d'enveloppe (6) par l'intermédiaire de l'au moins un quatrième tube (34).
40. 12. Procédé pour le transfert de chaleur indirect entre un milieu de processus (P) et au moins un premier réfrigérant (M) à l'aide d'un échangeur de chaleur (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le premier réfrigérant (M) est injecté dans l'espace d'enveloppe (6) par l'intermédiaire des buses (31a) des premiers tubes (31).
45. 13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel une répartition du premier réfrigérant (M) dans l'espace d'enveloppe (6) est influencée par un positionnement des soupapes (51) associées aux premiers tubes (31), aussi bien dans la direction verticale (z) que dans la direction radiale (R) du faisceau de tubes (3).

EP 4 359 718 B1

14. Procédé selon la revendication 12 ou 13, dans lequel une répartition du premier réfrigérant (M) dans l'espace d'enveloppe (6) est influencée par un positionnement des soupapes (54) associées aux autres premiers tubes (31), aussi bien dans la direction verticale (z) que dans la direction radiale (R) du faisceau de tubes (3).
- 5 15. Procédé selon l'une des revendications 12 à 14, dans lequel une injection du premier réfrigérant (M) dans la section supérieure (6b) de l'espace enveloppe (6) par l'intermédiaire de la seconde conduite (42) est influencée par un positionnement de la seconde soupape (52).

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

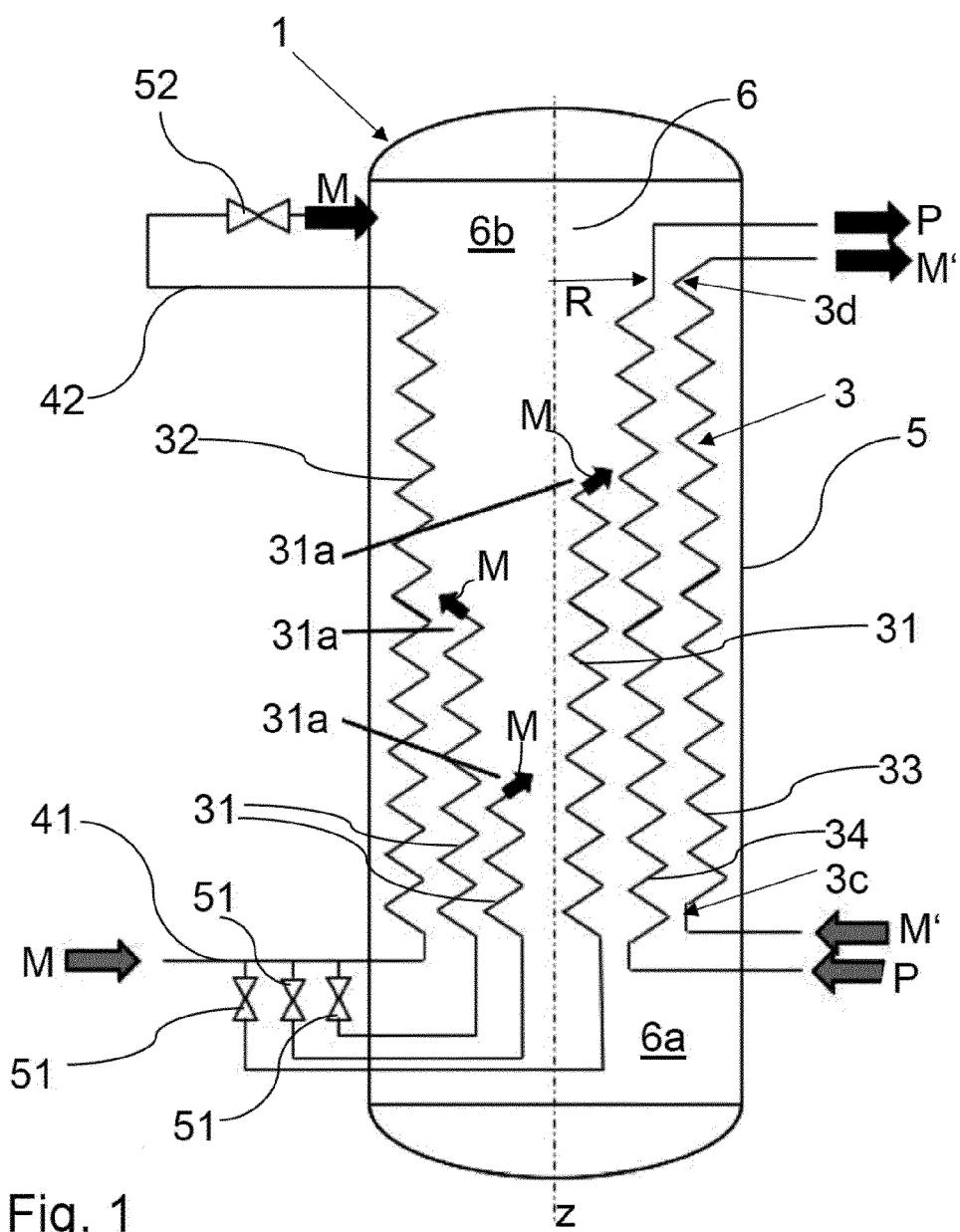


Fig. 1

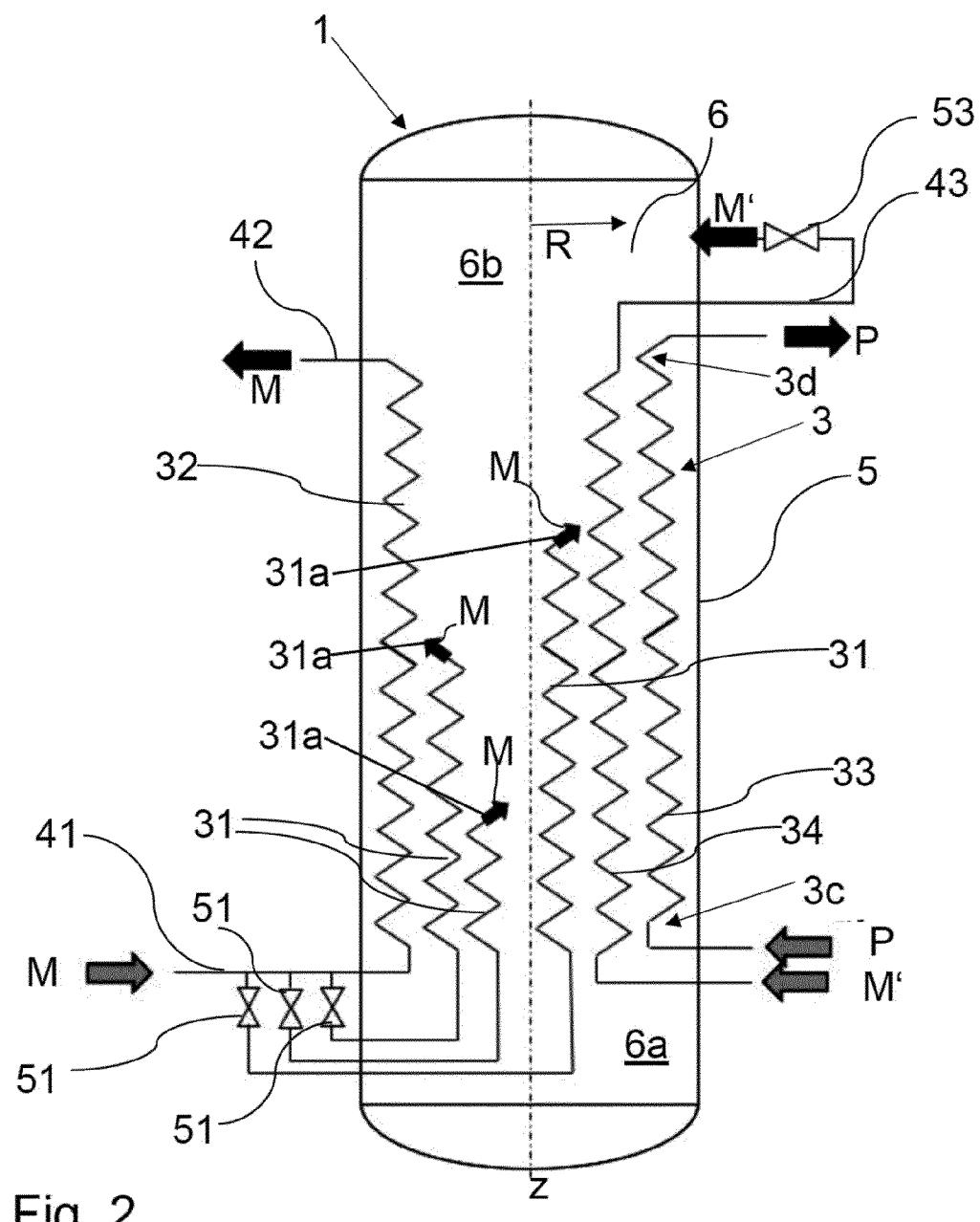


Fig. 2

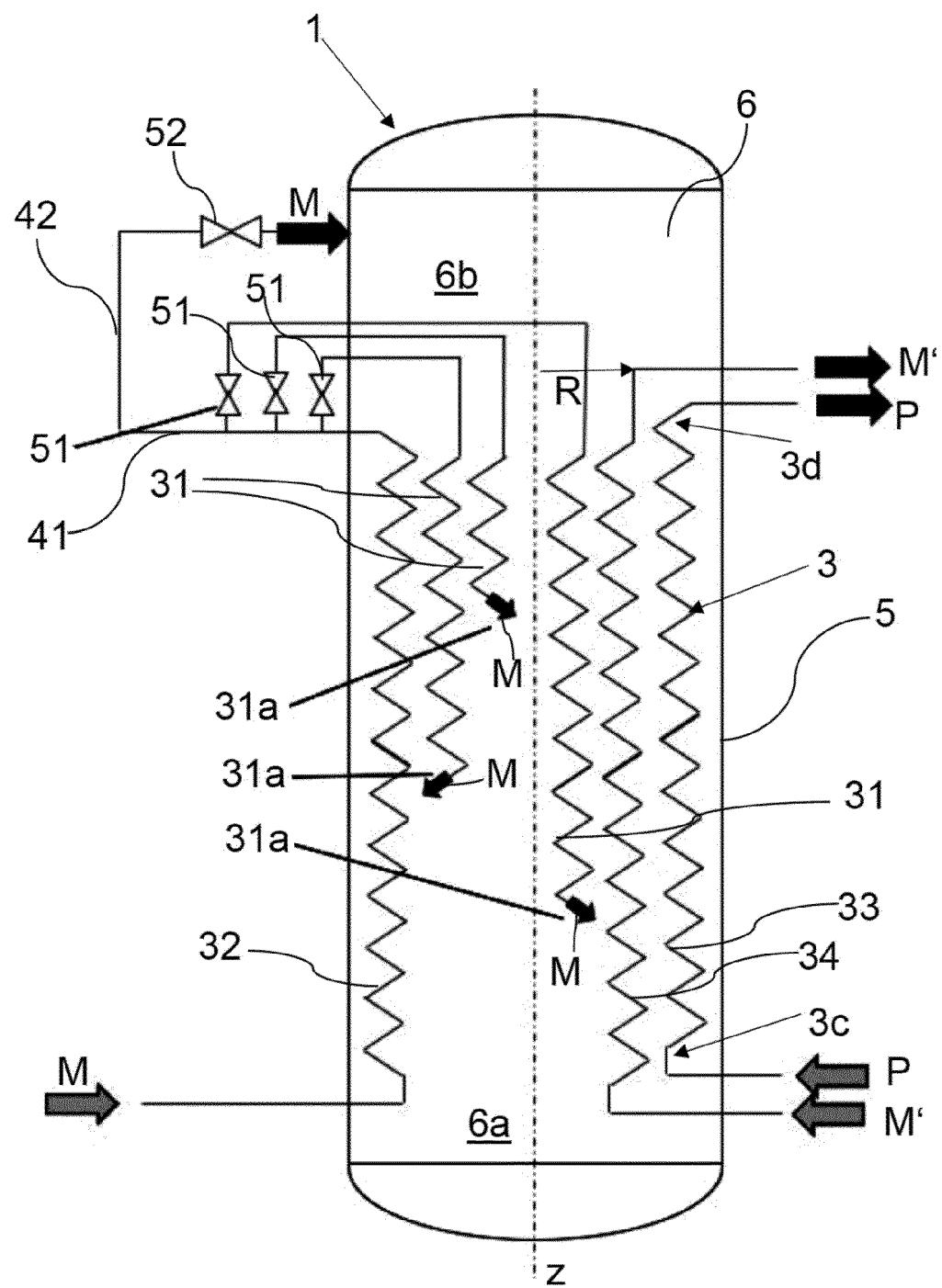


Fig. 3

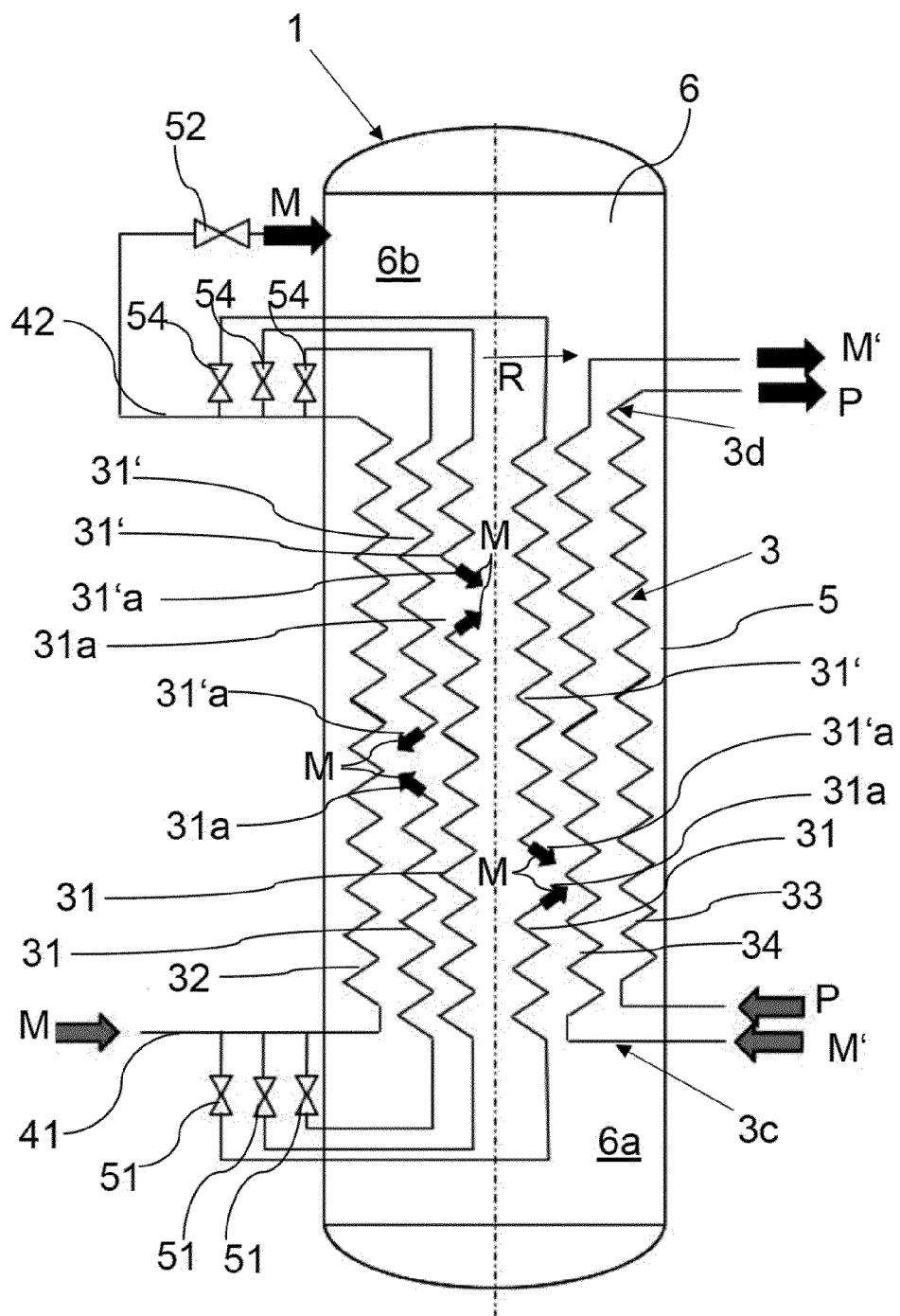


Fig. 4

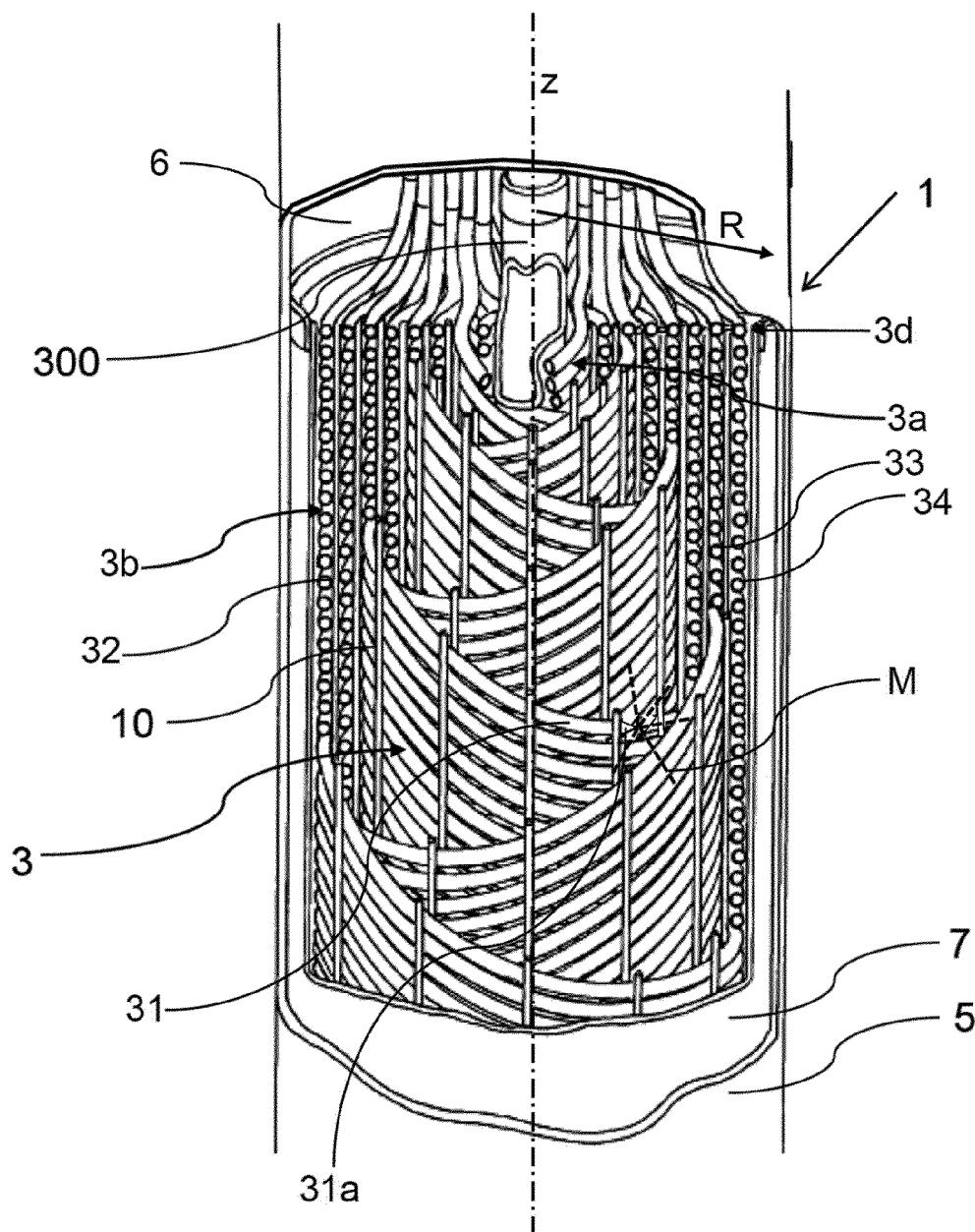


Fig. 5

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

- EP 3428563 A1 [0001]