



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
18.12.2019 Patentblatt 2019/51

(51) Int Cl.:
F25B 49/00 (2006.01) **F25B 25/00 (2006.01)**
F25B 45/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19167250.0**

(22) Anmeldetag: **04.04.2019**

(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
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
 Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
 • **Lingk, Tobias**
42799 Leichlingen (DE)
 • **Spahn, Hans-Josef**
40699 Erkrath (DE)
 • **Krampe-Zadler, Christof**
44628 Herne (DE)
 • **Szuder, Thomas-Friedrich**
51379 Leverkusen (DE)

(30) Priorität: **23.04.2018 DE 102018109646**

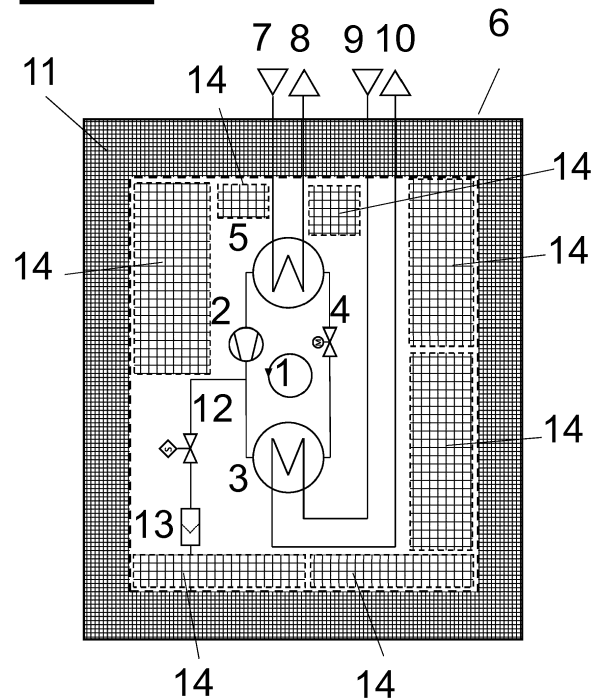
(74) Vertreter: **Popp, Carsten**
Vaillant GmbH
IRP
Berghauser Straße 40
42859 Remscheid (DE)

(71) Anmelder: **Vaillant GmbH**
42859 Remscheid (DE)

(54) **FLUIDSORPTION**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur sicheren Durchführung eines linksdrehenden thermodynamischen Clausius-Rankine-Kreisprozesses mittels eines entzündlichen Arbeitsfluids, welches im gasförmigen Zustand unter Atmosphärenbedingungen schwerer als Luft ist und in einem geschlossenen, hermetisch dichten Arbeitsfluidumlauf geführt wird, aufweisend mindestens einen Verdichter für Arbeitsfluid, mindestens eine Entspannungseinrichtung für Arbeitsfluid, mindestens zwei Wärmeübertrager für Arbeitsfluid mit jeweils mindestens zwei Anschlüssen für Wärmeüberträgerfluide, ein geschlossenes Gehäuse, welches alle am geschlossenen Arbeitsfluidumlauf angeschlossenen Einrichtungen umfasst, weitere Einrichtungen umfassen kann, und mit einem Adsorbens ausgekleidet ist, welches in der Lage ist, Arbeitsfluid zu adsorbieren, und mindestens eine weitere Sorptionseinrichtung vorgesehen wird, mit der das gesamte Arbeitsfluid bei Normalbedingungen adsorbiert werden kann, und mindestens eine Sicherheits-Kältemittelablass-Einrichtung vorgesehen wird.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft irreguläre Zustände in Kältekreisen, in denen ein als Kältemittel wirkendes Arbeitsfluid in einem thermodynamischen Kreisprozess, wie zum Beispiel dem Clausius-Rankine-Kreisprozess, geführt wird. Vorwiegend sind dies Wärmepumpen, Klimaanlage und Kühlgeräte, wie sie in Wohngebäuden gebräuchlich sind. Unter Wohngebäuden werden dabei Privathäuser, Miethauskomplexe, Krankenhäuser, Hotelanlagen, Gastronomie und kombinierte Wohn- und Geschäftshäuser verstanden, in denen Menschen dauerhaft leben und arbeiten, im Unterschied zu mobilen Vorrichtungen wie KFZ-Klimaanlagen oder Transportboxen, oder auch Industrieanlagen oder medizintechnischen Geräten. Gemeinsam ist diesen Kreisprozessen, dass sie unter Einsatz von Energie Nutzwärme oder Nutzkälte erzeugen und Wärmeverschiebungssysteme bilden.

[0002] Die zum Einsatz kommenden thermodynamischen Kreisprozesse sind seit langem bekannt, ebenso die Sicherheitsprobleme, die bei der Verwendung geeigneter Arbeitsfluide entstehen können. Abgesehen von Wasser sind die bekanntesten damaligen Arbeitsfluide brennbar und giftig. Sie führten im vergangenen Jahrhundert zur Entwicklung der Sicherheitskältemittel, die aus fluorierten Kohlenwasserstoffen bestanden. Es zeigte sich jedoch, dass diese Sicherheitskältemittel die Ozonschicht schädigen, zur Klimaerwärmung führen, und dass ihre sicherheitstechnische Unbedenklichkeit zu konstruktiven Unachtsamkeiten führte. Bis zu 70 % des Umsatzes entfiel auf den Nachfüllbedarf undichter Anlagen und deren Leckageverluste, der hingenommen wurde, solange dies im Einzelfall als wirtschaftlich vertretbar empfunden wurde und Bedarf an Ersatzbeschaffung forderte.

[0003] Der Einsatz dieser Kältemittel wurde aus diesem Grund Restriktionen unterworfen, in der Europäischen Union beispielsweise durch die F-Gas-Verordnung (EU) 517/2014.

[0004] Es ist daher einerseits äußerst problematisch, die konstruktiven Prinzipien für Kältemittel-führende thermodynamische Prozesse zu übernehmen, die sich bei Sicherheitskältemitteln scheinbar gut bewährt haben, andererseits auf die Anlagenkonzepte aus der Zeit vor Einführung der Sicherheitskältemittel aufzusetzen. Dies liegt auch daran, dass inzwischen aus Einzelgeräten komplexe Anlagen geworden sind, was die Anzahl der Möglichkeiten für Störungen und deren Folgen vervielfältigt hat. Hierdurch ergeben sich beispielhaft die folgenden Anforderungen an das Sicherheitskonzept:

- Im Normalbetrieb muss die Anlage absolut dicht sein.
- Weder bei einer Leckage im Kondensator noch bei einer Leckage im Verflüssiger darf Arbeitsfluid in den gekoppelten Nutzwärme- oder Nutzkältekreislauf gelangen.
- Es darf kein Arbeitsfluid aus dem Kältekreislauf un-

bemerkt entweichen können.

- Im Verdichter darf das Arbeitsfluid nicht durch die Lagerung entweichen.
- Im Entspannungssystem darf das Arbeitsfluid nicht durch den Ventilsitz diffundieren oder durch Kavitation zu Leckagen führen.
- Gekapselte Teile müssen für Wartungs- und Kontrollzwecke zugänglich bleiben.
- In Notfällen dürfen sich keine Gefahren einstellen.
- Die Anlage soll in vorhandene Räumlichkeiten integrierbar sein
- Das Kältemittel soll abgelassen und eingefüllt werden können.

[0005] Der Begriff des Notfalls muss weit gesehen werden. Denkbar sind Stromausfälle, Erdbeben, Erdbeben, Überschwemmungen, Brände, technische Fehler und klimatische Extrembedingungen. Sofern die Anlagen in einem Netzwerk betrieben werden, ist auch ein Netzausfall oder eine Netzstörung als Notfall anzusehen. Gegenüber solchen Gefahren oder Störungen soll die Vorrichtung inhärent sicher sein. Aber auch ein Ausfall der verfügbaren Primärenergie kann einen Notfall begründen und darf keine Gefahrentwicklung zur Folge haben. Alle diese Notfälle können auch kombiniert auftreten.

[0006] Hierbei sind die verschiedenen Bauformen und Anwendungsfälle für derartige thermodynamische Kreisprozesse gesondert zu berücksichtigen, bei ortsfesten Anlagen für Wohngebäude beispielsweise folgende:

- Haushaltskühlschränke,
- Haushaltsgefrierschränke,
- Haushaltstrockner,
- Haushaltskühl-Gefrierkombinationen,
- Kühlkammern für Hotel- und Gastronomie,
- Gefrierkammern für Hotel- und Gastronomie,
- Klimaanlage für Haus, Hotel- und Gastronomie,
- Warmwassererzeugung für Haus, Hotel- und Gastronomie,
- Beheizung für Haus, Hotel- und Gastronomie,
- Sauna-Schwimmbadanlagen für Haus, Hotel- und Gastronomie,
- Kombinierte Anlagen für die oben genannten Anwendungen,

wobei diese Aufzählung nicht vollständig ist.

[0007] Die Energie für den Betrieb der Anlagen einschließlich der zu verschiebenden Wärmeenergie kann aus verschiedenen Quellen stammen:

- Erdwärme aus Erdwärmespeichern,
- Geothermische Wärme,
- Fernwärme,
- Elektrische Energie aus allgemeiner Stromversorgung,
- Elektrische Solarenergie,
- Solarwärme,
- Abwärme,

- Warmwasserspeicher,
- Eisspeicher,
- Latentwärmespeicher,
- Fossile Energieträger wie Erdgas, Erdöl, Kohle,
- Nachwachsende Rohstoffe wie Holz, Pellets, Biogas,
- Kombinationen aus den oben genannten Energiequellen,

wobei auch diese Aufzählung nicht vollständig ist.

[0008] Die auftretenden Probleme bei der Sicherheitsauslegung solcher Anlagen werden in der WO 2015/032905 A1 anschaulich beschrieben. So liegt die untere Zündgrenze von Propan als Arbeitsfluid etwa bei 1,7 Volumenprozent in Luft, was 38 g/m^3 in Luft entspricht. Sofern der Kälteprozess in einem ihn umgebenden, hermetisch abgeschlossenen, ansonsten aber luftgefüllten Raum mit dem Arbeitsfluid Propan durchgeführt wird, stellt sich das Problem der Erkennung einer kritischen, explosiven Situation nach einer Störung, bei der das Arbeitsfluid in diesen hermetisch abgeschlossenen Raum austritt. Elektrische Sensoren zur Erkennung kritischer Konzentrationen sind nur schwierig explosionsgeschützt auszuführen, weswegen gerade die Propan-Erkennung durch die Sensoren selbst das Explosionsrisiko erheblich verschärft, ausgenommen hiervon sind Infrarotsensoren. Propan ist auch giftig, bei Inhalation oberhalb einer Konzentration von ca. 2 g/m^3 stellen sich narkotische Effekte, Kopfschmerzen und Übelkeit ein. Dies betrifft Personen, die ein erkanntes Problem vor Ort lösen sollen, noch bevor Explosionsgefahr entsteht.

[0009] Propan ist auch schwerer als Luft, sinkt also in ruhender Luft auf den Boden und sammelt sich dort an. Sollte sich also ein Teil des Propans in einer strömungsarmen Zone des abgeschlossenen Raums, in dem sich das gestörte Aggregat befindet, sammeln, können die lokalen Explosionsgrenzen wesentlich schneller erreicht werden, als es der Quotient aus Gesamtraumvolumen zu ausgetretener Propanmenge erwarten lässt. Die WO 2015/032905 A1 sucht dieses Problem zu lösen, indem ein Generator für elektrischen Strom in die Öffnung bzw. deren Verriegelung dieses Raums integriert wird und bei deren Betätigung in einem ersten Schritt die elektrische Energie erzeugt und bereitstellt, mit der der Sensor aktiviert wird, und der im Alarmfall die Verriegelung dann nicht freigibt, sondern eine Lüftung des abgeschlossenen Raums veranlasst, und erst in einem zweiten Schritt eine Entriegelung und Öffnung zulässt.

[0010] Schon zu Beginn der Technologie der Kompressionskältemaschinen wurde der Versuch unternommen, einen abgeschlossenen Raum zu bilden, in dem die apparativen Ausrüstungen alle sicher untergebracht werden konnten und der diese vollständig umhüllt. Die DE-PS 553 295 beschreibt eine gekapselte Kompressionskältemaschine, bei der der Kältemittelverdichter 1, sein Antriebsmotor 2, Verdampfer 3, Verflüssiger 4 und Regelventil 5 in einer doppelwandigen Kapsel 6 bzw. 7 eingeschlossen sind. Im Zwischenraum der doppelwan-

digen Kapsel wird ein Unterdruck angelegt und Leckagen, die an den Durchbrüchen für Kühlwasser und Sole auftreten könnten, abgesaugt. Das abgesaugte Arbeitsfluid kann im Anschluss daran ggf. zurückgewonnen werden. Zu bemerken ist dabei, dass sich innerhalb des gekapselten Raums keine Umgebungsluft befindet und aufgrund des Unterdrucks im Doppelmantel auch nicht in den gekapselten Innenraum eindringen kann.

[0011] Die DE 10 2011 116 863 A1 beschreibt ein Verfahren zur Sicherung einer Vorrichtung für einen thermodynamischen Kreisprozess, welche mit einem Prozessfluid betrieben wird, das mindestens eine umweltgefährliche, giftige und/oder entzündliche Substanz enthält oder daraus besteht. Im Falle einer Leckage in der Vorrichtung für einen thermodynamischen Kreisprozess ein Adsorptionsmittel mit dem Prozessfluid, insbesondere Ammoniak, Propan oder Propen, in Kontakt gebracht und die Substanz durch das Adsorptionsmittel selektiv gebunden. Das Adsorptionsmittel wird nach Gebrauch regeneriert. Als Adsorptionsmittel werden Zeolith, auch in Kombination mit Imidazol oder Phosphaten, ferner CuBTC vorgeschlagen, das Adsorptionsmittel kann in Form einer Schüttung, eines Formkörpers, eines Anstrichs, eines Sprühfilms oder einer Beschichtung ausgestattet sein. Die Trägerstruktur des Formkörpers kann aus Mikrostruktur, Lamellenstruktur, Rohrbündel, Rohrregister und Blech bestehen und muss mechanisch stabil sowie stark oberflächenvergrößernd sein. Eine Umwälzung der potenziell kontaminierten Luft erfolgt üblicherweise kontinuierlich, kann aber auch durch einen Sensor initiiert werden, der die Lüftung nach Erreichen eines Schwellenwerts oder bei einem erkannten Havariefall einschaltet. Die Adsorption kann innerhalb oder außerhalb eines geschlossenen Raums durchgeführt werden.

[0012] Die DE 195 26 980 A1 beschreibt eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Reinigung von Luft geschlossener Räume, die eine gasförmige Verunreinigung aufweisen. Nachdem die Verunreinigung von einem Gassensor erkannt wurde, steuert dieser einen Verdichter an, der die Luft durch einen in diesem Raum befindlichen Absorber leitet, wodurch die Verunreinigung absorbiert wird. Die gereinigte Luft verlässt den Absorber in den geschlossenen Raum.

[0013] Die DE 195 25 064 C1 beschreibt eine Kältemaschine mit einem gasdicht ausgebildeten Gehäuse, welches alle kältemittelführenden Komponenten der Maschine aufnimmt, ein das Innere des gasdichten Gehäuses mit einem Auslass verbindender Raum vorgesehen ist, und der Raum mit einem das Kältemittel sorbierenden Stoff gefüllt ist. Die Menge des sorbierenden Stoffes wird dabei so dimensioniert, dass die gesamte Menge an eventuell austretendem Kältemittel aufgenommen und von der Umwelt ferngehalten werden kann. Der mit dem sorbierenden Stoff gefüllte Raum ist zur Umgebung hin offen. Bei Kältemitteln, die schwerer als Luft sind, ist der Raum nach unten hin offen, bei solchen, die leichter sind, ist er nach oben hin offen, so dass ein Fördergebläse nicht erforderlich ist. Das Sorptionsmittel wird in das Ge-

häuse eingebracht und umschließt die Kältemaschine bzw. die Kältemittelführenden Einrichtungen vollständig. Auf seinem Weg nach außen sind Schikanen vorgesehen, die Kurzschlussströmungen verhindern und entweichendes Gas durch das Sorptionsmittel zwingen. Auch eine doppelwandige Ausführungsform, bei der das Sorptionsmittel im Doppelmantel angeordnet ist, ist möglich. Am Ausgang des mit dem sorbierenden Stoffes gefüllten Raumes zur Umgebung hin kann eine Messeinrichtung für Kältemittel vorgesehen werden.

[0014] Die EP 3 106 780 A1 beschreibt eine Wärmepumpenanlage, die in einem mit einem Bindemittel ausgekleideten, luftdichten Gehäuse untergebracht ist. Innerhalb dieses Gehäuses kann eine Adsorptionseinheit mit einer Zwangslüftung angeordnet sein, die im Umluftbetrieb die Luft im Gehäuse reinigt. Dieser Umluftbetrieb kann kontinuierlich oder nur im Störfall oder in regelmäßigen Intervallen erfolgen. Stromab dieser Sorptionsstufe kann auch ein Zündbrenner, eine Pilotflamme, ein katalytischer Brenner oder ein Heizdraht angeordnet sein, der ggf. restliche brennbare Verunreinigungen verbrennt. Ebenfalls denkbar ist eine Frischluftzufuhr in Verbindung mit der Ableitung gereinigter Abluft.

[0015] Die vorgestellten Systeme hatten am Markt bislang nur wenig Erfolg. Dies kann auf die folgenden Gründe zurückgeführt werden:

- Montagefreundlichkeit: Im Falle von Modernisierungen von alten Heizungsanlagen müssen die neu zu installierenden Vorrichtungen zerlegbar und transportabel sein. Beispielsweise müssen sie über Kellertreppen und in verinkelte und niedrige Kellerräume verbracht werden können. Zusammenbau, Inbetriebnahme und Wartung müssen ohne großen Aufwand vor Ort möglich sein. Dies schließt große und schwere Druckbehälter weitgehend aus, ferner Systeme, die nach einer Havarie nicht mehr demontierbar sind.
- Diagnosefreundlichkeit: Die Betriebszustände sollten von außen gut erkennbar sein, dies betrifft die Sichtbarkeit und Prüfbarkeit bezüglich möglicher Leckagen und schließt den Füllstand des Arbeitsfluids sowie den Befüllungsgrad ggf. eingebrachter Sorbentien ein.
- Wartungsfreundlichkeit: Systemdiagnosen sollten ohne großen zusätzlichen Aufwand erfolgen können. Sicherheitsrelevante Systeme sollten regelmäßig getestet bzw. auf ihre Zuverlässigkeit geprüft werden können. Sofern Systemdiagnosen nicht einfach durchführbar sind, sollten möglicherweise belastete Teile leicht durch Neuteile austauschbar sein.
- Ausfallsicherheit: Die Systeme sollen einerseits gegen Störungen gesichert sein, gleichzeitig aber zuverlässig laufen können, wenigstens im Notbetrieb. Im Falle einer vorübergehenden externen Störung sollten die Systeme entweder selbstständig wieder anfahren oder ohne großen Aufwand wiederange-

fahren werden können.

- Energieeffizienz: Die Anlagen sollen energetisch günstig betrieben werden können, ein hoher Eigenverbrauch an Energie für Sicherheitsmaßnahmen wirkt dem entgegen.
- Robustheit: Im Falle größerer Störungen, seien sie extern oder systemintern aufgeprägt, muss die Beherrschbarkeit gewährleistet sein, dies betrifft z.B. Lüftungssysteme, die verstopfen können oder Druckbehälter, die unter Druck stehen oder heiß werden, etwa bei einem Brand.
- Kosten: Die Sicherheitsmaßnahmen sollen weder bei den Anschaffungskosten noch bei den laufenden Kosten bedeutend sein und die Einsparungen bei den Energiekosten gegenüber herkömmlichen Systemen übersteigen. Sie sollen günstig sein.

[0016] Die Aufgabe der Erfindung ist daher, eine Vorrichtung bereitzustellen, die gewährleistet, das im Fehlerfall austretende Arbeitsfluid entweder

- sicher zu speichern oder
- sicher zu adsorbieren oder
- sicher zu evakuieren,

ohne dass ein explosionskritischer Zustand im Aufstell- oder Nutzungsbereich dieser Arbeitsfluid-führenden Einrichtung entstehen kann.

[0017] Die Erfindung löst diese Aufgabe durch eine Vorrichtung zur sicheren Durchführung eines linksdrehenden thermodynamischen Clausius-Rankine-Kreisprozesses mittels eines entzündlichen Arbeitsfluids, welches im gasförmigen Zustand unter Atmosphärenbedingungen schwerer als Luft ist und in einem geschlossenen, hermetisch dichten Arbeitsfluidumlauf geführt wird, aufweisend

- mindestens einen Verdichter für Arbeitsfluid,
- mindestens eine Entspannungseinrichtung für Arbeitsfluid,
- mindestens zwei Wärmeübertrager für Arbeitsfluid mit jeweils mindestens zwei Anschlüssen für Wärmeüberträgerfluide,
- ein geschlossenes und druckdichtes Gehäuse, welches alle am geschlossenen Arbeitsfluidumlauf angeschlossenen Einrichtungen umfasst, weitere Einrichtungen umfassen kann, und mit einem Adsorbens ausgekleidet ist, welches in der Lage ist, Arbeitsfluid zu adsorbieren,
- mindestens eine weitere Sorptionseinrichtung vorgesehen wird, mit der das gesamte Arbeitsfluid bei Normalbedingungen adsorbiert werden kann,
- und mindestens eine Sicherheits-Kältemittelablass-Einrichtung vorgesehen wird.

[0018] Als Wärmeüberträgerfluide sind hier alle gasförmigen oder flüssigen Medien zu verstehen, mit denen Wärme übertragen wird, also etwa Luft, Wasser, Sole,

Wärmeträgeröle oder dergleichen.

[0019] In einer Ausgestaltung ist vorgesehen, dass eine externe Verbindung im druckdichten Gehäuse vorgesehen wird, mit der ein weiterer externer Behälter direkt angeschlossen wird. Eine solche definierte Verbindung kann mit einem Flansch oder einer gesicherten Steck-Pass-Verbindung in formschlüssiger Weise erfolgen und sie muss gut abgedichtet sein. Die Vorrichtung kann sich im Boden, im Deckel, in den Seitenwänden oder in der Front- oder Rückwand befinden. Es werden keine eigenen Absperrarmaturen benötigt. Sinnvoll ist aber, einen Verschluss vorzusehen, der bei der Demontage die Verbindung sowohl im weiteren externen Behälter als auch im druckdichten Gehäuse sofort verschließt, um ein Ausgasen gegebenenfalls zu unterbinden.

[0020] In Ausgestaltungen der Erfindung ist vorgesehen, dass die weitere Sorptionseinrichtung

- aus einer Wanne am Behälterboden besteht, die mit einem Adsorbens gefüllt ist,
- oder aus Formkissen oder Formkörpern besteht, die mit Adsorbens gefüllt sind oder aus ihnen bestehen und die in die Hohlräume des druckdichten Gehäuses eingepasst sind,
- oder aus einem gehäuseinternen, mit Adsorbens gefüllten Sorptionsbehälter gebildet wird,
- oder aus einem gehäuseexternen, mit Adsorbens gefüllten Sorptionsbehälter gebildet wird,
- oder aus Kombinationen davon.

[0021] In einer Ausgestaltung ist vorgesehen, dass im Arbeitsfluidumlauf eine Sicherheits-Einrichtung zum Ablassen von Arbeitsfluid in das Innere des druckdichten Behälters vorgesehen ist. In einer weiteren Ausgestaltung ist dabei vorgesehen, dass von dieser Sicherheits-Einrichtung zum Ablassen von Arbeitsfluid mindestens eine Verbindung zu einem Arbeitsfluidauslass zu einer der weiteren Sorptionseinrichtungen geführt wird, so dass das Arbeitsfluid direkt in die Sorptionseinrichtung geführt wird.

[0022] In weiteren Ausgestaltungen ist vorgesehen, zwei Serviceventile im druckdichten Gehäuse vorzusehen, von denen das eine mit dem Arbeitsfluidumlauf verbunden ist und das andere aus dem druckdichten Gehäuse herausführt. Zwischen den beiden Serviceventilen können noch eine Service-Schnittstelle, eine Sicherheits-Ablassfunktion für Arbeitsfluid und ein Arbeitsfluidauslass mit Ölauffangelement angeordnet sein.

[0023] In einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung wird als Arbeitsfluid Propan verwendet und als Adsorbens Aktivkohle. Die Aktivkohle kann dabei in bekannter Weise derart dotiert werden, dass eine optimale Beladung durch Propan erfolgt.

[0024] Apparativ wird die Auskleidung vorzugsweise durch formstabile Matten oder Formkörper vorgenommen, die das Adsorbens enthalten und die auf einfache Weise nach Öffnen des Gehäuses abgenommen und entfernt werden können. Sie sind typischerweise auf der

zum Behälterinneren zugewandten Seite durch ein Haltegitter durchlässig für Gas und Flüssigkeit, während die Formstabilität durch eine stabile Rückseitenstruktur gewährleistet wird. Auf der Rückseite werden die Matten oder Formkörper in bekannter Weise durch Haken oder Klickverschlüsse fixiert. Die Auskleidung ist so dimensioniert, dass leakagebedingte Arbeitsfluidkonzentrationen aufgefangen und adsorbiert werden.

[0025] Weitere Ausgestaltungen der Erfindung betreffen die weiteren Sorptionsvorrichtungen. Diese weiteren Sorptionsvorrichtungen sind so dimensioniert, dass sie das gesamte im Arbeitsfluidumlauf eingesetzte Arbeitsfluid aufzunehmen in der Lage sind. Hierbei wird vorgesehen, dass die weiteren Sorptionsvorrichtungen aus formstabilen Matten aus Aktivkohlegewebe bestehen. Alternativ wird vorgesehen, dass formstabile Wabenkörper aus Aktivkohle verwendet werden. Auch können flexible Kissen verwendet werden, die eine Schüttung aus Aktivkohle enthalten oder mit adsorbierenden Fasen gewebt oder gefilzt sind.

[0026] Die weiteren Sorptionsvorrichtungen können auch modular aus verschiedenen dieser Ausführungsformen zusammengesetzt sein. Durch eine derartige Kombination von Formkörpern und Kissen kann der gesamte Innenraum des Gehäuses so vollständig ausgefüllt werden, dass nur noch ein so kleines Luftvolumen übrigbleibt, dass eine Zündung eines zündfähigen Gemisches nicht nur aufgrund der Konzentrationen, sondern auch aufgrund des kleinen restlichen Luftvolumens und der darin enthaltenen geringen Sauerstoffmengen ausgeschlossen werden kann. Das freie Luftvolumen innerhalb des Behälters bleibt somit deutlich unter der kritischen Grenze von 10 Litern, oberhalb der überhaupt erst Explosionsgefahr besteht. Es kann auf unter einen Liter freies Luftvolumen verringert werden.

[0027] Sofern die weiteren Sorptionsvorrichtungen nach der Auslösung eines Ablassvorgangs oder einer Leckage das Arbeitsfluid aufgenommen haben, ist bei der Entnahme von Formkissen und Formkörpern darauf zu achten, dass kein Luftsauerstoff mit ausgasendem Arbeitsfluid in einer solchen Menge in Kontakt kommen kann, dass während der Demontage eine Gefahr entsteht. Dies kann durch starke Lüftung oder Inertisierung erfolgen. Eine solche Maßnahme ist möglicherweise nicht immer möglich.

[0028] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird daher vorgesehen, dass Formkissen und Formkörper in verschließbaren Folien eingeschlossen sind, die bei der Montage geöffnet und bis auf die zur Demontage offene Seite abgestreift werden, wobei sie an dieser letzten Seite aber an dem jeweiligen Formkissen oder Formkörper befestigt sind. Bei der Entnahme bzw. Demontage werden die Folien wieder über das jeweilige Formkissen oder den Formkörper wie eine Tüte übergestreift und verschlossen.

[0029] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von zwei Prinzipskizzen näher erläutert. Hierbei zeigen:

Fig. 1 einen Kältekreis mit einer Auskleidung und weiteren gehäuseinternen Sorptionsvorrichtungen, Fig. 2 einen Kältekreis mit einer Auskleidung und weiteren gehäuseinternen und gehäuseexternen Sorptionsvorrichtungen, Fig. 3 einen Kältekreis mit einer Auskleidung und weiteren gehäuseinternen Sorptionsvorrichtungen und einer alternativen gehäuseexternen Sorptionsvorrichtung.

[0030] Fig. 1 zeigt eine Prinzipskizze eines Kältekreis 1 mit einem Verdichter 2, einem Kondensator 3, einer Druckreduzierung 4 und einem Verdampfer 5 in einem geschlossenen Gehäuse 6. Das Gehäuse 6 verfügt über einen Wärmequellen-Anschluss 7, einen Wärmequellen-Vorlauf 8, einen Wärmesenken-Vorlauf 9 und einen Wärmesenken-Anschluss 10. Der Kältekreis 1 wird in diesem Beispiel mit dem entzündlichen Arbeitsfluid Propan, welches auch unter der Bezeichnung R290 bekannt ist, betrieben. Propan ist schwerer als Luft, daher sinkt es im Falle einer Leckage im Kältekreis 1 tendenziell im Gehäuse 6 nach unten. Aufgrund von Temperaturunterschieden im Gehäuse und entsprechender Konvektion findet sich leckagebedingtes Propan aber auch im übrigen Gehäuseinneren. Dieses Gehäuse 6 ist daher vollständig mit der adsorptiven Auskleidung 11 ausgekleidet. Die Auskleidung 11 besteht dabei aus mehreren Einzelteilen, die unmittelbar aneinandergrenzen. Sie können, müssen aber nicht überall dieselbe Wandstärke aufweisen, beispielsweise kann die Oberseite deutlich dünner ausfallen als die Unterseite.

[0031] Weiterhin zeigt Fig. 1 eine Sicherheits-Kältemittelablass-Einrichtung 12 und einen Auslass mit Ölauffangelement 13 in das als Formkörper 14 ausgeführte weitere Sorptionsbett. Weitere Formkörper 14 sind schematisch angedeutet, sie sind an die geometrischen Formen der Einrichtungen des Kältekreis angepasst.

[0032] Fig. 2 zeigt einen Kältekreis mit einer Auskleidung und weiteren Sorptionsvorrichtungen. diese weiteren Sorptionsvorrichtungen sind ein externer mit Aktivkohle gefüllter Behälter und eine Vielzahl von Formkörpern und Formkissen 14. Falls im Kältekreis 1 eine Leckage auftritt, nehmen die Formkörper 14 das Kältemittel auf. Wird ein größerer Verlust festgestellt, kann das restliche Kältemittel des Arbeitskreises 1 über die Serviceventile 15 sowie entlang der Service-Schnittstelle 16, der Sicherheits-Kältemittelablass-Einrichtung 12 und des Auslasses mit Ölauffangelement 13 in den mit Aktivkohle gefüllten Behälter 17 abgefüllt werden.

[0033] Fig. 3 zeigt einen Kältekreis mit einer Auskleidung und weiteren Sorptionsvorrichtungen. Diese weiteren Sorptionsvorrichtungen sind ein externer mit Adsorbens gefüllter Behälter 19 unter dem Boden des Gehäuses 6, der über eine Verbindung 18 mit dem Behälter 6 verbunden ist, und eine Vielzahl von Formkörpern und Formkissen 14. Falls im Kältekreis 1 eine Leckage auftritt, nehmen die Formkörper 14 das Kältemittel auf. Wird ein größerer Verlust festgestellt, kann das restliche Käl-

temittel des Arbeitskreises 1 über die Sicherheits-Kältemittelablass-Einrichtung 12 und den Auslass mit Ölauffangelement 13 in den Behälter 6 abgelassen werden und das Kältemittel wird durch das Adsorbens im Adsorbensbehälter 19 vollständig aufgenommen. Damit kein Arbeitsfluid entweichen kann, sind Dichtelemente 20 erforderlich.

Bezugszeichenliste

[0034]

1	Kältekreis
2	Verdichter
3	Kondensator
4	Druckreduzierung
5	Verdampfer
6	Gehäuse
7	Wärmequellen-Anschluss
8	Wärmequellen-Vorlauf
9	Wärmesenken-Vorlauf
10	Wärmesenken-Anschluss
11	Adsorptive Auskleidung
12	Sicherheits-Kältemittelablass-Einrichtung
13	Auslass mit Ölauffangelement
14	Formkörper / Formkissen
15	Serviceventil
16	Service-Schnittstelle
17	Aktivkohlebehälter
18	Verbindung
19	Adsorbensbehälter
20	Dichtelement

35 Patentansprüche

1. Vorrichtung zur sicheren Durchführung eines linksdrehenden thermodynamischen Clausius-Rankine-Kreisprozesses (1) mittels eines entzündlichen Arbeitsfluids, welches im gasförmigen Zustand unter Atmosphärenbedingungen schwerer als Luft ist und in einem geschlossenen, hermetisch dichten Arbeitsfluidumlauf geführt wird, aufweisend

- mindestens einen Verdichter (2) für Arbeitsfluid,
- mindestens eine Entspannungseinrichtung (4) für Arbeitsfluid,
- mindestens zwei Wärmeübertrager (3, 5) für Arbeitsfluid mit jeweils mindestens zwei Anschlüssen (7, 8, 9, 10) für Wärmeüberträgerfluide,
- ein geschlossenes und druckdichtes Gehäuse (6),

- welches alle am geschlossenen Arbeitsfluidumlauf angeschlossenen Einrichtungen umfasst, weitere Einrichtungen umfasst

sen kann, und mit einem Adsorbens (11) ausgekleidet ist, welches in der Lage ist, Arbeitsfluid zu adsorbieren,

dadurch gekennzeichnet, dass

- mindestens eine weitere Sorptionseinrichtung vorgesehen wird, mit der das gesamte Arbeitsfluid bei Normalbedingungen adsorbiert werden kann,
- und mindestens eine Sicherheits-Kältemittelablass-Einrichtung vorgesehen wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine externe Verbindung (18) im druckdichten Gehäuse (6) vorgesehen wird, mit der ein weiterer externer Behälter (19) direkt angeschlossen wird. 15
3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Adsorbens Aktivkohle und das Arbeitsfluid Propan ist. 20
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die weitere Sorptionseinrichtung 25
 - aus einer Wanne am Behälterboden besteht, die mit einem Adsorbens gefüllt ist,
 - oder aus Formkissen oder Formkörpern besteht, die mit Adsorbens gefüllt sind oder aus ihnen bestehen und die in die Hohlräume des druckdichten Gehäuses eingepasst sind, 30
 - oder aus einem gehäuseinternen, mit Adsorbens gefüllten Sorptionsbehälter gebildet wird, 35
 - oder aus einem gehäuseexternen, mit Adsorbens gefüllten Sorptionsbehälter gebildet wird,
 - oder aus Kombinationen davon.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Arbeitsfluidumlauf (1) eine Sicherheits-Einrichtung zum Ablassen von Arbeitsfluid in das Innere des druckdichten Behälters (6) vorgesehen ist. 40
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** von dieser Sicherheits-Einrichtung zum Ablassen von Arbeitsfluid mindestens eine Verbindung zu einem Arbeitsfluidauslass zu einer der weiteren Sorptionseinrichtungen geführt wird, so dass das Arbeitsfluid direkt in die Sorptionseinrichtung geführt wird. 45
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei Serviceventile im druckdichten Gehäuse vorgesehen werden, von denen das eine mit dem Arbeitsfluidumlauf verbunden ist und das andere aus dem druckdichten Ge-

häuse herausführt.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** Formkissen und Formkörper in verschleißbaren Folien eingeschlossen sind, die bei der Montage geöffnet und bis auf die zur Demontagerichtung offenen Seite abgestreift werden, wobei sie an dieser letzten Seite aber an dem jeweiligen Formkissen oder Formkörper befestigt sind

Fig. 1

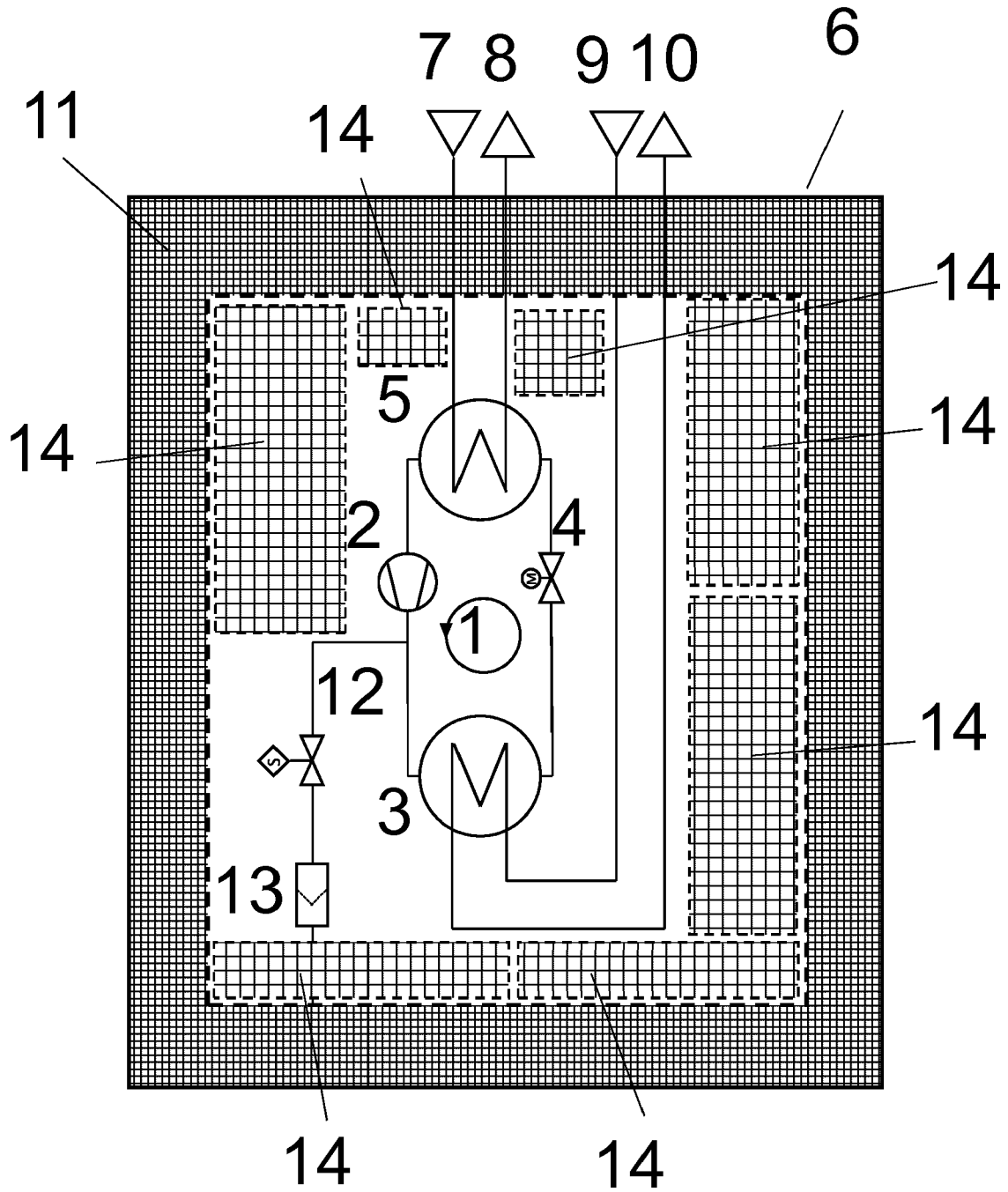


Fig. 2

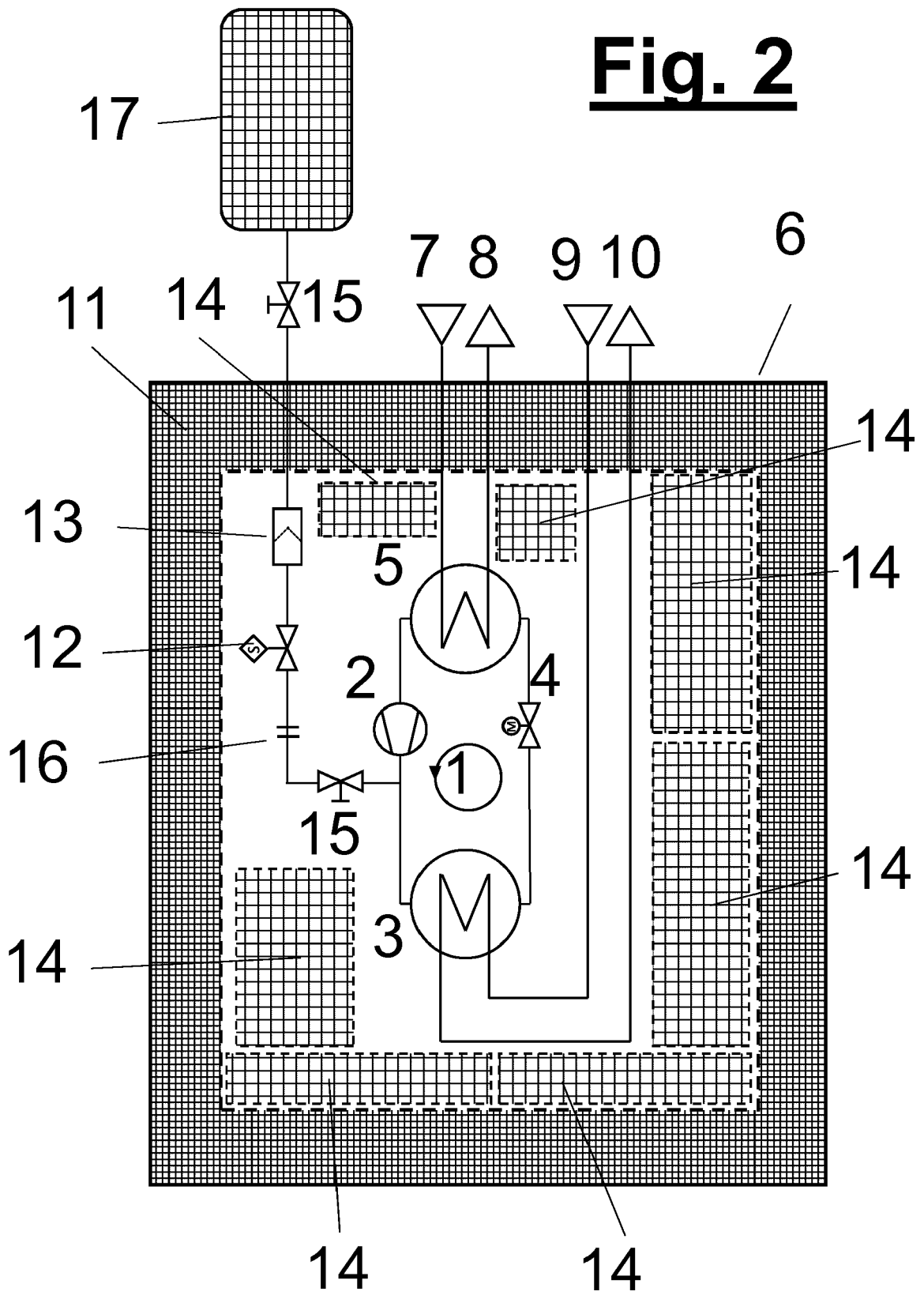
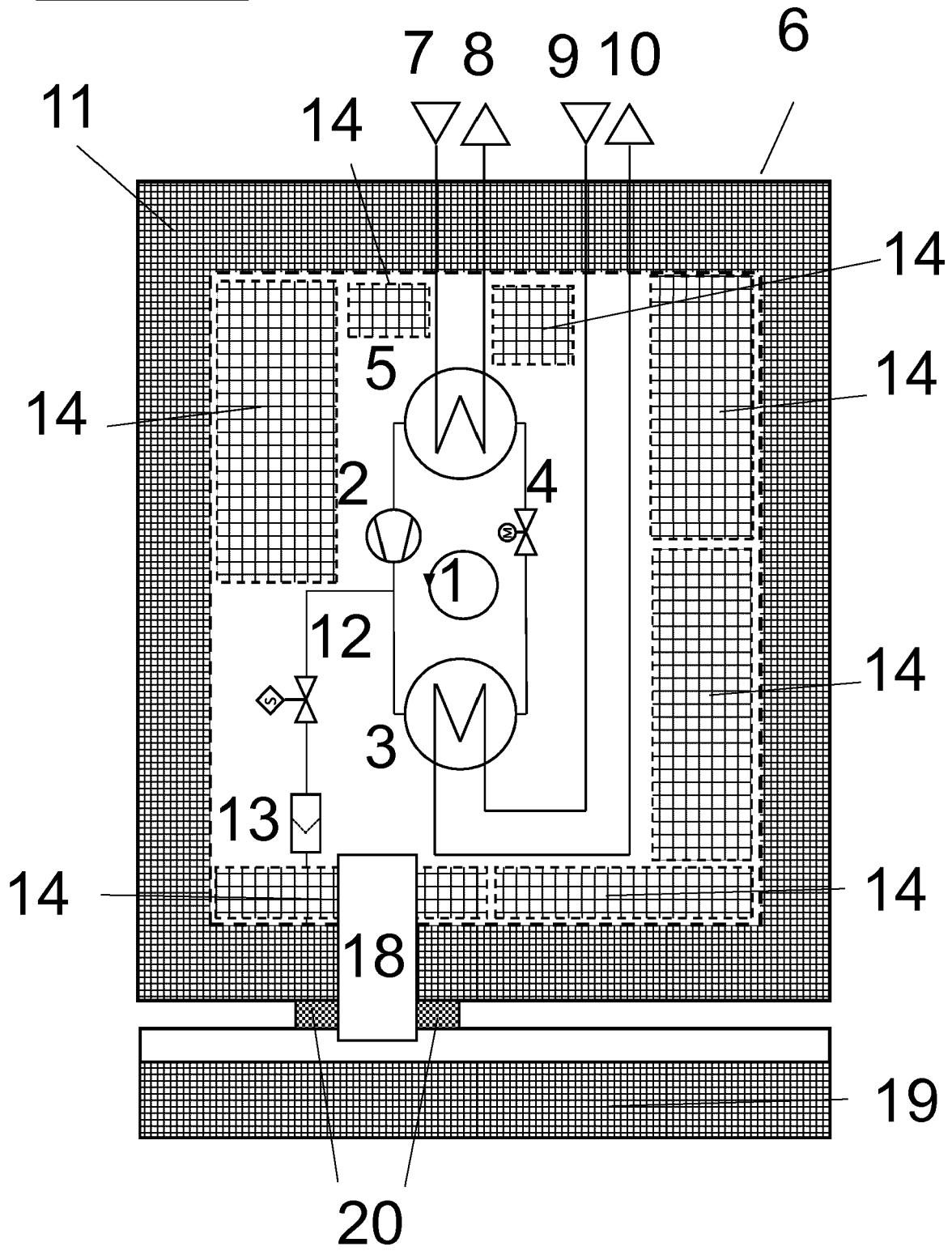


Fig. 3



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

- WO 2015032905 A1 **[0008]** **[0009]**
- DE 553295 C **[0010]**
- DE 102011116863 A1 **[0011]**
- DE 19526980 A1 **[0012]**
- DE 19525064 C1 **[0013]**
- EP 3106780 A1 **[0014]**