

(19)



(11)

EP 3 444 520 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
15.09.2021 Patentblatt 2021/37

(51) Int Cl.:
F17C 3/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18184482.0**

(22) Anmeldetag: **19.07.2018**

(54) **KÜHLUNG EINER ABDAMPFUNG VON FLÜSSIGGAS ZUM ANTRIEB VON MASCHINEN,
ANLAGEN ODER FAHRZEUGEN**

COOLING OF AN EXHAUST SYSTEM OF LIQUEFIED GAS FOR DRIVING OF MACHINES,
INSTALLATIONS OR VEHICLES

REFROIDISSEMENT D'UNE ÉVAPORATION DE GAZ LIQUÉFIÉ DESTINÉ À L'ENTRAÎNEMENT
DES MACHINES, DES INSTALLATIONS OU DES VÉHICULES

(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: **18.08.2017 DE 102017118951**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.02.2019 Patentblatt 2019/08

(73) Patentinhaber: **ArianeGroup GmbH
82024 Taufkirchen (DE)**

(72) Erfinder:
• **Behruzi, Kei Philipp
28199 Bremen (DE)**

• **Lux, Johannes
28199 Bremen (DE)**

(74) Vertreter: **Marschall, Stefan
Elbpatent
Marschall & Partner PartGmbB
Jessenstrasse 4
22767 Hamburg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A2- 2 716 542 WO-A1-2015/062694
DE-A1-102010 020 476 DE-A1-102013 018 333
GB-A- 872 660 GB-A- 1 160 245
JP-A- 2000 266 294 US-A1- 2012 318 017
US-A1- 2014 311 591 US-A1- 2015 204 604**

EP 3 444 520 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 vorliegende Erfindung betrifft ein Treibstoffsystem für einen Flüssiggasantrieb, wobei das Treibstoffsystem einen Flüssiggastank und ein Kühlsystem zum Kühlen einer Abdampfung von Flüssiggas aufweist. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Kühlen einer Abdampfung von Flüssiggas eines Flüssiggasantriebs sowie ein Fahrzeug, insbesondere ein Wasserfahrzeug, eine Anlage und eine Maschine, die jeweils einen Flüssiggasantrieb und ein Treibstoffsystem aufweisen.

[0002] Systeme, die Flüssiggas (insbesondere Erdgas) lagern oder die mit Flüssiggas betrieben werden, haben in der Regel die Eigenschaft, dass Wärme durch die Tankisolationen in die in der Regel tiefkalte (kryogene) Flüssigkeit eindringt; die Flüssigkeit kann beispielsweise eine Temperatur von ca. -161°C aufweisen. Letztlich führt die eingebrachte Wärme zu einer Verdampfung der Flüssigkeit. Die Abdampfung wird in der Fachwelt auch englisch als "Boil Off Gas", kurz "BOG" bezeichnet. Der zusätzliche Gasanteil im Flüssiggastank lässt den Tankdruck ansteigen. Da der zulässige Tankdruck aus strukturellen Gründen limitiert ist, ist häufig ein Ablassventil vorgesehen, das bei Überschreitung eines Maximaldruckes geöffnet wird. Das Gas strömt dann durch das Ablassventil aus dem Tank und kann über einen Kamin in die Umgebung entweichen. Damit kein brennbares Gas unverbrannt in die Umgebung gelangt, wird das abgedampfte, über den Kamin in die Umgebung abgelassene Gas oft abgefackelt.

[0003] Das Ablassventil schließt sich wieder, sobald ein vorgegebener minimaler Tankdruckwert erreicht wird. Nach dem Schließen steigt der Tankdruck bis zum erneuten Erreichen des Maximaldruckes wieder an.

[0004] Das Ablassen von überschüssigem Gas ist für ein solches System unerlässlich, erfordert aber eine Umgebung, die den Betrieb dieses Systems erlaubt: Befindet sich der Kaminauslass in der Nähe einer Zündquelle (z.B. bei einem Brand) oder eines zündfähigen Gases (z.B. bei einem Gasleck), ist der Betrieb dieses Standardsystems kritisch. Darüber hinaus kann die durch die Abdampfung generierte Energie häufig nicht genutzt werden, so dass der Verlust an Tankinhalt nicht kompensiert wird.

[0005] Aus der EP 2 899 116 A2 ist ein System bekannt, bei dem das Flüssiggas oder das Abdampfungsgas in einen Wärmetauscher geleitet wird, durch den Flüssigstickstoff geleitet wird. Das Flüssiggas bzw. das abgedampfte Gas wird dadurch abgekühlt bzw. rückverflüssigt und zurück in den Tank geleitet. Der beim Wärmeaustausch verdampfte Stickstoff wird durch ein Ventil abgeführt.

[0006] Die Kühlungsanordnung erfordert dabei jedoch ein Leitungssystem für das Flüssiggas vom Tank zum Wärmetauscher und wieder zum Tank zurück, das mit seinen Rohrleitungen und Anschlüssen eine erhöhte Leckageanfälligkeit bedingt. Insbesondere aufgrund der Brennbarkeit des Flüssiggases wird dadurch die Sicherheit der Anlage vermindert.

[0007] Die Druckschrift JP 2000 266294 A offenbart einen transportablen Flüssiggasspeichertank mit einem Kühlsystem. Aus der Druckschrift US 2015/204604 A1 ist eine Technik zum Zuführen eines brennbaren fluiden Treibstoffs bekannt.

[0008] Die vorliegende Erfindung hat die Aufgabe, eine Technik zur Vermeidung eines Ablassens von Abdampfungsgas bereitzustellen, die eine erhöhte Anlagensicherheit bietet.

[0009] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Treibstoffsystem gemäß Anspruch 1, ein Fahrzeug gemäß Anspruch 10, eine Anlage oder Maschine nach Anspruch 11 und ein Verfahren gemäß Anspruch 12. Bevorzugte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Figuren offenbart.

[0010] Ein erfindungsgemäßes Treibstoffsystem ist für einen Flüssiggasantrieb (z.B. einen Flüssig-Erdgasantrieb) vorgesehen, insbesondere für einen Flüssiggasantrieb eines Fahrzeugs (beispielsweise eines Wasser- oder Landfahrzeugs), einer Anlage (beispielsweise einer verfahrenstechnischen Anlage oder Fertigungsanlage) oder einer Maschine. Es weist einen Flüssiggastank (zur Aufnahme von für den Antrieb vorgesehenem Flüssiggas, das beispielsweise Erdgas sein kann) und ein Kühlsystem auf. Letzteres umfasst einen Flüssigstickstofftank, einen Wärmetauscher, eine Stickstoffpumpe und einen Stickstoffkühler (zum Kühlen von hindurchgeleitetem Stickstoff). Flüssigstickstofftank, Wärmetauscher, Stickstoffpumpe und Stickstoffkühler sind dabei in einem Leitungskreislauf durch Leitungen miteinander verbunden, so dass also mittels der Stickstoffpumpe Stickstoff vom Flüssigstickstofftank nacheinander durch den Wärmetauscher und den Stickstoffkühler und wieder in den Flüssigstickstofftank zirkulieren kann.

[0011] Der Wärmetauscher ist dabei im Inneren des Flüssiggastanks angeordnet, so dass thermische Energie einer Flüssiggasabdampfung (also eines Gasanteils aus verdampftem Flüssiggas) im Flüssiggastank an durch den Wärmetauscher geleiteten Stickstoff abgegeben werden kann.

[0012] Die erfindungsgemäße Anordnung des Wärmetauschers im Inneren des Flüssiggastanks erlaubt eine Kühlung des Flüssiggases bzw. einer Abdampfung des Flüssiggases, ohne dass dieses den Flüssiggastank verlässt. Leckageanfällige Anschlüsse und Leitungen für das Flüssiggas bzw. dessen Abdampfung können so vermieden werden, was den Vorteil einer erhöhten Anlagensicherheit bietet.

[0013] Die erfindungsgemäße Ausgestaltung des Kühlsystems mit dem Leitungskreislauf und dem Stickstoffkühler erlaubt zudem eine Kühlung der Flüssiggasabdampfung in einem geschlossenen System ohne Stickstoffverlust. Auf ein regelmäßiges Nachfüllen von Stickstoff und damit eine kontinuierliche Bereitstellung von flüssigem Stickstoff kann somit verzichtet werden, was eine Reduktion an Aufwand bei der Betankung des Schiffes bedeutet. Zudem kann auf

diese Weise die auf der Fahrt mitzuführende Menge an Kühlflüssigkeit (Stickstoff) und damit die aufzubringende Transportenergie vermindert werden.

[0014] Der Flüssigstickstofftank, der Stickstoffkühler und/oder die Stickstoffpumpe sind/ist vorzugsweise außerhalb des Flüssiggastanks angeordnet.

[0015] Der Leitungskreislauf kann eine Umgehungsleitung für die Stickstoffpumpe aufweisen, wobei die Umgehungsleitung vorzugsweise ein Ventil umfasst. So kann das Kühlsystem im Fall eines Defekts der Stickstoffpumpe (beispielsweise druckgesteuert) weiter betrieben werden.

[0016] Der Stickstoffkühler ist vorzugsweise in einer vorgesehenen Pumprichtung (also einer vorgesehenen Strömungsrichtung für den Stickstoff) hinter dem Wärmetauscher angeordnet und dazu eingerichtet, den im Wärmetauscher (im Flüssiggastank) durch die Flüssiggasabdampfung aufgewärmten Stickstoff wieder abzukühlen.

[0017] Der Stickstoffkühler kann insbesondere dazu eingerichtet sein, elektrisch betrieben zu werden. Das Treibstoffsystem kann dazu einen Stromgenerator umfassen, der den Strom für den Stickstoffkühler bereitstellt. Ein solcher Stromgenerator, der bei einem erfindungsgemäßen Fahrzeug oder einer erfindungsgemäßen Anlage beispielsweise im Tankraum angeordnet sein kann, kann insbesondere dazu eingerichtet sein, mit dem Flüssiggas betrieben zu werden, so dass dann also die Kühlleistung aus dem Flüssiggas selbst gewonnen wird. (Im idealen, verlustfreien System würde die für die Kühlung benötigte Energie der Energie des Abdampfungsgases entsprechen.)

[0018] Ein erfindungsgemäßes Fahrzeug (das insbesondere ein Wasserfahrzeug oder ein Landfahrzeug sein kann) weist einen Flüssiggasantrieb sowie - zur Bereitstellung von flüssigem Antriebsgas - ein erfindungsgemäßes Treibstoffsystem gemäß einer der in dieser Schrift offenbarten Ausführungsformen auf.

[0019] Eine erfindungsgemäße Anlage (die z.B. beispielsweise eine verfahrenstechnische Anlage oder eine Fertigungsanlage sein kann) bzw. eine erfindungsgemäße Maschine weist analog einen Flüssiggasantrieb sowie - zur Bereitstellung von flüssigem Antriebsgas - ein erfindungsgemäßes Treibstoffsystem gemäß einer der in dieser Schrift offenbarten Ausführungsformen auf.

[0020] Der Flüssiggasantrieb kann jeweils insbesondere ein Flüssigerdgasantrieb sein.

[0021] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung weist das Kühlsystem eines erfindungsgemäßen Treibstoffsystems einen Auslass für im Wärmetauscher erwärmten Stickstoff auf. Der Auslass, an den der Wärmetauscher vorzugsweise durch eine den Stickstoffkühler umgehende Leitung angeschlossen ist, kann dabei (beispielsweise druckabhängig, z.B. mittels eines Überdruckventils) geschlossen und geöffnet werden.

[0022] Insbesondere ermöglicht ein solcher Auslass einen optionalen Betrieb des Kühlsystems (z.B. bei einem Ausfall des Stickstoffkühlers oder der Pumpe) als offenes System, in dem der Stickstoff, nachdem er Wärme der Flüssiggasabdampfung aufgenommen hat, nicht durch den Stickstoffkühler geleitet und wieder abgekühlt, sondern über eine Leitung direkt durch den Auslass abgeführt wird. Der Stickstoff wird in diesem Falle also gasförmig in die Umwelt abgelassen. Je nach Größe des Stickstoffvorrats im Flüssigstickstofftank kann das System dann noch eine gewisse Zeit (z.B. in der Größenordnung von mehreren Tagen) betrieben werden. In diesem Zeitraum sollte entweder eine Reparatur des Kühlsystems bzw. der defekten Komponente(n) oder eine entsprechende Gefahrensicherung erfolgen.

[0023] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst das Kühlsystem zudem ein Stickstoff-Druckgasreservoir, das über eine Leitung (die ein vorzugsweise steuerbares Ventil umfassen kann) an den Flüssigstickstofftank angeschlossen ist. Dies erlaubt die Steuerung eines Betriebsdrucks im Flüssigstickstofftank: Mit dem Betriebsdruck ändert sich dann auch die Verdampfungstemperatur des verdampfenden Stickstoffs. Das System erlaubt daher über den Druck eine Steuerung der Verdampfungsenergie und damit der Kühlleistung des Wärmetauschers.

[0024] Zur Begrenzung eines Maximaldrucks im Leitungskreislauf (insbesondere im Flüssigstickstofftank) weist das Kühlsystem vorzugsweise einen Überdruckauslass auf. Durch diesen kann dann druckabhängig Stickstoff aus dem Kühlsystem abgelassen werden.

[0025] In für den Betriebszustand vorgesehener Ausrichtung des Flüssiggastanks ist der Wärmetauscher vorzugsweise in einem Gasraum des Flüssiggastanks angeordnet, also oberhalb eines Flüssigkeitsspiegels (bzw. eines vorgesehenen maximalen Füllstandes) des Flüssiggases. Insbesondere kann der Wärmetauscher bei einer derartigen Ausrichtung des Flüssiggastanks vorzugsweise in einem obersten Viertel oder sogar obersten Sechstel eines Innenraums des Flüssiggastanks angeordnet sein.

[0026] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform weist der Wärmetauscher eine Mehrzahl an Kühlrohren zum Hindurchleiten von Stickstoff (aus dem Leitungskreislauf) auf. Vorzugsweise weisen die mehreren Kühlrohre eine gemeinsame Zu- und/oder eine gemeinsame Ableitung auf, so dass sich ein durchgeleiteter Stickstoffstrom erst in den Kühlrohren teilt und (in seiner Strömungsrichtung) hinter den Kühlrohren wieder zusammengeführt wird.

[0027] Die Mehrzahl an Kühlrohren kann insbesondere mindestens zwei Kühlrohre umfassen, die mindestens abschnittsweise entlang einem jeweiligen Ring um eine gemeinsame zentrale Achse verlaufen. Die jeweiligen Ringe der zwei oder mehr Kühlrohre können dabei in Richtung der gemeinsamen zentralen Achse übereinander angeordnet sein und so mehrere Lagen ausbilden (und beispielsweise denselben Radius aufweisen). Alternativ oder zusätzlich kann die Mehrzahl mindestens zwei Kühlrohre umfassen, die mindestens abschnittsweise entlang einem jeweiligen Ring um eine gemeinsame zentrale Achse verlaufen, wobei die jeweiligen Ringe unterschiedliche Radien aufweisen und die Kühlrohre

in einer gemeinsamen Lage angeordnet sind (so dass also mindestens ein Ring einen anderen Ring außen umläuft).

[0028] In einer für den Betriebszustand vorgesehener Ausrichtung des Flüssiggastanks verläuft die gemeinsame zentrale Achse vorzugsweise im Wesentlichen vertikal.

[0029] Vorzugsweise bildet die Mehrzahl an Kühlrohren mindestens einen Spalt aus, durch den Abdampfungsgas im Flüssiggastank zwischen mehreren der Kühlrohre hindurchströmen kann. Dadurch kann eine besonders wirkungsvolle Kühlung erreicht werden.

[0030] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung umfasst der Wärmetauscher mindestens ein Abtropfblech für am Wärmetauscher kondensierte Abdampfung des Flüssiggases. Das mindestens eine Abtropfblech kann insbesondere an einem - bezogen auf eine für den Betriebszustand vorgesehenen Ausrichtung des Flüssiggastanks - untersten Kühlrohr des Wärmetauschers angeordnet sein. Insbesondere kann es dem Verlauf mindestens eines der Kühlrohre (z.B. einem untersten) folgen, beispielsweise mindestens abschnittsweise ringartig ausgebildet sein.

[0031] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist ein erfindungsgemäßes Treibstoffsystem mindestens ein Abzugssystem mit einem Kamin auf, wobei der Flüssiggastank über mindestens eine Leitung mit dem Abzugssystem verbunden ist. Die Leitung kann dabei ein Überdruckventil umfassen. So kann ein Überschreiten des maximalen Tankdrucks im Flüssiggastank verhindert werden, indem (insbesondere in einem Fehlerfall) Abdampfungsgas aus dem Flüssiggastank durch das Abzugssystem abgelassen werden kann.

[0032] Das Kühlsystem kann (über eine entsprechende Leitung) ebenfalls mit dem Abzugssystem verbunden sein. Insbesondere können/kann der oben genannte Auslass für im Wärmetauscher erwärmten Stickstoff und/oder der Überdruckauslass (für Stickstoff) in das Abzugssystem für den Flüssiggastank führen oder in einen (ggf. jeweiligen oder gemeinsamen) separaten Abzug.

[0033] Analog kann ein Flüssiggasantrieb eines erfindungsgemäßen Fahrzeugs bzw. einer erfindungsgemäßen Anlage oder Maschine einen eigenen Abzug aufweisen oder an das genannte Abzugssystem für den Flüssiggastank angeschlossen sein.

[0034] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist das Abzugssystem mindestens einen Brenner zum gezielten Abfackeln von ausgeleitetem Gas (das insbesondere Abdampfungsgas aus dem Flüssiggastank oder - im Falle eines entsprechenden Anschlusses - zum Betrieb des Antriebssystems gebrauchtes Gas sein kann). In einer für den Betriebszustand vorgesehenen Ausrichtung des Abzugssystems ist der Brenner vorzugsweise in einem oberen Drittel, bevorzugter in einem oberen Achtel oder sogar einem oberen Zehntel des Kamins angeordnet.

[0035] Zur Vermeidung eines Rückschlags von brennendem Gas in den Flüssiggastank weist das Abzugssystem vorzugsweise eine Deflagrationssicherung auf. Sie verhindert die explosionsartige Ausbreitung von Flammen zurück in den Flüssiggastank.

[0036] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform weist ein erfindungsgemäßes Treibstoffsystem ein Abzugssystem und zudem ein Stickstoff-Spülsystem zum Zuleiten von Stickstoff in das Abzugssystem auf. Das Stickstoff-Spülsystem kann dazu ein Stickstoffreservoir umfassen, beispielsweise mindestens eine Stickstoff-Druckgasflasche; das Stickstoffreservoir kann dabei ganz oder teilweise mit dem oben genannten Stickstoff-Druckgasreservoir des Kühlsystems übereinstimmen oder ein separates Stickstoffreservoir sein. Vorzugsweise weist das Stickstoff-Spülsystem mindestens ein Ventil und/oder mindestens einen Druckregler auf. Mit Hilfe des Stickstoff-Spülsystems kann im Falle, dass das Stickstoff-Kühlsystem versagt und in letzter Konsequenz brennbares Abdampfungsgas abgelassen werden muss, dieses brennbare Gas mit Stickstoff versetzt bzw. verdünnt und damit in einer nicht brennbaren Konzentration abgelassen werden. Durch die Kombination von Kühlsystem, Stickstoff-Spülsystem und Abzugssystem kann somit eine Redundanz geschaffen werden, die den Ausfall eines Teils (z.B. einzelner Komponenten) des Treibstoffsystems kompensieren kann. So kann im Fehlerfall zumindest über einen begrenzten Zeitraum ein sicherer Betrieb gewährleistet werden, ohne dass das Abdampfungsgas in gefährlicher Konzentration in die Umgebung gelangt.

[0037] Vorzugsweise weist ein erfindungsgemäßes Treibstoffsystem ein Bedrückungssystem für den Flüssiggastank auf, das einen (zur besseren Unterscheidbarkeit hier auch als "Verdampfungswärmetauscher" bezeichneten) weiteren Wärmetauscher zur Verdampfung von Flüssiggas aus dem Flüssiggastank sowie eine Leitung zur Einleitung von verdampftem Flüssiggas in den Flüssiggastank umfasst. Damit kann der Druck im Flüssiggastank gezielt erhöht werden.

[0038] Ein erfindungsgemäßes Verfahren dient dem Kühlen einer Abdampfung von Flüssiggas eines Flüssiggasantriebs. Das Flüssiggas (das insbesondere Flüssigerdgas sein kann) ist dabei in einem Flüssiggastank eines erfindungsgemäßen Treibstoffsystems gemäß einer der in dieser Schrift offenbarten Ausführungsformen angeordnet, und das Verfahren umfasst ein Durchleiten von Stickstoff durch den im Flüssiggastank befindlichen Wärmetauscher.

[0039] Gemäß einer Weiterbildung eines erfindungsgemäßen Verfahrens ist das Treibstoffsystem mit dem oben genannten verschließbaren bzw. zu öffnenden Auslass für im Wärmetauscher erwärmten Stickstoff ausgebildet. Das Verfahren kann dann in einer ersten Phase ein Durchleiten von Stickstoff durch den Leitungskreislauf des Kühlsystems bei geschlossenem Auslass umfassen sowie in einer zweiten Phase (beispielsweise nach Ausfall der Pumpe oder des Stickstoffkühlers) ein Durchleiten von Stickstoff vom Flüssigstickstofftank durch den Wärmetauscher und zum (geöffneten) Auslass, vorzugsweise unter Umgehung des Stickstoffkühlers. Ein Öffnen des Auslasses kann insbesondere nach Auftreten eines Fehlers druckgesteuert, z.B. mittels eines Überdruckventils erfolgen.

[0040] Analog kann das Treibstoffsystem einen Überdruckauslass zur Begrenzung eines Maximaldrucks im Leitungskreislauf des Treibstoffsystems aufweisen und das Verfahren in der zweiten Phase ein Ablassen von Stickstoff durch den Überdruckauslass umfassen.

[0041] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst das Treibstoffsystem wie oben erwähnt ein Abzugssystem und ein Stickstoff-Spülsystem. Das Verfahren umfasst in dieser Variante während eines ersten Zeitraums ein Kühlen von Abdampfungsgas mittels des Kühlsystems sowie während eines zweiten Zeitraums (beispielsweise nach einem Ausfall des Kühlsystems) ein Ausleiten von Abdampfungsgas durch das Abzugssystem. Im Fall, dass das Abzugssystem einen Brenner umfasst, kann das Verfahren ein Abfackeln des Abdampfungsgases während des zweiten Zeitraums umfassen.

[0042] Im vorteilhaften Fall, dass das Treibstoffsystem neben dem Abzugssystem ein Stickstoff-Spülsystem aufweist, kann das Verfahren ein Verdünnen des Abdampfungsgases im Abzugssystem auf nichtbrennbare Konzentration durch Zuleiten von Stickstoff aus dem Stickstoff-Spülsystem in das Abzugssystem umfassen.

[0043] Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es versteht sich, dass einzelne gezeigte Elemente und Komponenten nicht notwendig umfasst sind bzw. auch anders kombiniert werden können als dargestellt. Bezugszeichen für einander entsprechende Elemente sind figurenübergreifend verwendet und werden ggf. nicht für jede Figur neu beschrieben.

[0044] Es zeigen schematisch:

Figur 1: eine exemplarische Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Treibstoffsystems;

Figur 2a: eine Ansicht eines Wärmetauschers einer Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Treibstoffsystems;

Figur 2b: eine Ansicht des in der Figur 2a gezeigten Wärmetauschers aus einer anderen Perspektive; und

Figur 3: einen Ausschnitt einer Schnittansicht eines Wärmetauschers einer Ausführungsvariante in Funktion.

[0045] In Figur 1 ist ein erfindungsgemäßes Treibstoffsystem 1 in einer exemplarischen Ausführungsform in einer für den Betriebszustand vorgesehenen Ausrichtung schematisch dargestellt. Das Treibstoffsystem 1, das in ein Fahrzeug (z.B. ein Wasser- oder Landfahrzeug), eine Anlage oder eine Maschine (jeweils) mit Flüssiggasantrieb eingebaut sein oder werden kann, umfasst ein Kühlsystem 10 und einen Tankraum 20 mit einem Flüssiggastank 21. Dieser ist dazu eingerichtet, über eine Leitung 22 mit einem (nicht gezeigten) Antriebssystem verbunden zu werden oder ist bereits damit verbunden.

[0046] Das Kühlsystem 10 weist einen Flüssigstickstofftank 11, eine Stickstoffpumpe 12, einen Wärmetauscher 13 und einen Stickstoffkühler 14 auf, die in einem Leitungskreislauf miteinander verbunden sind. Über eine Leitung mit einem (vorzugsweise steuerbaren) Ventil ist der Flüssigstickstofftank 11 an ein Stickstoff-Druckgasreservoir 16 angeschlossen, das vorliegend als Stickstoff-Druckgasflasche ausgebildet ist. Mit Hilfe des Stickstoff-Druckgasreservoirs 16 kann ein Betriebsdruck im Flüssigstickstofftank 11 eingestellt werden, der die Kühlleistung des Wärmetauschers 13 bestimmt.

[0047] Der Wärmetauscher 13 ist im Inneren des Flüssiggastanks 21 angeordnet, und zwar in einem oberen Bereich, oberhalb eines (nicht gezeigten) Flüssigkeitsspiegels des enthaltenen Flüssiggases, so dass eine Flüssiggasabdampfung den Wärmetauscher 13 umströmen und an ihm kondensieren kann.

[0048] Die Stickstoffpumpe 12 ist dazu eingerichtet, Stickstoff im Leitungskreislauf zur Zirkulation zu bringen. Sie ist über eine ein Ventil umfassende Leitung 15 mit dem Flüssigstickstofftank 11 verbunden und kann (insbesondere im Falle eines Defekts der Stickstoffpumpe) vorliegend durch eine Leitung 17 mit Ventil umgangen werden.

[0049] Der Stickstoffkühler 14 kann beispielsweise elektrisch zu betreiben sein, beispielsweise mittels eines (nicht dargestellten) Stromgenerators, der seinerseits mit Flüssiggas aus dem Flüssiggastank 21 betrieben werden kann.

[0050] Das dargestellte Treibstoffsystem 1 weist weiterhin ein vorliegend im Tankraum 20 angeordnetes Bedrückungssystem für den Flüssiggastank auf, das einen Verdampfungswärmetauscher 23 zur Verdampfung von Flüssiggas aus dem Flüssiggastank sowie eine Leitung 24 (mit einem Ventil) zur Einleitung von verdampftem Flüssiggas in den Flüssiggastank umfasst.

[0051] Über eine Leitung 25 mit einem Überdruckventil 26 ist der Flüssiggastank 21 mit einem Abzugssystem 30 verbunden. Bei Überschreitung eines vorgegebenen Maximaldrucks im Flüssiggastank 21 kann damit Abdampfungsgas in die Umgebung abgelassen werden, wie in der Zeichnung durch einen Pfeil angegeben ist.

[0052] Das Abzugssystem umfasst einen Kamin 31, in dessen oberem Achtel ein Brenner 32 zum gezielten Abfackeln von Abdampfungsgas angeordnet ist. Zwischen dem Flüssiggastank 21 und dem Brenner 32 ist im Kamin 31 eine Deflagrationssicherung 33 angeordnet, mit der ein Rückschlag von Flammen in den Flüssiggastank 21 verhindert werden soll.

[0053] Zudem umfasst das Treibstoffsystem 1 im gezeigten Ausführungsbeispiel ein Stickstoff-Spülsystem 40 mit einem Stickstoffreservoir 41, das vorliegend eine Druckgasflasche umfasst und über eine Leitung 42 (die mindestens ein Ventil umfasst) mit dem Abzugssystem 30 verbunden ist. Durch die Leitung 42 kann so Stickstoff dem Abzugssystem,

insbesondere dem Kamin 31 zugeführt und damit ggf. eingeleitetes Abdampfungsgas auf eine nicht brennbare Konzentration verdünnt werden. Das Stickstoff-Spülsystem bietet somit eine zusätzliche Sicherung des Treibstoffsystems.

[0054] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel umfasst das Treibstoffsystem zur Erhöhung der Sicherheit mittels Redundanzen sowohl das Stickstoff-Spülsystem 40 als auch den Brenner 32; in alternativen Ausführungsvarianten ist keine oder lediglich dieser beiden Einheiten umfasst.

[0055] Das Kühlsystem 10 umfasst einen Auslass 18 für im Wärmetauscher 13 erwärmten Stickstoff und einen Überdruckauslass 19 zur Begrenzung eines Maximaldrucks im Leitungskreislauf (insbesondere im Flüssigstickstofftank), die vorliegend beide als Überdruckventile ausgebildet sind und in den Kamin 31 des Abzugssystems 30 führen. Über den Auslass 18 kann das Treibstoffsystem 1 als offenes System unter Umgehung des Stickstoffkühlers 14 betrieben werden, beispielsweise bei einem Defekt des Stickstoffkühlers 14 oder der Pumpe 12 für eine Zeit bis zu einer Reparatur.

[0056] In den Figuren 2a und 2b ist in zwei verschiedenen Perspektiven ein exemplarischer Wärmetauscher 13 dargestellt, der in einer vorteilhaften Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Treibstoffsystems 1 Anwendung findet: In für den Betriebszustand vorgesehener Ausrichtung des Flüssiggastanks zeigt Figur 2a den Wärmetauscher von oben, die Blickrichtung auf die Figur verläuft also vertikal, wohingegen die Figur 2b den Wärmetauscher 13 von der Seite, also mit horizontal verlaufender Blickrichtung auf die Figur zeigt.

[0057] Der Wärmetauscher 13 weist eine Mehrzahl an Kühlrohren 131, 131', 131'', 131a, 131b, ..., 131n zum Hindurchleiten von Stickstoff auf, die entlang einem jeweiligen Ring um eine gemeinsame zentrale Achse A laufen, die in der Figur 2a in Blickrichtung verläuft und daher nur als Punkt zu sehen ist. Es versteht sich, dass die jeweils dargestellte Anzahl an Kühlrohren lediglich ein Beispiel darstellt.

[0058] Die jeweiligen Ringe der in der Figur 2a sichtbaren Kühlrohre weisen unterschiedliche Radien auf, das Kühlrohr 131 verläuft daher als Ring um das Kühlrohr 131' und dieses wiederum als Ring um das Kühlrohr 131''. Die drei Kühlrohre 131, 131' und 131'' sind dabei in einer gemeinsamen Lage angeordnet, also nicht entlang der zentralen Achse A gegeneinander versetzt. Zwischen den Kühlrohren 131, 131' und 131'' sind (ebenfalls koaxial verlaufende) Spalte S ausgebildet, durch die Abdampfungsgas strömen kann.

[0059] Die in der Figur 2b gezeigten Kühlrohre 131, 131a, 131b, 131n und die nicht mit Bezugszeichen versehenen Kühlrohre sind hingegen in Richtung der zentralen Achse übereinander gestapelt und bilden so mehrere Lagen aus. Die jeweiligen Ringe weisen dabei vorliegend alle denselben Radius auf.

[0060] Die Kühlrohre 131, 131', 131'', 131a, 131b, ..., 131n weisen eine gemeinsame Zuleitung 132 und eine gemeinsame Ableitung 133 auf, durch die Stickstoff ein- bzw. abgeleitet werden kann. In Bezug auf einen Stickstoffdurchfluss sind die Kühlrohre somit parallel geschaltet. In der Figur 2b ist die vorgesehene Durchflussrichtung für den Stickstoff durch Pfeile angegeben.

[0061] Am vorliegend untersten Kühlrohr 131n ist ein Abtropfblech 134 angeordnet, das dem Ringverlauf des Kühlrohrs 131n folgt und sich vertikal erstreckt. Am Abtropfblech 134 kann kondensiertes Abdampfungsgas abtropfen.

[0062] Ein derartiges Abtropfen ist in der Figur 3 dargestellt, die einen Abschnitt des Wärmetauschers 13 in einer Schnittdarstellung und in Funktion zeigt: Wie durch Pfeile angegeben, strömt das Abdampfungsgas mit zunehmender Abkühlung von oben nach unten durch die Spalte S zwischen den gestapelten Kühlrohren hindurch, bis es im Bereich der untersten Kühlrohrlage (mit Kühlrohr 131n und bezogen auf die zentrale Achse weiter innen liegenden Kühlrohren) kondensiert ist. Die untersten Kühlrohre weisen jeweils ein ringartig ausgebildetes und sich vertikal erstreckendes Abtropfblech 134, 134', 134'' auf, an dem die Flüssigkeitstropfen F aus dem kondensierten Abdampfungsgas nach unten fallen.

[0063] Offenbart ist ein Treibstoffsystem 1 für einen Flüssiggasantrieb. Das Treibstoffsystem weist einen Flüssiggastank 21 und ein Kühlsystem 10 für eine Flüssiggasabdampfung auf, das einen Flüssigstickstofftank 11, eine Stickstoffpumpe 12, einen Wärmetauscher 13 und einen Stickstoffkühler 14 umfasst, die in einem Leitungskreislauf miteinander verbunden sind. Der Wärmetauscher 13 ist im Inneren des Flüssiggastanks 21 angeordnet.

[0064] Offenbart sind ferner ein Fahrzeug, eine Anlage und eine Maschine jeweils mit einem Treibstoffsystem 1 sowie ein Verfahren zum Kühlen einer Abdampfung von Flüssiggas eines Flüssiggasantriebs.

Bezugszeichen

[0065]

1 Treibstoffsystem

10 Kühlsystem

11 Flüssigstickstofftank

12 Stickstoffpumpe

13 Wärmetauscher

14 Stickstoffkühler

15 Leitung
 16 Stickstoff-Druckgasreservoirs
 17 Leitung
 18 Auslass für im Wärmetauscher 13 erwärmten Stickstoff
 5 19 Überdruckauslass

20 Tankraum
 21 Flüssiggastank
 22 Leitung zu einem (nicht gezeigten) Antriebssystem
 10 23 Verdampfungswärmetauscher
 24 Leitung
 25 Leitung
 26 Überdruckventil

15 30 Abzugssystem
 31 Kamin
 32 Brenner
 33 Deflagrationssicherung
 40 Stickstoff-Spülsystem
 20 41 Stickstoffreservoir
 42 Leitung

131, 131', 131'', 131a, 131b, ..., 131n Kühlrohr
 132 Zuleitung
 25 133 Ableitung
 134, 134', 134'' Abtropfblech

A zentrale Achse
 F Flüssigkeitstropfen
 30 S Spalt

Patentansprüche

- 35 1. Treibstoffsystem (1) für einen Flüssiggasantrieb, wobei das Treibstoffsystem einen Flüssiggastank (21) und ein Kühlsystem (10) mit einem Flüssigstickstofftank (11) und einem im Inneren des Flüssiggastanks (21) angeordneten Wärmetauscher (13) aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass
 40 das Kühlsystem weiterhin eine Stickstoffpumpe (12) und einen Stickstoffkühler (14) umfasst, die in einem Leitungs-
 kreislauf mit dem Flüssigstickstofftank (11) und dem Wärmetauscher (13) verbunden sind.
2. Treibstoffsystem gemäß Anspruch 1, wobei der Wärmetauscher eine Mehrzahl an Kühlrohren (131, 131', 131'', 131a, 131b, 131n) zum Hindurchleiten von Stickstoff aufweist.
- 45 3. Treibstoffsystem gemäß Anspruch 2, wobei die Mehrzahl mindestens zwei Kühlrohre (131, 131', 131'', 131a, 131b, 131n) umfasst, die mindestens abschnittsweise entlang einem jeweiligen Ring um eine gemeinsame zentrale Achse (A) verlaufen.
- 50 4. Treibstoffsystem gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, das zudem mindestens ein Abzugssystem (30) mit einem Kamin (31) aufweist, mit dem der Flüssiggastank (21) über mindestens eine Leitung (25) verbunden ist.
5. Treibstoffsystem nach Anspruch 4, wobei das mindestens eine Abzugssystem (30) mindestens einen Brenner (32) zum Abfackeln von ausgeleitetem Gas umfasst.
- 55 6. Treibstoffsystem gemäß einem der Ansprüche 4 oder 5, das ein Stickstoff-Spülsystem (40) zum Zuleiten von Stickstoff in das Abzugssystem (30) umfasst.
7. Treibstoffsystem gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, das zudem ein Bedrückungssystem für den Flüss-

siggastank (21) umfasst, das einen Verdampfungswärmetauscher (23) zur Verdampfung von Flüssiggas aus dem Flüssiggastank sowie eine Leitung (24) zur Einleitung von verdampftem Flüssiggas in den Flüssiggastank (21) umfasst.

- 5 8. Treibstoffsystem gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Kühlsystem (10) einen verschließbaren bzw. zu öffnenden Auslass (18) für im Wärmetauscher (13) erwärmten Stickstoff und/oder einen Überdruckauslass (19) zur Begrenzung eines Maximaldrucks im Leitungskreislauf aufweist.
- 10 9. Treibstoffsystem gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Kühlsystem (10) ein Stickstoff-Druckgasreservoir (16) umfasst, das über eine Leitung an den Flüssigstickstofftank (11) angeschlossen ist.
10. Fahrzeug, insbesondere Wasserfahrzeug, mit einem Flüssiggasantrieb, das zur Bereitstellung von flüssigem Antriebsgas ein Treibstoffsystem (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche aufweist.
- 15 11. Anlage oder Maschine mit einem Flüssiggasantrieb, wobei die Anlage bzw. die Maschine zur Bereitstellung von flüssigem Antriebsgas ein Treibstoffsystem (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 aufweist.
12. Verfahren zum Kühlen einer Abdampfung von Flüssiggas eines Flüssiggasantriebs, wobei das Flüssiggas in einem Flüssiggastank eines Treibstoffsystems (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 angeordnet ist, und wobei das
20 Verfahren ein Durchleiten von Stickstoff durch den im Flüssiggastank (21) befindlichen Wärmetauscher (13) umfasst.
13. Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei das Treibstoffsystem gemäß Anspruch 8 ausgebildet ist und das Verfahren in einer ersten Phase ein Durchleiten von Stickstoff durch den Leitungskreislauf des Kühlsystems (10) bei geschlossenem Auslass (18) bzw. Überdruckauslass (19) sowie in einer zweiten Phase ein Ablassen von Stickstoff durch
25 den Auslass (18) für im Wärmetauscher erwärmten Stickstoff bzw. durch den Überdruckauslass (19) umfasst.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 oder 13, wobei das Treibstoffsystem gemäß Anspruch 4 ausgebildet ist, und wobei das Verfahren ein Kühlen von Abdampfungsgas mittels des Kühlsystems während eines ersten Zeitraums sowie ein Ausleiten von Abdampfungsgas durch das Abzugssystem (30) während eines zweiten Zeitraums umfasst.
- 30

Claims

- 35 1. Fuel system (1) for a liquified gas drive, wherein the fuel system has a liquified gas tank (21) and a cooling system (10) having a liquid nitrogen tank (11) and a heat exchanger (13) arranged in the interior of the liquified gas tank (21) **characterized in that** the cooling system additionally comprises a nitrogen pump (12) and a nitrogen cooler (14) which are connected to the liquid nitrogen tank (11) and to the heat exchanger (13) in a conduit circuit.
- 40 2. Fuel system according to claim 1, wherein the heat exchanger has a plurality of cooling pipes (131, 131', 131'', 131a, 131b, 131n) for the passage of the nitrogen.
3. Fuel system according to claim 2, wherein the plurality comprises at least two cooling pipes (131, 131', 131'', 131a, 131b, 131n) which run at least in sections along a respective ring about a common central axis (A).
- 45 4. Fuel system according to one of the preceding claims, which additionally has at least one exhaust system (30) with a flue (31), to which exhaust gas system the liquid gas tank (21) is connected via at least one conduit (25).
5. Fuel system according to claim 4, wherein the at least one exhaust system (30) comprises at least one burner (32) for flaring off discharged gas.
- 50 6. Fuel system according to one of claims 4 or 5, which comprises a nitrogen purge system (40) for feeding nitrogen into the exhaust system (30).
- 55 7. Fuel system according to one of the preceding claims, which additionally comprises a pressurization system for the liquid gas tank (21), which comprises an evaporation heat exchanger (23) for evaporating liquid gas from the liquid gas tank and a conduit (24) for introducing vaporized liquid gas into the liquid gas tank (21).

8. Fuel system according to one of the preceding claims, wherein the cooling system (10) has a closable or openable outlet (18) for nitrogen heated in the heat exchanger (13) and/or a pressure-relief outlet (19) for limiting a maximum pressure in the conduit circuit.
- 5 9. Fuel system according to one of the preceding claims, wherein the cooling system (10) comprises a nitrogen compressed gas reservoir (16) which is connected to the liquid nitrogen tank (11) via a conduit.
- 10 10. Vehicle, in particular watercraft, having a liquid gas drive which has a fuel system (1) according to one of the preceding claims for providing liquid drive gas.
11. Installation or machine having a liquid gas drive, wherein the installation or the machine has a fuel system (1) according to one of claims 1 to 9 for providing liquid drive gas.
- 15 12. Method for cooling an evaporation of liquid gas of a liquid gas drive, wherein the liquid gas is arranged in a liquid gas tank of a fuel system (1) according to one of claims 1 to 9, and wherein the method comprises passing nitrogen through the heat exchanger (13) located in the liquid gas tank (21).
- 20 13. Method according to claim 12, wherein the fuel system is designed according to claim 8 and, in a first phase, the method comprises passing nitrogen through the conduit circuit of the cooling system (10) with outlet (18) or pressure relief outlet (19) closed and, in a second phase, a discharge of nitrogen through the outlet (18) for nitrogen heated in the heat exchanger or through the pressure relief outlet (19).
- 25 14. Method according to one of claims 12 or 13, wherein the fuel system is designed according to claim 4, and wherein the method comprises a cooling of evaporated gas by means of the cooling system during a first period of time and a discharge of evaporated gas through the exhaust system (30) during a second period of time.

Revendications

- 30 1. Système de carburant (1) pour un système de propulsion à gaz liquide, sachant que le système de carburant comporte un réservoir de gaz liquide (21) et un système de refroidissement (10) avec un réservoir d'azote liquide (11) et un échangeur de chaleur (13) disposé à l'intérieur du réservoir de gaz liquide (21),
caractérisé en ce que
le système de refroidissement comprend en plus une pompe d'azote (12) et un refroidisseur d'azote (14), qui sont
35 reliés dans un circuit de conduite au réservoir d'azote liquide (11) et à l'échangeur de chaleur (13).
2. Système de carburant selon la revendication 1, sachant que l'échangeur de chaleur comporte une pluralité de tuyaux de refroidissement (131, 131', 131'', 131a, 131b, 131n) pour faire passer de l'azote à travers.
- 40 3. Système de carburant selon la revendication 2, sachant que la pluralité comprend au moins deux tuyaux de refroidissement (131, 131', 131'', 131a, 131b, 131n), qui passent au moins par endroits le long d'un anneau respectif autour d'un axe (A) central commun.
- 45 4. Système de carburant selon l'une quelconque des revendications précédentes, qui comporte en outre au moins un système d'extraction (30) avec une cheminée (31) avec laquelle le réservoir de gaz liquide (21) est relié par au moins une conduite (25).
- 50 5. Système de carburant selon la revendication 4, sachant qu'au moins un système d'extraction (30) comprend au moins un brûleur (32) pour le torchage du gaz évacué.
6. Système de carburant selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, qui comprend un système de purge d'azote (40) pour l'alimentation d'azote dans le système d'extraction (30).
- 55 7. Système de carburant selon l'une quelconque des revendications précédentes, qui comprend en outre un système de mise en pression pour le réservoir de gaz liquide (21), qui comprend un échangeur de chaleur à évaporation (23) pour l'évaporation du gaz liquide du réservoir de gaz liquide ainsi qu'une conduite (24) pour introduire du gaz liquide évaporé dans le réservoir de gaz liquide (21).

8. Système de carburant selon l'une quelconque des revendications précédentes, sachant que le système de refroidissement (10) comporte une sortie fermable ou à ouvrir (18) pour l'azote réchauffé dans l'échangeur de chaleur (13) et/ou une sortie de surpression (19) pour limiter une pression maximale dans le circuit de conduite.

5 9. Système de carburant selon l'une quelconque des revendications précédentes, sachant que le système de refroidissement (10) comprend un réservoir de gaz sous pression à azote (16), qui est raccordé par une conduite au réservoir d'azote liquide (11).

10 10. Véhicule, en particulier embarcation, avec un système de propulsion à gaz liquide, qui comporte un système de carburant (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes pour fournir du gaz de propulsion liquide.

11. Installation ou machine avec un système de propulsion à gaz liquide, sachant que l'installation ou la machine comporte un système de carburant (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 pour fournir du gaz de propulsion liquide.

15 12. Procédé de refroidissement d'une évaporation de gaz liquide d'un système de propulsion à gaz liquide, sachant que le gaz liquide est disposé dans un réservoir de gaz liquide d'un système de carburant (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 et sachant que le procédé comprend un conduit de passage d'azote à travers l'échangeur de chaleur (13) se trouvant dans le réservoir de gaz liquide (21).

20 13. Procédé selon la revendication 12, sachant que le système de carburant est constitué selon la revendication 8 et le procédé comprend dans une première phase, un passage d'azote à travers le circuit de conduite du système de refroidissement (10) avec la sortie (18) ou la sortie de surpression (19) fermée, et, dans une deuxième phase, une décharge d'azote à travers la sortie (18) pour l'azote réchauffé dans l'échangeur de chaleur ou à travers la sortie de surpression (19).

25 14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 ou 13, sachant que le système de carburant est constitué selon la revendication 4 et sachant que le procédé comprend, pendant une première période de temps, un refroidissement du gaz d'évaporation au moyen du système de refroidissement ainsi que pendant une deuxième période de temps, une évacuation du gaz d'évaporation par le système d'extraction (30).

35

40

45

50

55

Fig. 1:

1

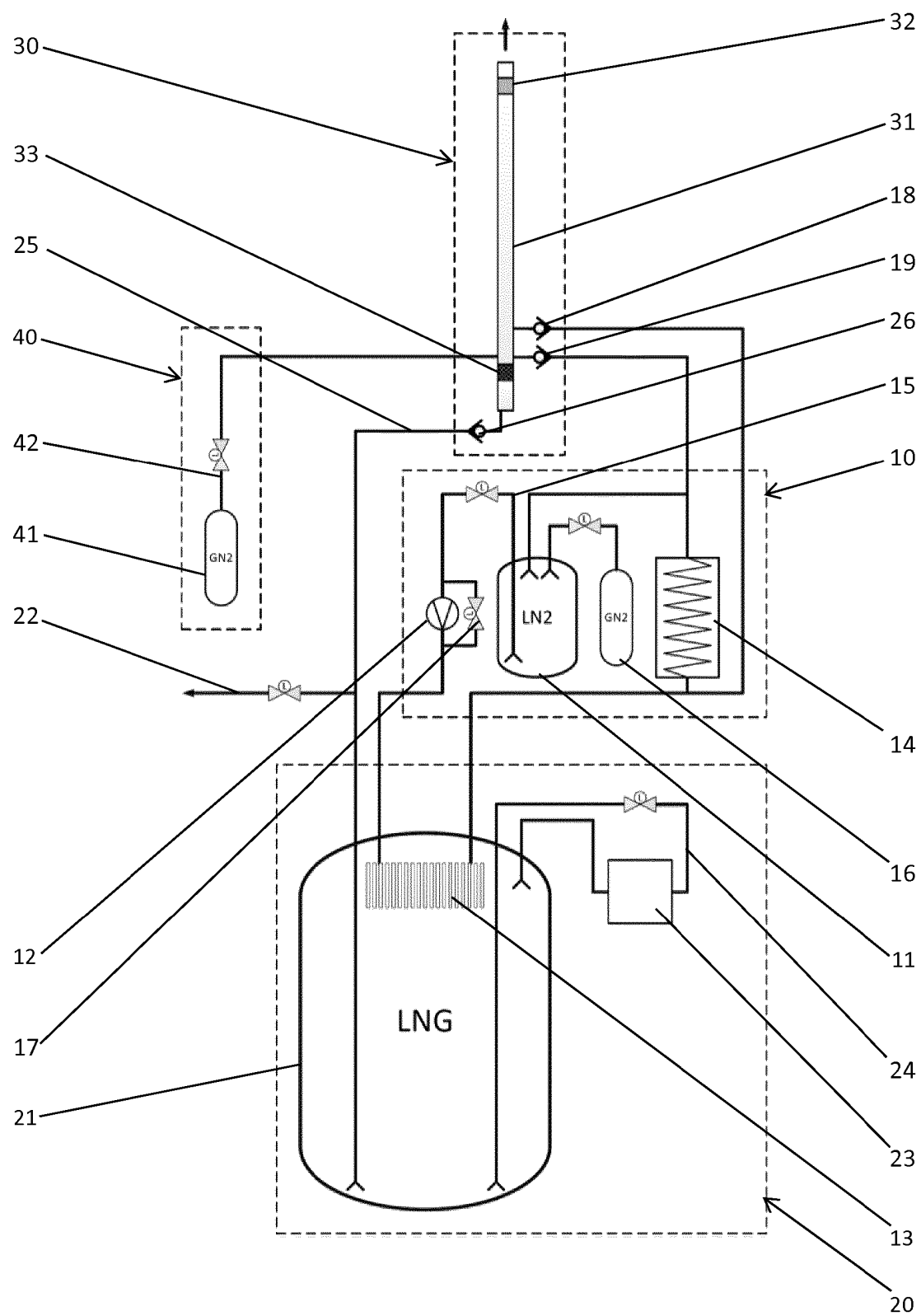


Fig. 2a:

13

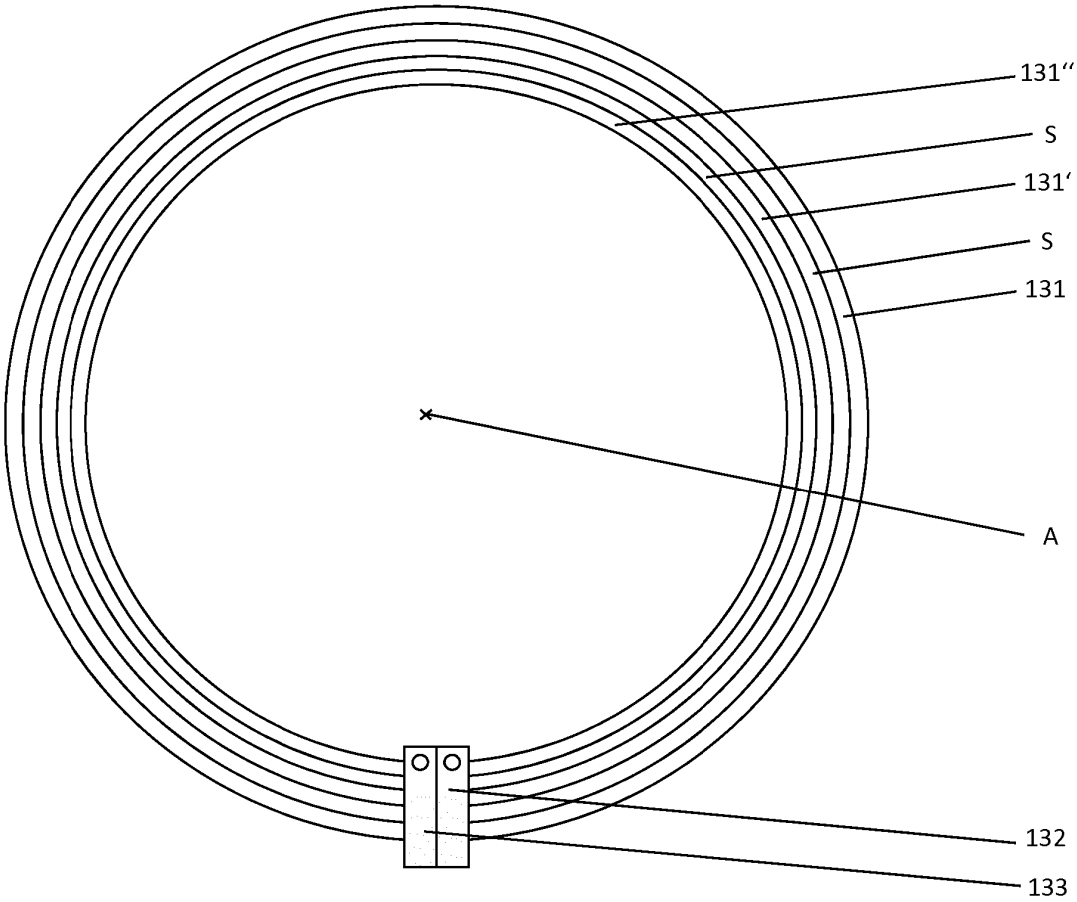


Fig 2b:

13

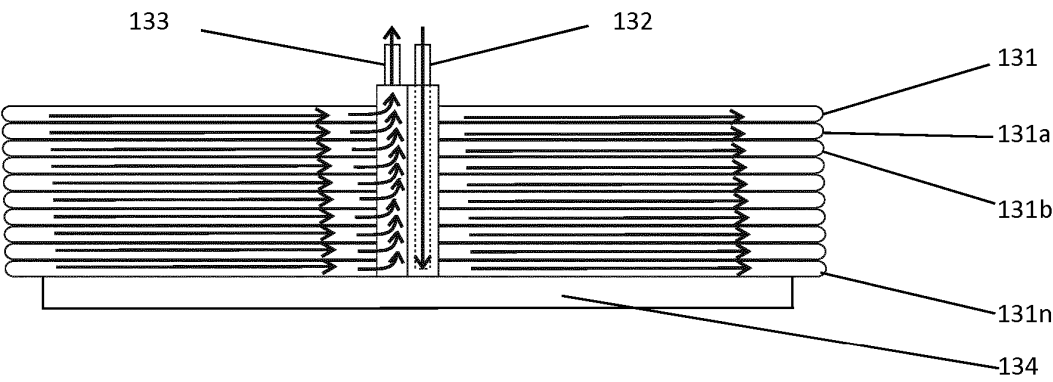
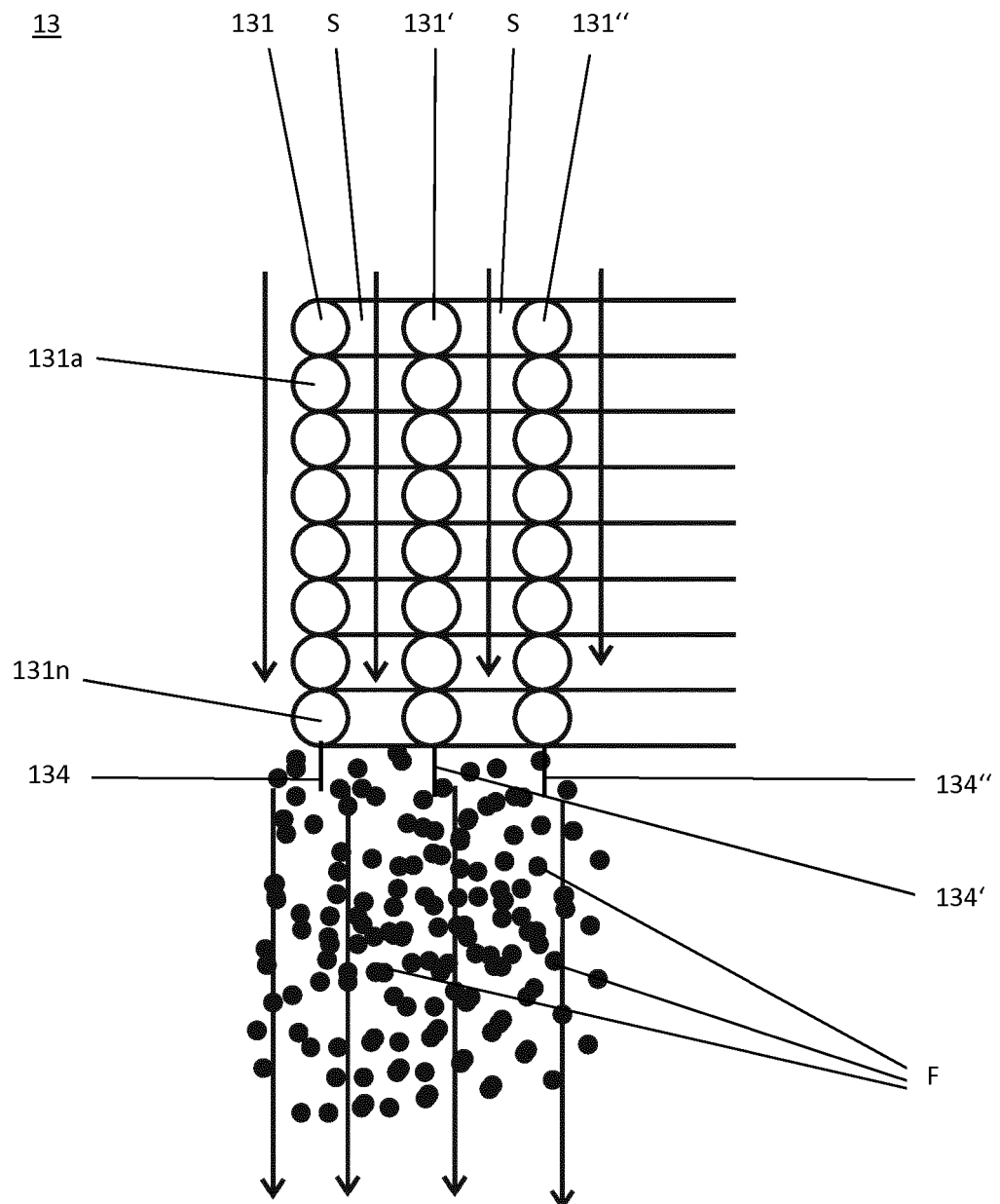


Fig. 3:



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

- EP 2899116 A2 [0005]
- JP 2000266294 A [0007]
- US 2015204604 A1 [0007]