

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
8. Mai 2014 (08.05.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/067652 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F25J 1/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/003259

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. Oktober 2013 (29.10.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 021 637.8
2. November 2012 (02.11.2012) DE

(71) Anmelder: LINDE AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Klosterhofstr. 1, 80331 München (DE).

(72) Erfinder: KAMANN, Martin; Jawlensky-Straße 12,
81477 Solln (DE). JUNGFER, Bernd; Simmerstraße 10,
80804 München (DE). BURMBERGER, Stephan;
Alpspitzring 72, 82061 Neuried (DE).

(74) Anwalt: LINDE AG; Legal Services Intellectual Property,
Dr.-Carl-von-Linde-Str. 6-14, 82049 Pullach (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

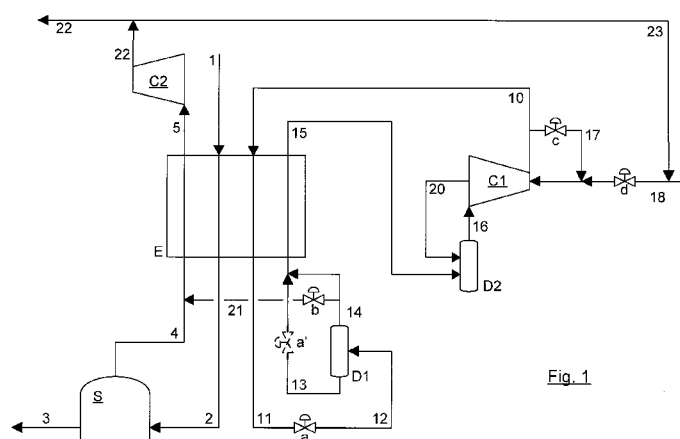
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: METHOD FOR COOLING A HYDROCARBON-RICH FRACTION

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM ABKÜHLEN EINER KOHLENWASSERSTOFF-REICHEN FRAKTION



(57) Abstract: The invention relates to a method for cooling a hydrocarbon-rich fraction, in particular of natural gas, wherein the hydrocarbon-rich fraction (1) is cooled against at least one refrigerant circuit (10 - 15), the refrigerant includes at least nitrogen, carbon dioxide, methane and/or C₂₊-hydrocarbons, the compression of the refrigerant is carried out by at least one turbo compressor (C1) having one or more gas-lubricated sliding-ring seals, and the turbo compressor (C1) is supplied with a partial stream of the refrigerant and/or an external gas or gas mixture, substantially having nitrogen and/or methane, as primary barrier gas, and nitrogen is supplied as secondary barrier gas. According to the invention, at least one nitrogen-rich stream (21) is removed from the refrigerant circuit (10 - 15), at least temporarily.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2014/067652 A2



Es wird ein Verfahren zum Abkühlen einer Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion, insbesondere von Erdgas, beschrieben, wobei - die Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion (1) gegen wenigstens einen Kältemittelkreislauf (10 - 15) abgekühlt wird, das Kältemittel zumindest Stickstoff, Kohlendioxid, Methan und/oder C_{2+} -Kohlenwasserstoffe aufweist, die Verdichtung des Kältemittels mittels wenigstens eines, eine oder mehrere gasgeschmierte Gleitringdichtungen aufweisenden Turboverdichters (C1) erfolgt, und dem Turboverdichter (C1) als primäres Sperrgas ein Teilstrom des Kältemittels und/oder ein externes Gas oder Gasgemisch, aufweisend im Wesentlichen Stickstoff und/oder Methan, und als sekundäres Sperrgas Stickstoff zugeführt werden. Erfindungsgemäß wird dem Kältemittelkreislauf (10 - 15) zumindest zeitweilig wenigstens ein Stickstoff-reicher Strom (21) entnommen.

Beschreibung

Verfahren zum Abkühlen einer Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abkühlen einer Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion, insbesondere von Erdgas, wobei

- 5 - die Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion gegen wenigstens einen Kältemittelkreislauf abgekühlt wird,
- das Kältemittel zumindest Stickstoff und/oder Kohlendioxid und/oder Methan und/oder C₂₊-Kohlenwasserstoffe aufweist,
- die Verdichtung des Kältemittels mittels wenigstens eines, eine oder mehrere
10 gasgeschmierte Gleitringdichtungen aufweisenden Turboverdichters erfolgt, und
- dem Turboverdichter als primäres Sperrgas ein Teilstrom des Kältemittels und/oder ein externes Gas oder Gasgemisch, aufweisend im Wesentlichen Stickstoff und/oder Methan, und als sekundäres Sperrgas Stickstoff zugeführt
15 werden.

Gattungsgemäße Verfahren zum Abkühlen einer Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion kommen insbesondere bei der Verflüssigung von Erdgas zur Anwendung. Für den Verflüssigungsprozess wird Kälte benötigt, die üblicherweise durch einen oder mehrere
20 Kältemittelkreisläufe bereitgestellt wird. Hierbei sind geschlossene und von Turboverdichtern angetriebene Kältemittelkreisläufe von besonderer Bedeutung. Als Kältemittel werden in geschlossenen Kreisläufen teilweise Reinstoffe, zumeist aber Stoffgemische unter Verwendung einer Auswahl der Stoffkomponenten Stickstoff, Methan sowie C₂H₄, C₂H₆, C₃H₆, C₃H₈, i/n-C₄H₁₀ und i/n-C₅H₁₂, etc. in variablen
25 Anteilen eingesetzt. Unter dem Begriff „C₂₊-Kohlenwasserstoffe“ seien im vorliegenden Falle die vorgenannten Komponenten C₂H₄, C₂H₆, C₃H₆, C₃H₈, i/n-C₄H₁₀ und i/n-C₅H₁₂, etc. zu verstehen.

Für den stationären Anlagenbetrieb wird das Inventar des Kältekreislaufs bezüglich
30 Menge und molarer Zusammensetzung konstant gehalten. Jedoch kommt es zwangsläufig zu Leckagen des Kältekreislaufs oder zum Eintrag zusätzlicher Stoff- oder Komponentenströme in den Kältekreislauf. Verantwortlich hierfür sind im

Wesentlichen die Wellenabdichtungen der für die Verdichtung des Kältemittels vorzusehenden Turboverdichter sowie deren Sperrgasversorgung.

Diese Verunreinigung und/oder Leckage des Kältemittels ist zu kompensieren.

- 5 Während üblicherweise die Verfügbarkeit von Stickstoff innerhalb einer Verflüssigungsanlage sowie die Bereitstellung des Methans aus dem zu verflüssigenden Erdgas gewährleistet ist, ist die permanente Kompensation der C₂₊-Kohlenwasserstoff-Verluste mit hohem Installationsaufwand, hohen Betriebskosten und ggf. logistischen Problemen verbunden.

10

Es ist folglich darauf zu achten, dass bei der Auswahl der Wellenabdichtung der Turboverdichter sowie dem Design der zur Dichtung zugehörigen Peripherie das Kältemittelinventar des Kältekreislaufs bestmöglich geschützt wird. Hierzu werden gegenwärtig überwiegend gasgeschmierte Gleitringdichtungen in verschiedenen

- 15 Bauformen eingesetzt. Diese werden mit dem im zugehörigen Kältekreislauf zirkulierenden Kältemittel als primärem Sperrgas beaufschlagt, um eine prozesseitige Verunreinigung zu vermeiden. Die sekundäre Sperrung erfolgt aus Gründen der Betriebssicherheit stets mit Stickstoff, so dass in der primären Ableitung der Gasdichtung ein Gemisch aus Kältemittel und Stickstoff vorliegt. Dieses Gemisch wird
20 im Allgemeinen zur Anlagenfackel abgeführt, woraus ein Verlust an Kältemittel resultiert.

Prinzipiell kann zur primären Sperrgasbeaufschlagung auch ein externes Sperrgas herangezogen werden, jedoch liegt in diesem Fall selbst bei geeigneter Auswahl der
25 Dichtungsart stets ein Fremdkomponenteneintrag in den Kältekreislauf und somit eine Verunreinigung des Kältemittels vor. Da eine Verunreinigung unter Umständen zum Verlust größerer Mengen des Inventars führt, wird üblicherweise die Sperrung mittels Kältemittel bevorzugt und die durch geeignete Regelung reduzierten Dichtungsverluste, insbesondere der vergleichsweise wertvollen C₂₊-

- 30 Kohlenwasserstoffe bzw. -Komponenten billigend in Kauf genommen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein gattungsgemäßes Verfahren zum Abkühlen einer Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion anzugeben, das die vorgenannten Nachteile vermeidet.

35

Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein Verfahren zum Abkühlen einer Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion vorgeschlagen, das dadurch gekennzeichnet ist, dass dem Kältemittelkreislauf zumindest zeitweilig wenigstens ein Stickstoff-reicher Strom entnommen wird.

5

Hierbei wird der Stickstoff-reiche Strom vorzugsweise am kalten Ende des Kältemittelkreislaufes entnommen. Die Entnahme des Stickstoff-reichen Stromes erfolgt insbesondere dann, wenn der Stickstoff- und/oder Methan-Gehalt des in dem Kältemittelkreislauf zirkulierenden Kältemittels einen vorgegebenen Schwellwert übersteigt.

10

Mit der erfindungsgemäßen Verfahrensweise kann einer Anreicherung des Kältekreislaufes mit Stickstoff- und/oder Methan vorgebeugt werden. Das gewünschte Verhältnis zwischen diesen Komponenten und den C_{2+} -Kohlenwasserstoffen bleibt dadurch im Wesentlichen unverändert. Zur Regulierung der Zusammensetzung des Kältemittels ist es deshalb ausreichend, wenn lediglich diese beiden Komponenten in der bzw. den gewünschten Mengen nachgeführt werden.

15

In vorteilhafter Weise weist der entnommene Stickstoff-reiche Strom einen Anteil an C_{2+} -Kohlenwasserstoffen von weniger als 2 Mol-%, vorzugsweise von weniger als 0,5 Mol-% auf.

20

Im Vergleich zu den zum Stand der Technik zählenden Verfahren ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren zum Abkühlen einer Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion eine Reduzierung der Verluste an C_{2+} -Kohlenwasserstoffen bzw. C_{2+} -Kältemittelkomponenten um ca. 99 %. Daraus resultieren sowohl eine wesentliche Reduzierung der Betriebskosten durch minimierten Aufwand hinsichtlich Beschaffung und Transport von C_{2+} -Kohlenwasserstoffen als auch eine Reduzierung der Installationskosten für die Bereitstellung dieser Kältemittelkomponenten. Des Weiteren können unerwünschte Emissionen verringert werden, da keine Kohlenwasserstoffe an die Fackel gegeben werden.

25

30

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Abkühlen einer Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion ist dadurch gekennzeichnet, dass, sofern die Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion verflüssigt, wenigstens einem

35

Speicherbehälter zugeführt und aus diesem eine Boil-off-Gasfraktion abgezogen wird, der entnommene Stickstoff-reiche Strom zumindest teilweise der Boil-off-Gasfraktion zugemischt und/oder abgefackelt wird. Unter dem Begriff „Boil-off-Gasfraktion“ seien hierbei das durch Wärmeeintrag in einen Speicherbehälter verdampfende Flüssig-
5 Erdgas (LNG) und das während der LNG-Einleitung in den Speicherbehälter anfallende Verdrängungsgas zu verstehen.

Sofern die Verdichtung des in dem Kältemittelkreislauf zirkulierenden Kältemittels ein- oder mehrstufig erfolgt, ist es besonders vorteilhaft, wenn das aus dem
10 Turboverdichter über die primäre Ableitung der Gasdichtung abgezogene Sperrgasgemisch dem Verdichter bzw. der ersten Verdichterstufe durch eine Anhebung des Sperrgasdruckes saugseitig zugeführt wird.

Sofern dem Turboverdichter als primäres Sperrgas ein externes Gas oder
15 Gasgemisch, aufweisend im Wesentlichen Stickstoff und/oder Methan, zugeführt wird, wird dieses Gas(gemisch) in vorteilhafter Weise aus einer innerhalb des Abkühlprozesses anfallenden und/oder vorhandenen Fraktion erzeugt. Dafür kann bspw. ein Teilstrom der verdichteten Boil-off-Gasfraktion und/oder ein Teilstrom des Prozess-Stickstoffes herangezogen werden.

20 Das erfindungsgemäße Verfahren zum Abkühlen einer Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion sei nachfolgend anhand des in der **Figur 1** dargestellten Ausführungsbeispiels, das einen Erdgas-Verflüssigungsprozess zeigt, näher erläutert.

25 Über Leitung 1 wird das abzukühlende und zu verflüssigende Erdgas einem Wärmetauscher E zugeführt, in dem es gegen das Kältemittel eines Kältekreislaufes, auf den im Folgenden noch näher eingegangen werden wird, abgekühlt und verflüssigt. Nach erfolgter Verflüssigung und ggf. Unterkühlung wird das verflüssigte Erdgas (LNG) über Leitung 2 einem Speicherbehälter S zugeführt. Die Entnahme von verflüssigtem
30 Erdgas aus dem Speicherbehälter S erfolgt über die Leitung 3. Eine innerhalb des Speicherbehälters S anfallende Boil-off-Gasfraktion wird über Leitung 4 abgezogen, vorzugsweise im Wärmetauscher E gegen das abzukühlende Erdgas 1 angewärmt und anschließend über Leitung 5 – ggf. nach vorheriger Verdichtung durch einen Boil-off-Gas-Verdichter C2 – als sog. Fuelgas-Fraktion über Leitung 22 abgegeben. Ein

Teilstrom dieser Fraktion kann über die Leitungsabschnitte 23 und 18 dem noch zu beschreibenden Turboverdichter C1 als primäres Sperrgas zugeführt werden.

Das innerhalb des Kältekreislaufes zirkulierende Kältemittel weist beispielsweise die
5 Komponenten Stickstoff, Methan und C_{2+} -Kohlenwasserstoffe auf. Die Verdichtung dieses Kältemittels erfolgt in einem ein- oder mehrstufig ausgebildeten, eine oder mehrere gasgeschmierte Gleitringdichtungen aufweisenden Turboverdichter C1. Das auf den gewünschten Kreislaufdruck verdichtete Kältemittel wird über Leitung 10 dem Wärmetauscher E zugeführt und in diesem gegen sich selbst abgekühlt. Über Leitung
10 11 wird das abgekühlte Kältemittel aus dem Wärmetauscher E abgezogen und im Entspannungsventil a kälteleistend entspannt.

Das entspannte Kältemittel wird anschließend über Leitung 12 einem Abscheider D1 zugeführt und in diesem in eine flüssige C_{2+} -Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion 13 und
15 in eine im Wesentlichen ausschließlich Stickstoff und Methan enthaltende gasförmige Fraktion 14 aufgetrennt. Die beiden vorgenannten Fraktionen werden unmittelbar vor dem Wärmetauscher E wieder vereinigt und im Gegenstrom zu dem abzukühlenden Erdgasstrom 1 sowie dem abzukühlenden Kältemittelstrom 10 durch den Wärmetauscher E geführt. Das dabei angewärmte Kältemittel wird anschließend über
20 Leitung 15 einem dem Turboverdichter C1 vorgeschalteten Behälter D2 zugeführt. Dieser dient der Abtrennung von etwaigen im angewärmten Kältemittelstrom 15 enthaltenen Flüssigkomponenten; die im Behälter D2 anfallende Gasfraktion wird dem Turboverdichter C1 über Leitung 16 zugeführt.

25 Alternativ zu der vorbeschriebenen Verfahrensweise wird das Kältemittel am kalten Ende des Kältemittelkreislaufes in zwei Stufen entspannt. Das in der ersten Entspannungsstufe im Ventil a entspannte Kältemittel wird wie beschrieben im Abscheider D1 in eine flüssige C_{2+} -Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion 13 und in eine im Wesentlichen ausschließlich Stickstoff und Methan enthaltende gasförmige Fraktion 14
30 aufgetrennt, wobei die flüssige C_{2+} -Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion 13 anschließend im gestrichelt gezeichneten Ventil a' auf den Verdampfungsdruck des Kältemittels entspannt wird. Diese Verfahrensweise hat gegenüber der vorbeschriebenen Verfahrensweise den Vorteil, dass die auszuschleusenden, leichtsiedenden Komponenten bei der ersten Entspannung in der Gasphase angereichert werden.
35 Hierdurch kann der Vorgang selektiver gestaltet werden.

Dem Turboverdichter C1 wird als primäres Sperrgas ein Teilstrom des im Kältekreislauf zirkulierenden Kältemittels und/oder ein externes Gas oder Gasgemisch, das im Wesentlichen Stickstoff und/oder Methan aufweist, zugeführt. Diese Zuführung eines

5 Teilstromes des Kältemittels erfolgt über Leitung 17, in der ein Regelventil c angeordnet ist. Externes Gas oder Gasgemisch kann dem Turboverdichter C1 über Leitung 18, in der ebenfalls ein Regelventil d angeordnet ist, als primäres Sperrgas zugeführt werden. Des Weiteren wird dem Turboverdichter C als sekundäres Sperrgas Stickstoff bzw. eine Stickstoff-reiche Fraktion zugeführt. Der Übersichtlichkeit halber ist

10 dies in der Figur 1 nicht dargestellt.

Kommt es nun innerhalb des Kältekreislaufes zu einer Anreicherung der Komponenten Stickstoff und/oder Methan, können diese über Leitung 21, in der ein Regelventil b angeordnet ist, aus dem Kältekreislauf entnommen werden. Durch das Vorsehen des

15 vorbeschriebenen Abscheiders D1 wird sichergestellt, dass der über Leitung 21 aus dem Kältekreislauf entnommene Stickstoff-reiche Strom 21 praktisch keine C₂-Kohlenwasserstoffe enthält. Deren Verluste innerhalb des Kältekreislaufes sind deshalb vernachlässigbar.

20 Wie in der Figur 1 dargestellt, ist es ggf. zweckmäßig, den Stickstoff-reichen Strom 21 der dem Speicherbehälter S entnommenen Boil-off-Gasfraktion 4 zuzumischen und mit dieser gemeinsam anzuwärmen. Alternativ oder ergänzend kann der Stickstoff-reiche Strom 21 auch abgefackelt werden.

25 Vorzugsweise erfolgt die Entnahme des Stickstoff-reichen Stromes 21 am kalten Ende des Kältekreislaufes. Alternativ hierzu sind jedoch auch andere Entnahmestellen denkbar. Des Weiteren kann die Entnahme des Stickstoff-reichen Stromes 21 kontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgen. Die Entnahme des Stickstoff-reichen Stromes 21 erfolgt insbesondere dann, sobald der Stickstoff- und/oder Methan-Gehalt

30 des in dem Kältemittelkreislauf zirkulierenden Kältemittels einen vorgegebenen Schwellwert übersteigt. Hierzu ist es erforderlich, die Zusammensetzung des Kältemittels zu überwachen.

Des Weiteren kann das aus dem Turboverdichter C1 über die primäre Ableitung seiner

35 Gasdichtung abgezogene Sperrgasgemisch dem Verdichter oder, im Falle einer

mehrstufigen Verdichtung, der ersten Verdichterstufe saugseitig, vorzugsweise über den vorbeschriebenen Behälter D2, erneut zugeführt werden; dies ist in der Figur 1 durch die Leitung 20 dargestellt. Die vorbeschriebene Rückführung des über die primäre Ableitung abgezogenen Sperrgasgemisches vor den Turboverdichter C1 bzw.

- 5 dessen erste Verdichterstufe kann direkt durch Anhebung des primären Sperrgasdruckes ohne zusätzlichen apparativen Aufwand erfolgen. Die vorbeschriebene Rückführung des über die primäre Ableitung abgezogenen Sperrgasgemisches vor den Turboverdichter bzw. dessen erste Verdichterstufe kann auch unter Verwendung eines Ejektors oder weiteren Verdichters realisiert werden. Als
- 10 Treibstrom für den Ejektor kann hierzu Kältemittel von der Druckseite des Turboverdichters C1 verwendet werden.

- Es sei ausdrücklich betont, dass die erfindungsgemäße Verfahrensweise nicht nur in Kombination mit dem in der Figur 1 dargestellten Kältekreislauf realisiert werden kann
- 15 bzw. Sinn macht. Vielmehr kann der erfindungsgemäße Gedanke in Kombination mit jedem bekannten Kältekreislauf oder Kombinationen von mehreren Kältekreisläufen – unabhängig davon, ob in diesen Reinstoffe oder Gemische zirkulieren – realisiert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Abkühlen einer Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion, insbesondere von Erdgas, wobei
 - die Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion (1) gegen wenigstens einen
 - 5 Kältemittelkreislauf (10 – 15) abgekühlt wird,
 - das Kältemittel zumindest Stickstoff, Kohlendioxid, Methan und/oder C₂₊-Kohlenwasserstoffe aufweist,
 - die Verdichtung des Kältemittels mittels wenigstens eines, eine oder mehrere gasgeschmierte Gleitringdichtungen aufweisenden Turboverdichters (C1)
 - 10 erfolgt, und
 - dem Turboverdichter (C1) als primäres Sperrgas ein Teilstrom des Kältemittels und/oder ein externes Gas oder Gasgemisch, aufweisend im Wesentlichen Stickstoff und/oder Methan, und als sekundäres Sperrgas Stickstoff zugeführt werden,
 - 15 **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Kältemittelkreislauf (10 – 15) zumindest zeitweilig wenigstens ein Stickstoff-reicher Strom (21) entnommen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der
- 20 Stickstoff-reiche Strom (21) am kalten Ende des Kältemittelkreislaufes (10 – 16) entnommen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der entnommene Stickstoff-reiche Strom (21) einen Anteil an C₂₊-Kohlenwasserstoffen
- 25 von weniger als 2 Mol-%, vorzugsweise von weniger als 0,5 Mol-% aufweist.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Entnahme des Stickstoff-reichen Stromes (21) erfolgt, sobald der Stickstoff- und/oder Methan-Gehalt des in dem Kältemittelkreislauf (10
- 30 – 16) zirkulierenden Kältemittels einen vorgegebenen Schwellwert übersteigt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4, wobei die Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion verflüssigt, wenigstens einem Speicherbehälter zugeführt und aus diesem eine Boil-off-Gasfraktion abgezogen wird, dadurch gekennzeichnet, dass der entnommene Stickstoff-reiche Strom (21) zumindest teilweise der Boil-off-Gasfraktion (4) zugemischt und/oder abgefackelt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 5, wobei die Verdichtung des in dem Kältemittelkreislauf zirkulierenden Kältemittels ein- oder mehrstufig erfolgt, dadurch gekennzeichnet, dass das aus dem Turboverdichter (C1) über die primäre Ableitung der Gasdichtung abgezogene Sperrgasgemisch (20) dem Verdichter bzw. der ersten Verdichterstufe durch Anhebung des Sperrgasdrucks saugseitig zugeführt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 6, wobei dem Turboverdichter als primäres Sperrgas ein externes Gas oder Gasgemisch, aufweisend im Wesentlichen Stickstoff und/oder Methan, zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass dieses Gas(gemisch) aus einer innerhalb des Abkühlprozesses anfallenden und/oder vorhandenen Fraktion erzeugt wird, vorzugsweise ein Teilstrom der verdichteten Boil-off-Gasfraktion (24) und/oder des Prozess-Stickstoffes ist.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Kältemittel am kalten Ende des Kältemittelkreislaufes in zwei Stufen entspannt wird, wobei das in der ersten Stufe (a) entspannte Kältemittel in einem Abscheider (D1) in eine flüssige C_{2+} -Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion (13) und in eine im Wesentlichen ausschließlich Stickstoff und Methan enthaltende gasförmige Fraktion (14) aufgetrennt und die flüssige C_{2+} -Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion (13) anschließend auf den Verdampfungsdruck des Kältemittels entspannt wird (a').

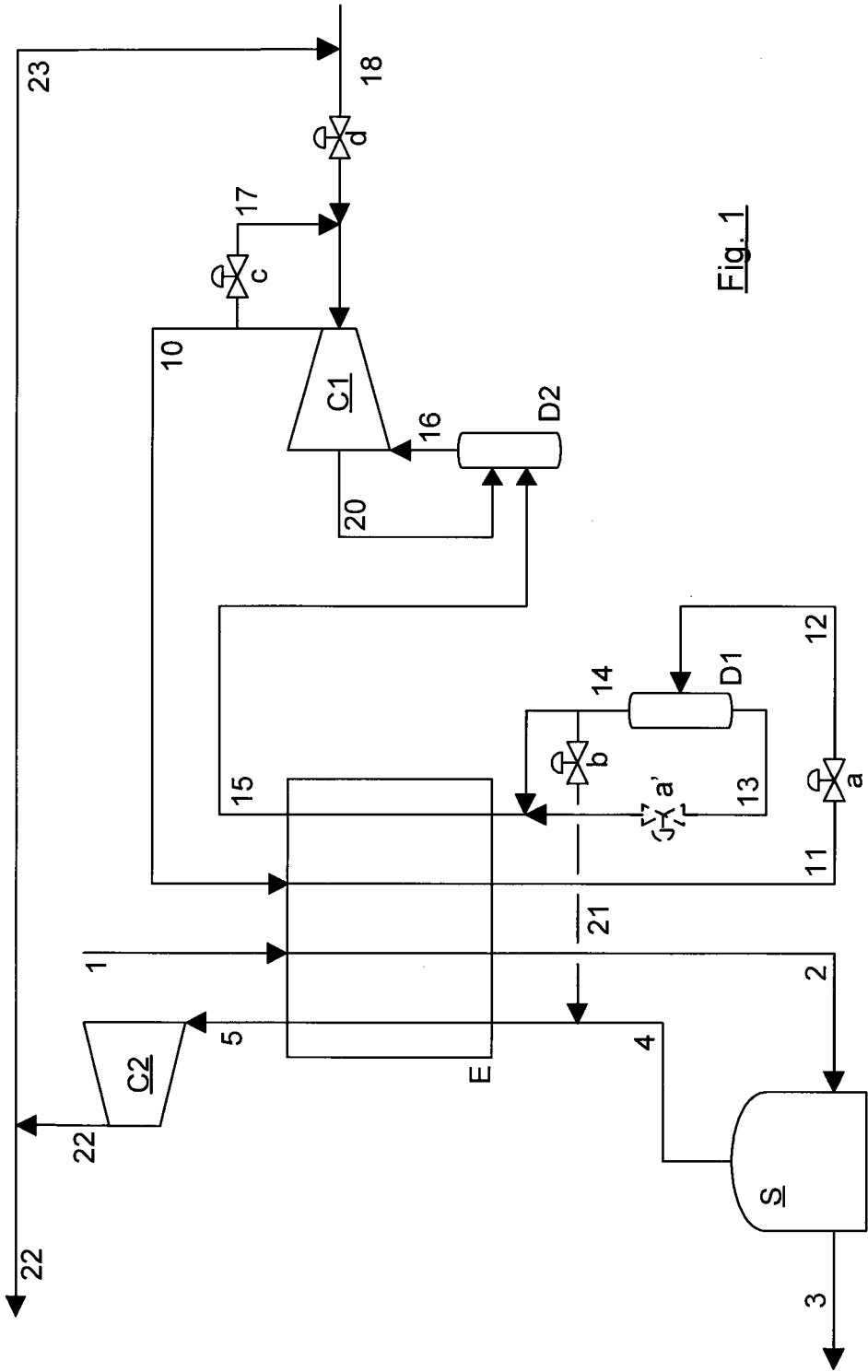


Fig. 1