

(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
14. Dezember 2023 (14.12.2023)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/237751 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F25J 1/00 (2006.01) *F25B 31/00* (2006.01)
F25J 1/02 (2006.01) *C10G 9/00* (2006.01)
F25J 3/02 (2006.01) *F25B 1/10* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2023/065517

(22) Internationales Anmeldedatum:
09. Juni 2023 (09.06.2023)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
22020268.3 09. Juni 2022 (09.06.2022) EP

(71) Anmelder: LINDE GMBH [DE/DE]; Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14, 82049 Pullach (DE).

(72) Erfinder: KAMANN, Martin; Gänslerweg 11, 82041 Oberhaching (DE).

(74) Anwalt: DEHNSGERMANY PARTNERSCHAFT VON PATENTANWÄLTEN; Theresienstraße 6-8, 80333 München (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST,

(54) Title: METHOD FOR COMPRESSING A PROPYLENE REFRIGERANT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM VERDICHTEN EINES PROPYLENKÄLTEMITTELS

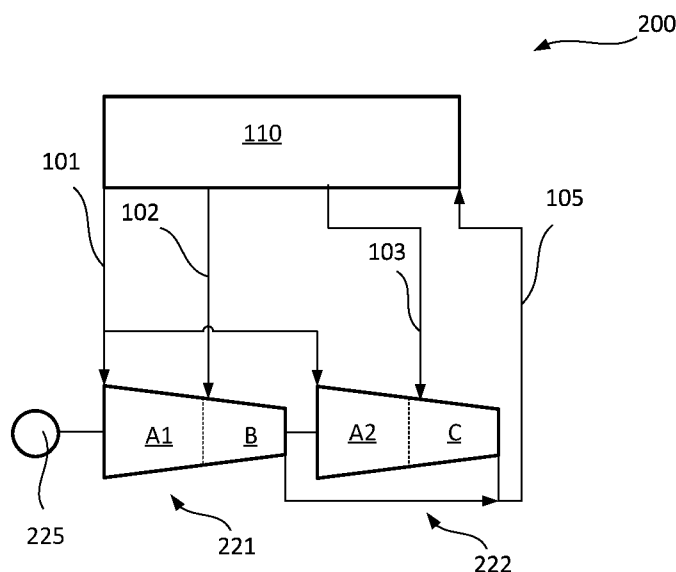


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a method (200) for compressing a gas flow (101, 102, 103) containing propylene using an electric compressor drive (225), wherein: a first feed stream (101) is subjected to two separate compressions—a first compression (221) and a second compression (222)—at a first pressure level in two sub-streams; a second feed stream (102) is subjected to the first compression (221) at a second pressure level and a third feed stream (103) is subjected to the second compression (222) at a third pressure level; the first compression (221) and the second compression (222) bring about a compression of the feed streams (101, 102, 103) respectively subjected thereto to a fourth pressure level; the compressed feed streams downstream of the compressions (221, 222) at the fourth pressure level are combined with one another to form a discharge stream (105); and the combining to form the fourth



SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, 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, ME, 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:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

propylene refrigerant stream (105) takes place on the pressure side of the refrigerant compressor (221, 222). The invention further relates to a system for carrying out such a method, comprising at least one electric compressor drive (225).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren (200) zum Verdichten eines Propylen enthaltenden Gasstroms (101, 102, 103) unter Verwendung eines elektrischen Verdichterantriebs (225), wobei ein erster Einsatzstrom (101) auf einem ersten Druckniveau in zwei Unterströmen zwei voneinander separierten ersten (221) und zweiten (222) Verdichtungen unterworfen wird, wobei der ersten Verdichtung (221) ein zweiter Einsatzstrom (102) auf einem zweiten Druckniveau unterworfen wird und der zweiten Verdichtung (222) ein dritter Einsatzstrom (103) auf einem dritten Druckniveau unterworfen wird, wobei die erste (221) und die zweite (222) Verdichtung eine Verdichtung der ihr jeweils unterworfenen Einsatzströme (101, 102, 103) auf ein viertes Druckniveau bewirken, wobei die verdichteten Einsatzströme stromab der Verdichtungen (221, 222) auf dem vierten Druckniveau miteinander zu einem Entnahmestrom (105) vereinigt werden, und wobei das Vereinigen zu dem vierten Propylenkältemittelstrom (105) auf der Druckseite des Kältemittelverdichters (221, 222) erfolgt. Ferner wird eine Anlage zur Durchführung eines solchen Verfahrens mit zumindest einem elektrischen Verdichterantrieb (225) vorgeschlagen.

Beschreibung

Verfahren zum Verdichten eines Propylenkältemittels

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zum Verdichten eines Propylenkältemittels in einem Propylenkältemittelkreislauf.

5

Hintergrund

Verfahren und Anlagen zum Steamcracken von Kohlenwasserstoffen sind beispielsweise im Artikel "Ethylene" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Onlineausgabe, 15. April 2009, DOI: 10.1002/14356007.a10_045.pub2, beschrieben. Das Steamcracken (engl. Steam Cracking, im Deutschen auch als Dampfspalten bezeichnet) wird vorwiegend zur Gewinnung von kurzkettigen Olefinen wie Ethylen und Propylen, Diolefinen wie Butadien oder von Aromaten eingesetzt, ist jedoch nicht auf die Gewinnung solcher Verbindungen beschränkt.

15

Produktströme aus Steamcracking-Prozessen werden typischerweise unter Verwendung unterschiedlicher Kältemittelkreisläufe, insbesondere mit Ethylenkältemittel (auch als C2-Kältemittel bezeichnet) und/oder mit Propylenkältemittel (auch als C3-Kältemittel bezeichnet), gekühlt und/oder verflüssigt. Derartige Kältemittelkreisläufe können selbstverständlich auch in anderen Prozessen, die eine entsprechende Kühlung erfordern, zum Einsatz kommen. Die jeweiligen Kältemittel werden dabei auf unterschiedliche Druckniveaus entspannt und von diesen unterschiedlichen Druckniveaus ausgehend rückverdichtet und anschließend kondensiert. Zur Verdichtung werden herkömmlicherweise Kältemittelverdichter verwendet, die häufig mittels einer oder mehrerer Turbinen, z.B. Dampfturbinen, oder auch mittels elektrischer Motoren angetrieben werden, und denen auf unterschiedlichen Druckstufen das entspannte Kältemittel zugespeist wird.

In der US 10,544,986 B2 werden ein System und ein Verfahren zur Erhöhung der Kapazität und Effizienz von Erdgasverflüssigungsprozessen bereitgestellt, wobei eine Engpassbeseitigung hinsichtlich des Kältemittelverdichtungssystems durchgeführt wird. Ein sekundärer Verdichtungskreislauf, der mindestens einen Doppelstromverdichter

30

umfasst, ist in paralleler Fluidstromverbindung mit mindestens einem Teil eines primären Verdichtungskreislaufs vorgesehen.

- 5 Eine in US 2007/204649 A1 beschriebene Lösung betrifft einen Kältemittelkreislauf, insbesondere zur Verwendung in einer Verflüssigungsanlage, wobei der Kältemittelkreislauf mindestens eine Kältemaschine mit einem Einlass für Kältemittel und mindestens einem Auslass für in der Kältemaschine verdampftes Kältemittel, einen Verdichter mit einem Einlass zur Aufnahme des verdampften Kältemittels aus der Kältemaschine und einem Auslass für verdichtetes Kältemittel, einen Kühler mit einem
10 Einlass für verdichtetes Kältemittel und einem Auslass für gekühltes verdichtetes Kältemittel, einen Stromteiler, der geeignet ist, das gekühlte verdichtete Kältemittel in mindestens zwei Ströme aufzuteilen, sowie ein erstes Ventil, ein zweites Ventil und ein erstes Überdruckventil umfasst.
- 15 Die vorliegende Erfindung stellt sich die Aufgabe, die Verdichtung der in entsprechenden Prozessen verwendeten Kältemittel, insbesondere im Hinblick auf eine Reduktion der Erstellungskosten, zu verbessern.

Offenbarung der Erfindung

20

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren und eine Anlage mit den Merkmalen der jeweiligen unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind jeweils Gegenstand der abhängigen Patentansprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

25

- Die vorliegende Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass sich die eingangs erwähnte Aufgabe dadurch lösen lässt, dass für die Verdichtung des Propylenkältemittels weitgehend die gleichen (d.h. baulich bzw. leistungsmäßig identische) Komponenten verwendet werden wie zur Verdichtung des Ethylenkältemittels (und des
30 Produktstroms). Auf diese Weise lassen sich Beschaffung, Betrieb, Wartung und ggf. Ersatzteilkhaltung ökonomischer gestalten.

- Herkömmlicherweise werden Propylenkältemittelverdichter jedoch mit einer geringeren Drehzahl betrieben als Ethylenkältemittelverdichter, um dem höheren Molekulargewicht
35 und der damit einhergehenden niedrigeren Schallgeschwindigkeit bei gleichem Druck

und gleicher Temperatur Rechnung zu tragen. Laufräder von Verdichtern im industriellen Einsatz werden nämlich nicht mit einer Umlaufgeschwindigkeit betrieben werden, die zu transsonischer Strömung des jeweiligen Medium im Strömungskanal des Laufrades führt, da dies den Betriebsbereich der Maschine einschränkt und die Verfügbarkeit/Langlebigkeit des Verdichters in Frage stellt.

Ein weiterer Aspekt für die Auslegungsdrehzahl des Propylenkältemittelverdichters ist dessen volumetrische Belastung. Sind Antriebsdrehzahl und Umfangsgeschwindigkeit beschränkt, so resultiert daraus der maximale Durchmesser des Laufrads und somit auch die maximale Schluckfähigkeit (volumetrische Kapazität) des Verdichters. Um hohe volumetrische Kapazitäten zu bewältigen, ist daher die Auslegungsdrehzahl bei gleicher Umfangsgeschwindigkeit abzusenken, konsequenterweise folgt daraus ein größerer Raddurchmesser mit höherer Kapazität.

Dieser Umstand steht der Verwendung baulich bzw. leistungsmäßig identischer Antriebe entgegen, da typischerweise die Drehzahl entsprechender Antriebe durch die bauliche Auslegung bedingt ist und daher zur Erreichung der herkömmlicherweise verwendeten unterschiedlichen Drehzahlen auch baulich unterschiedliche Antriebe erforderlich sind, falls nicht aufwendige Getriebe verwendet werden sollen. Die vorliegende Erfindung löst dieses Problem nun durch die spezifische Aufteilung des Propylenkältemittelverdichters auf zwei Verdichtereinheiten und die Zusp eisung des entspannten Propylenkältemittels in diese Verdichtereinheiten.

In einem erfindungsgemäßen Verfahren wird zum Verdichten eines ersten gasförmigen Propylenkältemittelstroms auf einem ersten Druckniveau, eines zweiten gasförmigen Propylenkältemittelstroms auf einem zweiten Druckniveau oberhalb des ersten Druckniveaus und eines dritten gasförmigen Propylenkältemittelstroms auf einem dritten Druckniveau oberhalb des zweiten Druckniveaus ein insbesondere elektrisch angetriebener (Propylen-)Kältemittelverdichter mit einer ersten Verdichtereinheit und einer zweiten Verdichtereinheit verwendet, wobei die erste und die zweite Verdichtereinheit fluidtechnisch getrennt voneinander ausgebildet sind.

Unter einer „Verdichtereinheit“ soll dabei hier insbesondere eine Einheit aus mehreren Verdichterrädern verstanden werden, die in einem Gehäuse untergebracht ist. Mehrere Verdichtereinheiten können insbesondere mittels eines gemeinsamen Antriebs

angetrieben werden. Unter dem Begriff „fluidtechnisch getrennt“ soll dabei insbesondere verstanden werden, dass im Wesentlichen kein Fluid von der Druckseite einer Verdichtereinheit zu einer Saugseite der anderen befördert wird oder gelangt. Der Begriff „im Wesentlichen kein Fluid“ soll dabei ausdrücken, dass insbesondere mehr
5 als 90% der Fluidmenge von der Druckseite einer Verdichtereinheit aus dem Kältemittelverdichter ausgeführt wird, ohne zur Saugseite der anderen zu gelangen. Die Verdichtereinheiten und der Kältemittelverdichter insgesamt sind insbesondere nach Art eines bekannten Turboverdichters bzw. entsprechender Verdichtereinheiten ausgeführt und umfassen daher entsprechende Turbinenräder.

10

Das Druckniveau des ersten Propylenkältemittelstroms kann insbesondere bei 1 bis 2 bar (insbesondere 1,3 bar), das Druckniveau des zweiten Propylenkältemittelstroms insbesondere bei 2,2 bis 3,8 bar (insbesondere 2,9 bar) und das Druckniveau des dritten Propylenkältemittelstroms insbesondere bei 6 bis 9 bar, (insbesondere 7 bar)
15 liegen, oder auf anderen Druckniveaus, wie sie für entsprechende Propylenkältemittelkreisläufe bekannt sind. Ist hier von einem Druckniveau die Rede, so ist damit ein Druck gemeint, der nicht notwendigerweise exakt bestimmt ist oder bestimmt zu werden braucht, um die der Erfindung zugrundeliegende Idee zu verwirklichen. Dennoch liegt ein so bezeichneter Druck üblicherweise innerhalb eines
20 bestimmten Bereichs um einen durchschnittlichen oder Zielwert. Derartige Druckniveaus können in getrennten oder einander überlappenden Bereichen liegen. Insbesondere umfassen Druckniveaus auch unvermeidliche Druckverluste.

25

Der erste Propylenkältemittelstrom wird auf einen ersten und einen zweiten Teilstrom aufgeteilt, wobei der erste Teilstrom auf dem ersten Druckniveau saugseitig der ersten Verdichtereinheit zugeführt wird und der zweite Teilstrom auf dem ersten Druckniveau saugseitig der zweiten Verdichtereinheit zugeführt wird. Der zweite
30 Propylenkältemittelstrom wird auf dem zweiten Druckniveau der ersten Verdichtereinheit zugeführt und der dritte Propylenkältemittelstrom wird auf dem dritten Druckniveau der zweiten Verdichtereinheit zugeführt. Das entsprechend verdichtete Propylenkältemittel des ersten, des zweiten und des dritten Propylenkältemittelstroms wird zumindest zum Teil auf einem vierten Druckniveau oberhalb des dritten Druckniveaus von insbesondere 12 bis 20 bar druckseitig der ersten Verdichtereinheit und der zweiten Verdichtereinheit entnommen und zu einem vierten

35

Propylenkältemittelstrom vereinigt. (Dieses vierte Druckniveau ist im stationären

Betrieb insbesondere durch die Kondensationsbedingungen des Propylen gegen die Umgebung (z.B. Kühlwasser bzw. Luft) bestimmt)

Bei diesem Konzept wird der erste Propylenkältemittelstrom, der herkömmlicherweise einer einzigen Verdichtereinheit saugseitig zugeführt wird, also in zwei Fluten bzw. Teilströme aufgeteilt. Jede dieser Fluten wird gesondert getrennten Verdichtereinheiten zugeführt und dort mit je einem der beiden Seitenströme (zweiter bzw. dritter Propylenkältemittelstrom) zusammengeführt. Das Zusammenführen der Propylenkältemittelströme insgesamt miteinander findet abweichend vom Stand der Technik damit erst auf der Druckseite des Kältemittelverdichters und damit seiner Verdichtereinheiten statt. Mit anderen Worten werden druckseitig der ersten Verdichtereinheit ein erster Druckstrom, insbesondere in Form des zweiten Propylenkältemittelstroms oder diesen umfassend, und druckseitig der zweiten Verdichtereinheit ein zweiter Druckstrom, insbesondere in Form des zweiten Propylenkältemittelstroms oder diesen umfassend, gebildet. Erst diese Druckströme werden vereinigt, wobei insbesondere weder der erste Druckstrom oder ein Teil hiervon vor der Vereinigung noch durch die zweite Verdichtereinheit geführt wird, noch der zweite Druckstrom oder ein Teil hiervon vor der Vereinigung noch durch die erste Verdichtereinheit geführt wird. Die Verdichtung des zweiten und dritten Propylenkältemittelstroms erfolgt insbesondere separat voneinander.

Somit sinkt die volumetrische Belastung aller Verdichtereinheiten, die Laufraddurchmesser werden kleiner und die Drehzahl kann angehoben werden. Daher kann als Antrieb der beiden Verdichtereinheiten ein baugleicher Antrieb verwendet werden, wie er auch in herkömmlichen Verfahren zur Verdichtung von Ethylenkältemitteln eingesetzt werden kann. Der regelungstechnischen Problematik einer druckseitigen Mischung der Propylenkältemittelströmen entgeht man vorteilhaft durch Wahl eines gemeinsamen Antriebs für beide Verdichtergehäuse, was auch im Kontext der oben thematisierten Leistungsangleichung aller Antriebe sinnvoll erscheint.

In vorteilhaften Ausgestaltungen umfasst das Verfahren daher eine Verdichtung von Ethylenkältemittel, wobei für die Verdichtung des Ethylenkältemittels ein elektrischer Verdichterantrieb desselben Typs wie für die Verdichtung der erwähnten Propylenkältemittelströme verwendet wird, ohne dass hierzu der Einsatz von Getrieben notwendig wird. Dadurch ergibt sich ein Vorteil dergestalt, dass Beschaffung, Betrieb,

Wartung und Ersatzteilhaltung für die beiden Kältemittelkreisläufe vereinheitlicht werden können.

Insbesondere wird der elektrische Antrieb für die Verdichtereinheiten dauerhaft mit einer Drehzahl im Bereich von 2400 bis 7200 rpm (bzw. $40\text{-}120\text{ s}^{-1}$), insbesondere von 4000-5200 rpm, betrieben. Dies ist ein Drehzahlbereich, in dem üblicherweise auch Ethylenkältemittelverdichter arbeiten und der je nach Leistungsanforderung von schnelllaufenden, durch Frequenzumrichter gespeisten Elektromotoren unter Verzicht auf Getriebe bedient werden kann.

Bevorzugt wird für die zwei Verdichtereinheiten jeweils eine Umfangsgeschwindigkeit eines größten Laufrades niedriger als das 1,2-fache der Schallgeschwindigkeit im Eintritt des Laufrades gewählt. Insbesondere soll die Umfangsgeschwindigkeit so gewählt sein, dass die relative Strömungsgeschwindigkeit im Eintritt des Laufrades eine Machzahl von 0,85 nicht überschreitet (Umfangsmachzahl und Eintrittsmachzahl sind über die jeweilige Laufradgeometrie gekoppelt). Damit kann sicher verhindert werden, dass im Strömungskanal des Laufrades und des zugehörigen Stators keine transsonische Strömung auftritt, was Effizienzverlust, Einschränkung des Betriebsbereichs und Schäden an dem Verdichter vermeidet.

In bevorzugten Ausgestaltungen entspricht eine Drehzahl des einen elektrischen Antriebs (oder der mehreren elektrischen Antriebe) für die Verdichtereinheiten der Drehzahl einer Verdichterradwelle. Dadurch kann auf ein Getriebe zur Über- bzw. Untersetzung verzichtet werden, woraus sich Vorteile in Bezug auf Investitionskosten, Betriebskosten und Energieeffizienz ergeben.

Der erste Propylenkältemittelstrom wird bevorzugt in einem Verhältnis, das aus einem Bereich zwischen 1:1 und 1:5 bzw. 5:1 bis 1:1 ausgewählt ist, auf die beiden Teilströme aufgeteilt. Das konkret gewählte Verhältnis kann insbesondere von den Zuspisemengen abhängen. Typischerweise kann auf dem dritten Druckniveau ein (im Vergleich zu den übrigen Druckniveaus) erhöhter Volumenstromanteil zuge speist werden, da auf diesem Druckniveau in der Regel erhebliche Kältemittelmengen anfallen. Damit kann, auch im Hinblick auf die volumetrischen Anteile der zweiten und dritten Propylenkältemittelströme, jeweils eine möglichst optimale, insbesondere

gleichmäßige Belastung aller Verdichterstufen der Verdichtereinheiten eingestellt werden.

5 Der vierte Propylenkältemittelstrom wird bevorzugt gegen Umgebungsbedingungen kondensiert (z.B. Luft/Kühlwasser) und zur Kühlung in einem Kältemittelkreislauf verwendet. Dies ist ein besonders relevanter Anwendungsfall.

10 Eine erfindungsgemäße Anlage zur Verdichtung eines Propylen enthaltenden Gasstroms, zu deren Merkmalen auf den entsprechenden unabhängigen Patentanspruch verwiesen wird, ist insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens wie vorstehend beschrieben eingerichtet und umfasst zumindest einen elektrischen Verdichterantrieb. Bevorzugt weist dabei der zumindest eine elektrische Verdichterantrieb eine Nenndrehzahl in einem Bereich von 2400 bis 7200 rpm (bzw. 40-120 s⁻¹), insbesondere von 4000 bis 5200 rpm, auf und ist ohne
15 zwischengeschaltetes Getriebe mit dem jeweils angetriebenen Verdichter mechanisch gekoppelt. Damit profitiert die Anlage sinngemäß entsprechend von den oben erläuterten Vorteilen des jeweils entsprechenden Verfahrens.

20 Die Erfindung wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren näher erläutert. Dabei gelten Bezüge auf Anlagenkomponenten sinngemäß entsprechend auch für in der jeweiligen Komponente durchgeführte Verfahrensschritte und umgekehrt.

Kurze Beschreibung der Figuren

25

Figur 1 zeigt einen Kältemittelkreislauf in einer herkömmlichen Ausgestaltung in schematischer Darstellung als Blockdiagramm.

30 Figur 2 zeigt einen Kältemittelkreislauf, wie er im Rahmen von Ausgestaltungen der Erfindung Verwendung finden kann, in schematischer Darstellung als Blockdiagramm.

Detaillierte Beschreibung

35 In Figur 1 ist ein Kältemittelkreislauf in einer nicht erfindungsgemäßen Ausgestaltung schematisch dargestellt und insgesamt mit 100 bezeichnet. Der Kältemittelkreislauf

100 umfasst einen oder mehrere zu kühlende Komponenten, die hier zusammenfassend mit 110 bezeichnet sind, sowie einen Kältemittelverdichter 120, der von einem Antrieb 125, beispielsweise einer Dampfturbine, angetrieben wird.

- 5 In dem gezeigten Beispiel werden mehrere Propylenkältemittelströme 101, 102, 103, die auf unterschiedlichen Druckniveaus anfallen, zu dem Kältemittelverdichter 120 geleitet. Die Propylenkältemittelströme enthalten zumindest Propylen bzw. ein C3-Kältemittel. Dabei liegt ein erster Propylenkältemittelstrom 101 auf einem ersten Druckniveau, ein zweiter Propylenkältemittelstrom 102 auf einem zweiten Druckniveau
10 und ein dritter Propylenkältemittelströme 103 auf einem dritten Druckniveau vor, wobei die Druckniveaus beginnend mit dem ersten über das zweite hin zum dritten ansteigen. Typische Werte wurden bereits zuvor genannt.

- Dementsprechend wird der erste Propylenkältemittelstrom 101 der Saugseite des
15 Kältemittelverdichters 120 zugeführt (Verdichterstufe A), während die zweiten 102 und dritten 103 Ströme jeweils stromab in Verdichterstufen B und C, die mit höherem Eingangsdruck als die Verdichterstufe A betrieben werden, eingespeist werden.

- Am Hochdruckende der dritten Verdichterstufe C wird ein verdichteter („vierter“)
20 Propylenkältemittelstrom 105 auf einem vierten Druckniveau entnommen, der, ggf. nach Durchführung weiterer Bearbeitungsschritte wie Kühlung, Expansion o.Ä. wieder den zu kühlenden Komponenten 110 zugeführt wird. Der verdichtete vierte Propylenkältemittelstrom 105 enthält dementsprechend Anteile aus allen drei Propylenkältemittelströmen 101, 102, 103, die ihrerseits wiederum aus dem
25 verdichteten vierten Propylenkältemittelstrom 105 gebildet werden. Das vierte Druckniveau ist höher als das dritte Druckniveau und kann insbesondere in dem zuvor erwähnten Bereich liegen.

- Es versteht sich, dass jede der Verdichterstufen A, B, C auch ihrerseits in mehrere
30 Kompressionsstufen unterteilt sein kann bzw. mehrere Laufräder zur Verdichtung umfassen kann. Die Nenndrehzahl des Antriebs 125 wird dabei unter Berücksichtigung der Umfangsgeschwindigkeit des größten Laufrads der Verdichterstufe A ausgewählt, sodass die Relativgeschwindigkeit des zu verdichtenden Mediums (Propylenkältemittelstrom 101) nicht dessen Schallgeschwindigkeit erreicht, um
35 Effizienzverlust, Betriebseinschränkung und Beschädigungen an dem Laufrad zu

vermeiden. Ferner wird bei der Steuerung des Antriebs 125 darauf geachtet, dass die Zieldrehzahl keine Resonanz mit Eigenfrequenzen des Kältemittelverdichters 120 erzeugt, da dies einen erhöhten Verschleiß oder eine Totalzerstörung des Kältemittelverdichters 120 bewirken könnte.

5

Konventionell wird der Kältemittelverdichter 120 mit je zwei Laufrädern pro Verdichterstufe A, B, C ausgelegt. Eine Auslegung mit nur einem Laufrad pro Verdichterstufe scheitert an den dabei erforderlichen hohen Umfangsgeschwindigkeiten. Damit hat der konventionelle Kältemittelverdichter 120 insgesamt sechs Laufräder

10 sowie zwei Einspeisungen, die ebenfalls einen Beitrag zum Lagerabstand des Kältemittelverdichters 120 leisten. Letzterer wiederum begrenzt die Schnellläufigkeit aufgrund der Rotordynamik, wie bereits erläutert.

In Figur 2 ist ein Kältemittelkreislauf, wie er im Rahmen der Erfindung verwendet

15 werden kann, schematisch dargestellt und insgesamt mit 200 bezeichnet. Der Kältemittelkreislauf 200 unterscheidet sich von dem oben beschriebenen Kältemittelkreislauf 100 insbesondere darin, dass er zwei separate Verdichtereinheiten, d.h. eine erste Verdichtereinheit 221 und eine zweite Verdichtereinheit 222, aufweist, die von einem gemeinsamen elektrischen Antrieb 225 angetrieben werden. Alternativ

20 kann auch jede der Verdichtereinheiten 221, 222 von einem separaten elektrischen Antrieb angetrieben werden, was die Flexibilität in Bezug auf die relative Anordnung von Komponenten des Kältemittelkreislaufs 200 erhöht. Die erste und die zweite Verdichtereinheit 221, 222 sind im oben erläuterten Sinn fluidtechnisch getrennt voneinander ausgebildet.

25

Jeder der beiden Verdichtereinheiten 221, 222 wird jeweils nur ein Teilstrom des auf dem ersten Druckniveau vorliegenden Propylenkältemittelstroms 101 zugeleitet, so dass sich für die Verdichterstufen A1, A2, die ansonsten im Wesentlichen der Stufe A gemäß Figur 1 entsprechen können, eine erheblich niedrigere volumetrische Belastung

30 ergibt. Ferner unterscheidet sich die Stufe B der Verdichtereinheit 221 von der Stufe B der Verdichtereinheit 120 dadurch, dass der Abgabedruck der Verdichtereinheit 221 und damit deren Stufe B auf dem vierten Druckniveau liegt, während der Abgabedruck der Stufe B der in dem Kältemittelverdichter 120 im Wesentlichen auf dem dritten Druckniveau liegt. Analog dazu unterscheidet sich die Stufe A2 der Verdichtereinheit

35 222 von der Stufe A des Kältemittelverdichters 120 dadurch, dass der Abgabedruck

der Stufe A1 auf dem dritten Druckniveau liegt, während der Abgabedruck der Stufe A des Kältemittelverdichters 120 auf dem zweiten Druckniveau liegt.

In der Praxis kann ein Propylenkältemittelstrom 101 durchaus auch von verschiedenen Verbrauchern kommen, so dass ggf. in einem nicht erfindungsgemäßen Vergleichsbeispiel eine Aufteilung bereits stromauf der zu kühlenden Komponenten 110 erfolgen kann. Statt einer Sammelleitung 101, wie in Fig. 2 dargestellt, ist daher auch eine direkte Zuordnung der jeweiligen Verbraucher 110 zu den Verdichtereinheiten 221, 222 denkbar.

Das volumetrische Verhältnis, in dem der Propylenkältemittelstrom 101 auf die beiden Verdichtereinheiten 221, 222 aufgeteilt wird, kann im oben erwähnten Bereich ausgewählt werden, wobei diese Verhältnisse nur als grobe Anhaltspunkte zu sehen sind. Tatsächlich hängt das optimale Teilungsverhältnis von den Zuspense-Mengen (Propylenkältemittelströme 102, 103) ab und dient daher als Freiheitsgrad der Optimierung bzgl. der Effizienz bei gleicher Drehzahl beider Gehäuse.

Im hier vorgeschlagenen Konzept ist es denkbar, insbesondere die zweite Verdichtereinheit 222 mit der Stufe C mit nur fünf Laufrädern auszulegen (drei in Stufe A2 und zwei in Stufe C). Unter Optimierung des Teilungsverhältnisses von A (bzw. des Propylenkältemittelstroms 101 auf die beiden Verdichterstufen A1, A2) lässt sich die Drehzahl des Verdichter-Strangs damit nochmal erheblich erhöhen.

Stromab der Verdichtereinheiten 221, 222 werden die jeweils separat verdichteten Propylenkältemittelströme wieder zu einem verdichteten vierten Propylenkältemittelstrom 105 (auch als Entnahmestrom bezeichnet) vereinigt. Die scheinbare Mehrung von Komponenten durch das zusätzliche Verdichter-Gehäuse und die Doppelung der Stufe A (A1, A2) wird durch die Reduzierung der Raddurchmesser bzw. der Gehäuseinnendurchmesser relativiert (ca. 30-40% kleiner und schneller).

Dadurch ergibt sich eine höhere maximal zulässige Drehzahl, wodurch elektrische Antriebe 225 verwendet werden können, die typischerweise für Kältemittelverdichter von C2- bzw. Ethylen-Kältemittelkreisläufen oder auch für Rohgasverdichter stromab einer Dampfspaltanlage verwendet werden. Dadurch ergeben sich Synergieeffekte in Bezug auf Beschaffung, Betrieb, Wartung und Ersatzteilhaltung. Ferner kann auf ein Getriebe zur Drehzahlreduktion verzichtet werden, so dass hier Energieeinsparungen

aufgrund geringerer mechanischer Verluste in der Größenordnung von 1-3% realisiert werden können. Dies entspricht bei einer typischen Anlage einer Leistungseinsparung von ca. 0.7-2.5% pro Kältemittelkreislauf, zum Beispiel 600 kW bei 30 MW

Nennleistung eines (C2/C3) Kältemittelverdichters. Eine derartige Einsparung würde

- 5 bei dem für derartige Anlagen üblichen Dauerbetrieb (d.h. mehr als 8700 h/a) zu einer Einsparung in Bezug auf elektrische Energie in einer Größenordnung von 5 Millionen kWh pro Jahr führen. Zudem werden Betriebsstoffe wie Schmieröl sowie Wartungsaufwand für die eingesparten mechanischen Komponenten reduziert.

Patentansprüche

1. Verfahren (200) zum Verdichten eines ersten gasförmigen Propylenkältemittelstroms (101) auf einem ersten Druckniveau, eines zweiten gasförmigen Propylenkältemittelstroms (102) auf einem zweiten Druckniveau oberhalb des ersten Druckniveaus und eines dritten gasförmigen Propylenkältemittelstroms (103) auf einem dritten Druckniveau oberhalb des zweiten Druckniveaus unter Verwendung eines Kältemittelverdichters (221, 222) mit einem oder mehreren Verdichterantrieben (224), wobei der Kältemittelverdichter (221, 222) eine erste Verdichtereinheit (221) und eine zweite Verdichtereinheit (222) aufweist und die erste Verdichtereinheit (221) und die zweite Verdichtereinheit (222) fluidtechnisch getrennt voneinander ausgebildet sind, wobei der erste Propylenkältemittelstrom (101) auf einen ersten Teilstrom und einen zweiten Teilstrom aufgeteilt wird und der erste Teilstrom auf dem ersten Druckniveau saugseitig der ersten Verdichtereinheit (221) zugeführt wird und der zweite Teilstrom saugseitig der zweiten Verdichtereinheit (222) zugeführt wird, wobei der zweite Propylenkältemittelstrom (102) auf dem zweiten Druckniveau der ersten Verdichtereinheit (221) zugeführt wird und der dritte Propylenkältemittelstrom (103) auf dem dritten Druckniveau der zweiten Verdichtereinheit (222) zugeführt wird, wobei das in der ersten Verdichtereinheit (221) und der zweiten Verdichtereinheit (222) verdichtete Propylenkältemittel des ersten Propylenkältemittelstroms (101); des zweiten Propylenkältemittelstroms (102) und des dritten Propylenkältemittelstroms (103) zumindest zum Teil auf einem vierten Druckniveau oberhalb des dritten Druckniveaus druckseitig der ersten Verdichtereinheit (221) und der zweiten Verdichtereinheit entnommen (222) und zu einem vierten Propylenkältemittelstrom (105) vereinigt wird, und wobei das Vereinigen zu dem vierten Propylenkältemittelstrom (105) auf der Druckseite des Kältemittelverdichters (221, 222) erfolgt.
2. Verfahren (200) nach Anspruch 1, ferner umfassend eine Verdichtung eines Ethylenkältemittels, wobei für die Verdichtung des Ethylenkältemittels ein elektrischer Verdichterantrieb desselben Typs oder ein baugleicher

Verdichterantrieb wie für die Verdichtung (221, 222) des ersten Propylenkältemittelstroms (101), des zweiten Propylenkältemittelstroms (102) und des dritten Propylenkältemittelstroms (103) verwendet wird.

- 5 3. Verfahren (200) nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der eine oder die mehreren Verdichterantriebe (225) elektrisch betrieben werden.
- 10 4. Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der eine oder die mehreren Verdichterantriebe (225) dauerhaft mit einer Drehzahl im Bereich von 2400 bis 7200 rpm, insbesondere von 4000 bis 5200 rpm, betrieben wird oder werden.
- 15 5. Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei bei die erste Verdichtereinheit (221) und die zweite Verdichtereinheit (222) jeweils mit einer Umfangsgeschwindigkeit eines größten Laufrades niedriger als das 1,2-fache der Schallgeschwindigkeit im Eintritt des Laufrades, insbesondere mit einer relativen Geschwindigkeit des Fluids niedriger als das 0,85-fache der Schallgeschwindigkeit am Eintritt des Laufrades, betrieben werden.
- 20 6. Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei eine Drehzahl des einen oder der mehreren Verdichterantriebe (225) der Drehzahl einer jeweils hierdurch angetriebenen Verdichterradwelle entspricht.
- 25 7. Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der erste Propylenkältemittelstrom (101) in einem Verhältnis, das aus einem Bereich zwischen 5:1 und 1:5 ausgewählt ist, auf die beiden Teilströme aufgeteilt wird.
- 30 8. Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der vierte Propylenkältemittelstrom (105) zur Kühlung (110) in einem Kältemittelkreislauf (200) verwendet wird.
- 35 9. Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei das erste Druckniveau in einem Bereich von 1 bis 2 bar,
insbesondere bei 1,3 bar, gewählt wird, und/oder
wobei das zweite Druckniveau aus einem Bereich von 2,2 bis 3,8 bar,
insbesondere bei 2,9 bar, gewählt wird, und/oder

wobei das dritte Druckniveau aus einem Bereich von 6 bis 9 bar, insbesondere bei 7 bar, gewählt wird, und/oder
wobei das vierte Druckniveau aus einem Bereich von 12 bis 20 bar gewählt wird.

5

10. Anlage (200) zum Verdichten eines ersten gasförmigen

Propylenkältemittelstroms (101) auf einem ersten Druckniveau, eines zweiten gasförmigen Propylenkältemittelstroms (102) auf einem zweiten Druckniveau oberhalb des ersten Druckniveaus und eines dritten gasförmigen

10

Propylenkältemittelstroms (103) auf einem dritten Druckniveau oberhalb des zweiten Druckniveaus, wobei die Anlage (200) einen mit einem oder mehreren Verdichterantrieben (224) angetriebenen Kältemittelverdichter (221, 222) aufweist,

wobei der Kältemittelverdichter (221, 222) eine erste

15

Verdichtereinheit (221) und eine zweite Verdichtereinheit (222) aufweist und die erste Verdichtereinheit (221) und die zweite Verdichtereinheit (222) fluidtechnisch getrennt voneinander ausgebildet sind,

wobei die Anlage (200) dafür eingerichtet ist, den ersten

20

Propylenkältemittelstrom (101) auf einen ersten Teilstrom und einen zweiten Teilstrom aufzuteilen und den ersten Teilstrom auf dem ersten Druckniveau saugseitig der ersten Verdichtereinheit (221) zuzuführen und den zweiten Teilstrom saugseitig der zweiten Verdichtereinheit (222) zuzuführen,

wobei die Anlage (200) dafür eingerichtet ist, den zweiten

25

Propylenkältemittelstrom (102) auf dem zweiten Druckniveau der ersten Verdichtereinheit (221) zuzuführen und den dritten Propylenkältemittelstrom (103) auf dem dritten Druckniveau der zweiten Verdichtereinheit (222) zuzuführen,

wobei die Anlage (200) dafür eingerichtet ist, das in der ersten

30

Verdichtereinheit (221) und der zweiten Verdichtereinheit (222) verdichtete Propylenkältemittel des ersten Propylenkältemittelstroms (101), des zweiten Propylenkältemittelstroms (102) und des dritten

Propylenkältemittelstroms (103) zumindest zum Teil auf einem vierten Druckniveau oberhalb des dritten Druckniveaus druckseitig der ersten

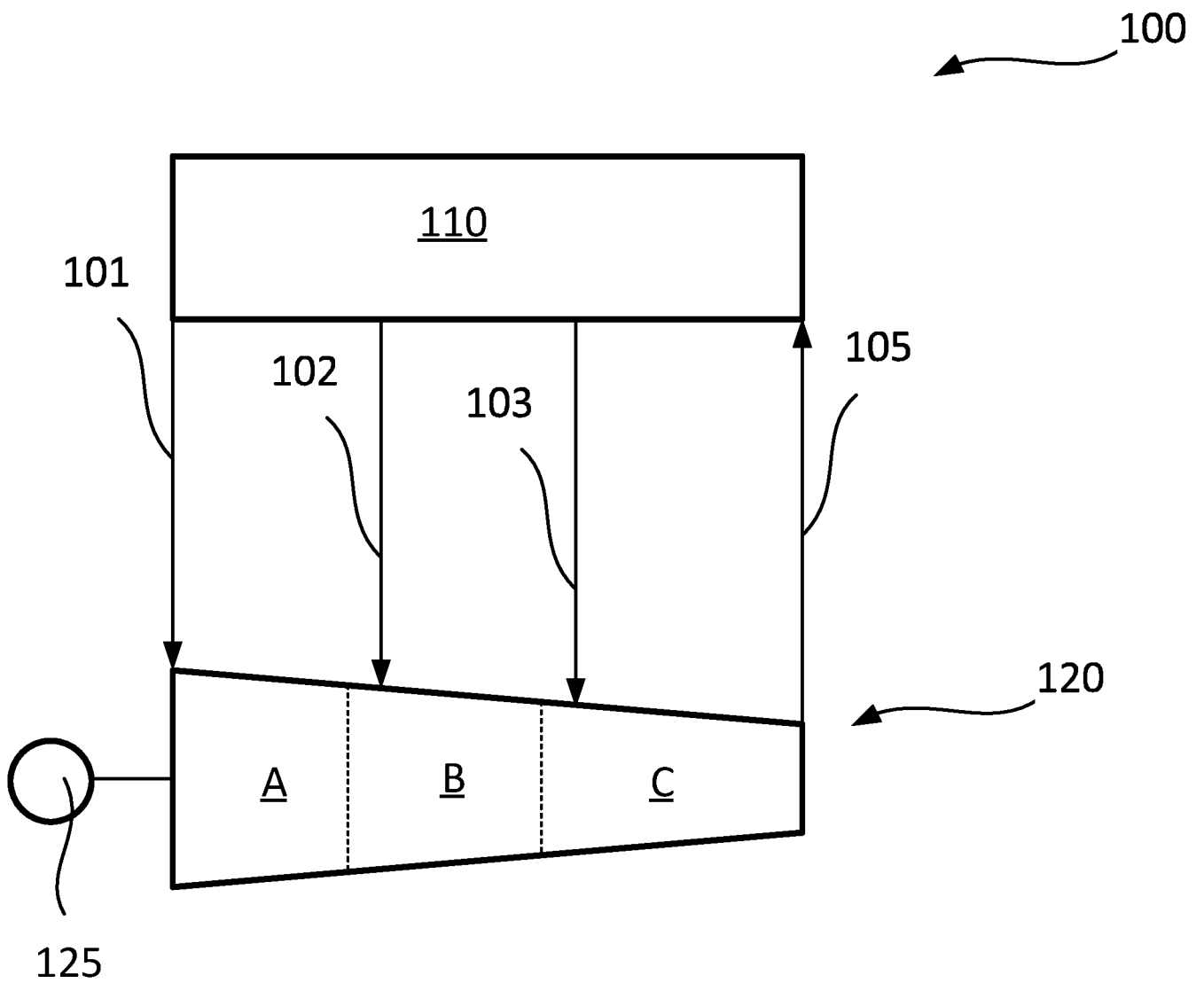
Verdichtereinheit (221) und der zweiten Verdichtereinheit (222) und zu einem vierten Propylenkältemittelstrom (105) zu vereinigen, und

35

wobei die Anlage (200) dafür eingerichtet ist, das Vereinigen zu dem vierten Propylenkältemittelstrom (105) auf der Druckseite des Kältemittelverdichters (221, 222) vorzunehmen.

- 5 11. Anlage (200) nach Anspruch 10, die zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 eingerichtet ist und zumindest einen elektrischen Verdichterantrieb (225) umfasst.
- 10 12. Anlage nach Anspruch 11, wobei der zumindest eine elektrische Verdichterantrieb (225) eine Nenndrehzahl in einem Bereich von 2400 bis 7200 rpm aufweist und/oder eine Nennleistung in einem Bereich von 10 bis 80 MW aufweist und ohne zwischengeschaltetes Getriebe mit der jeweils angetriebenen Verdichtereinheit (221, 222) mechanisch gekoppelt ist.

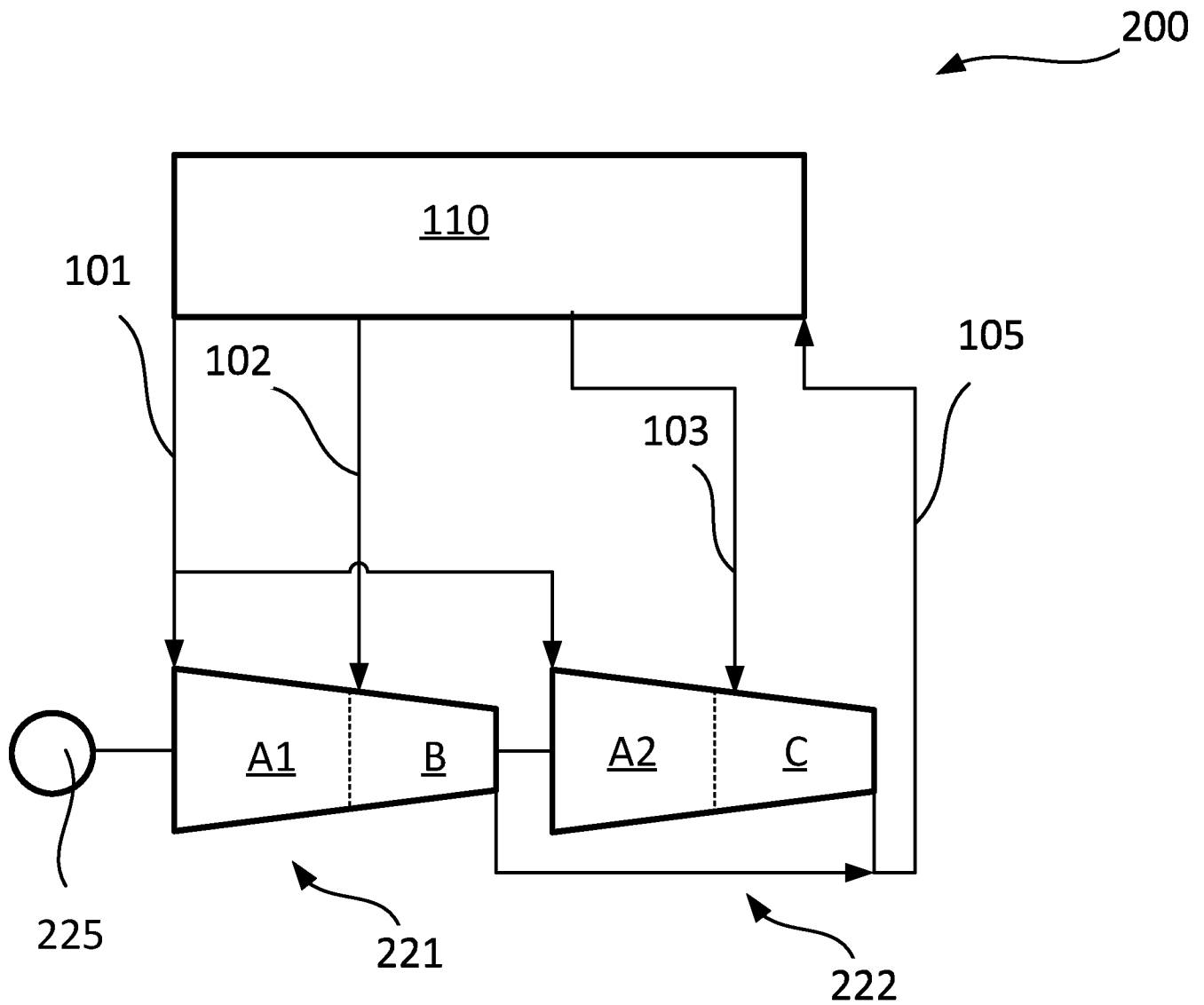
1/2



Nicht Teil der Erfindung

Fig. 1

2/2

**Fig. 2**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/065517

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F25J 1/00(2006.01)i; **F25J 1/02**(2006.01)i; **F25J 3/02**(2006.01)i; **F25B 31/00**(2006.01)i; **C10G 9/00**(2006.01)i;
F25B 1/10(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F25B; F25J; C10G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US 6640586 B1 (BAUDAT NED P [US] ET AL) 04 November 2003 (2003-11-04) page 3, lines 18-34; figure 1	1-3, 6-11 2,4,5,12
X Y	DE 19717126 A1 (LINDE AG [DE]) 27 August 1998 (1998-08-27) column 4, line 67 - column 5, line 5; figure 1 column 3, lines 45-49	1, 7-10 3-6,11,12
Y	US 10544986 B2 (AIR PROD & CHEM [US]) 28 January 2020 (2020-01-28) cited in the application column 14, lines 27-64; figure 6	1-12
Y	US 2007204649 A1 (KAART SANDER [NL] ET AL) 06 September 2007 (2007-09-06) cited in the application paragraph [0086]; figure 4	1-12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 August 2023

Date of mailing of the international search report

21 August 2023

Name and mailing address of the ISA/EP

**European Patent Office
 p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
 Netherlands**

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Göritz, Dirk

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/065517

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	PILLARELLA M ET AL. "THE C3MR LIQUEFACTION CYCLE: VERSATILITY FOR A FAST GROWING, EVER CHANGING LNG INDUSTRY" , Vol. 15TH, 24 May 2007 (2007-05-24), pages PS2-5/1, INTERNATIONAL CONFERENCE AND EXHIBITION ON LIQUEFIED NATURAL GAS, XX, XX, Retrieved from the Internet: http://www.kgu.or.kr/admin/data/P-000/e24dba96efa969ae9c9e056d2dfffb446.pdf XP009108435 page 5.8, paragraph 2 page 5.9, paragraph 3 page 5.10, paragraph 2	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2023/065517

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	6640586	B1	04 November 2003	AR	041701	A1	26 May 2005
				AU	2003287356	A1	07 June 2004
				BR	0315890	A	04 October 2005
				CN	1708666	A	14 December 2005
				EA	200500753	A1	25 August 2005
				EG	23707	A	27 May 2007
				EP	1576329	A2	21 September 2005
				JP	2006504928	A	09 February 2006
				KR	20050072782	A	12 July 2005
				MY	128245	A	31 January 2007
				OA	13008	A	13 October 2006
				PE	20040383	A1	25 June 2004
				US	6640586	B1	04 November 2003
				WO	2004042300	A2	21 May 2004

DE	19717126	A1	27 August 1998	NONE			
US	10544986	B2	28 January 2020	AU	2018202124	A1	18 October 2018
				AU	2020201573	A1	19 March 2020
				CA	2999544	A1	29 September 2018
				CN	108692523	A	23 October 2018
				CN	209042885	U	28 June 2019
				EP	3382305	A1	03 October 2018
				JP	6725571	B2	22 July 2020
				JP	2018169151	A	01 November 2018
				KR	20180110605	A	10 October 2018
				RU	2018110620	A	01 October 2019
				US	2018283774	A1	04 October 2018

US	2007204649	A1	06 September 2007	NONE			
-----				-----			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	F25J1/00	F25J1/02
	F25B1/10	F25J3/02
		F25B31/00
		C10G9/00
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
F25B F25J C10G		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 640 586 B1 (BAUDAT NED P [US] ET AL) 4. November 2003 (2003-11-04)	1-3, 6-11
Y	Seite 3, Zeilen 18-34; Abbildung 1 -----	2, 4, 5, 12
X	DE 197 17 126 A1 (LINDE AG [DE]) 27. August 1998 (1998-08-27)	1, 7-10
Y	Spalte 4, Zeile 67 - Spalte 5, Zeile 5; Abbildung 1 Spalte 3, Zeilen 45-49 -----	3-6, 11, 12
Y	US 10 544 986 B2 (AIR PROD & CHEM [US]) 28. Januar 2020 (2020-01-28) in der Anmeldung erwähnt Spalte 14, Zeilen 27-64; Abbildung 6 ----- -/-	1-12
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
11. August 2023		21/08/2023
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Göritz, Dirk

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2007/204649 A1 (KAART SANDER [NL] ET AL) 6. September 2007 (2007-09-06) in der Anmeldung erwähnt Absatz [0086]; Abbildung 4 -----	1-12
Y	PILLARELLA M ET AL: "THE C3MR LIQUEFACTION CYCLE: VERSATILITY FOR A FAST GROWING, EVER CHANGING LNG INDUSTRY", INTERNATIONAL CONFERENCE AND EXHIBITION ON LIQUEFIED NATURAL GAS, XX, XX / Bd. 15TH 24. Mai 2007 (2007-05-24), Seiten PS2-5/1, XP009108435, Gefunden im Internet: URL: http://www.kgu.or.kr/admin/data/P-000/e24dba96efa969ae9c9e056d2dffb446.pdf Seite 5.8, Absatz 2 Seite 5.9, Absatz 3 Seite 5.10, Absatz 2 -----	1-12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2023/065517

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
US 6640586	B1	04-11-2003	AR 041701 A1	26-05-2005
			AU 2003287356 A1	07-06-2004
			BR 0315890 A	04-10-2005
			CN 1708666 A	14-12-2005
			EA 200500753 A1	25-08-2005
			EG 23707 A	27-05-2007
			EP 1576329 A2	21-09-2005
			JP 2006504928 A	09-02-2006
			KR 20050072782 A	12-07-2005
			MY 128245 A	31-01-2007
			OA 13008 A	13-10-2006
			PE 20040383 A1	25-06-2004
			US 6640586 B1	04-11-2003
			WO 2004042300 A2	21-05-2004

DE 19717126	A1	27-08-1998	KEINE	

US 10544986	B2	28-01-2020	AU 2018202124 A1	18-10-2018
			AU 2020201573 A1	19-03-2020
			CA 2999544 A1	29-09-2018
			CN 108692523 A	23-10-2018
			CN 209042885 U	28-06-2019
			EP 3382305 A1	03-10-2018
			JP 6725571 B2	22-07-2020
			JP 2018169151 A	01-11-2018
			KR 20180110605 A	10-10-2018
			RU 2018110620 A	01-10-2019
			US 2018283774 A1	04-10-2018

US 2007204649	A1	06-09-2007	KEINE	
