



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.08.2016 Patentblatt 2016/34

(51) Int Cl.:
F25J 3/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15000484.4**

(22) Anmeldetag: **19.02.2015**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **Linde Aktiengesellschaft**
80331 München (DE)

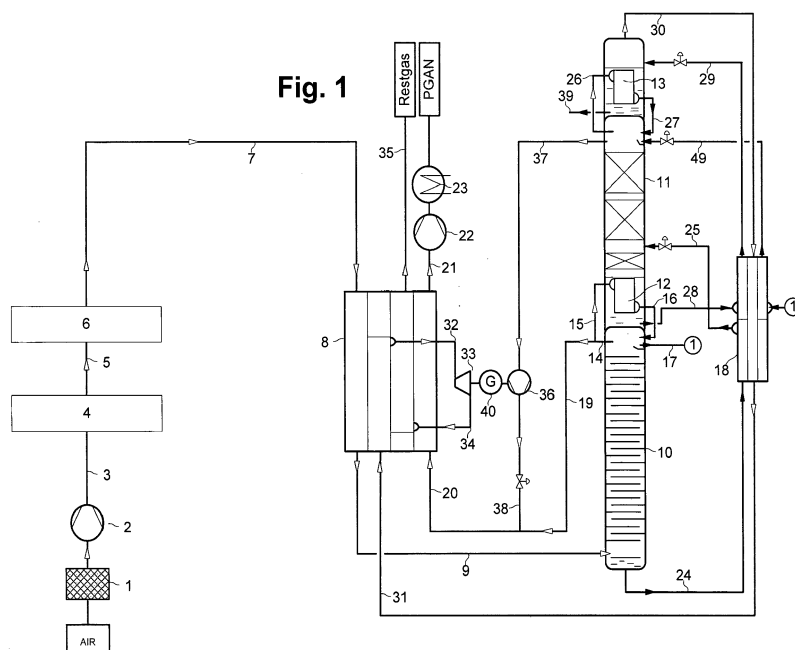
(72) Erfinder: **Golubev, Dimitri**
80804 München (DE)

(74) Vertreter: **Imhof, Dietmar**
Linde AG
Legal Services Intellectual Property
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
82049 Pullach (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Gewinnung eines Druckstickstoffprodukts**

(57) Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zur Gewinnung eines Druckstickstoffprodukts durch Tiefemperaturzerlegung von Luft in einem Destillationssäulen-System, das eine Hochdrucksäule (10) und eine Niederdrucksäule (11) sowie einen Hauptkondensator (12) und einen Niederdrucksäulen-Kopfcondensator (13) aufweist, die beide als Kondensator-Verdampfer ausgebildet sind. Sumpfflüssigkeit (28, 29) der Niederdrucksäule (11) wird in den Verdampfungsraum des Niederdrucksäulen-Kopfcondensators (13) eingeleitet. Dort gebildetes Gas wird als Restgas (30, 31) in einer ersten

Restgasturbine (33) arbeitsleistend entspannt. Die dabei erzeugte mechanische Energie wird für den Antrieb eines Kaltverdichters (36) verwendet. Ein erster Druckstickstoffproduktstrom (19) wird gasförmig vom Kopf der Hochdrucksäule (10) abgezogen und im Hauptwärmetauscher (8) angewärmt. Ein weiterer Stickstoffstrom (37) wird gasförmig vom Kopf der Niederdrucksäule (11) abgezogen, in dem Kaltverdichter (36) verdichtet und anschließend als zweiter Druckstickstoffproduktstrom (38) in dem Hauptwärmetauscher (8) angewärmt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Die Grundlagen der Tieftemperaturzerlegung von Luft im Allgemeinen sowie der Aufbau von Zwei-Säulen-Anlagen im Speziellen sind in der Monografie "Tieftemperaturtechnik" von Hausen/Linde (2. Auflage, 1985) und in einem Aufsatz von Latimer in Chemical Engineering Progress (Vol. 63, No.2, 1967, Seite 35) beschrieben. Die Wärmeaustauschbeziehung zwischen Hochdrucksäule und Niederdrucksäule einer Doppelsäule wird im Regelfall durch einen Hauptkondensator realisiert, in dem Kopfgas der Hochdrucksäule gegen verdampfende Sumpfflüssigkeit der Niederdrucksäule verflüssigt wird.

[0003] Der Hauptkondensator und der Niederdrucksäulen-Kopfcondensator sind bei der Erfindung als Kondensator-Verdampfer ausgebildet. Als "Kondensator-Verdampfer" wird ein Wärmetauscher bezeichnet, in dem ein erster, kondensierender Fluidstrom in indirekten Wärmeaustausch mit einem zweiten, verdampfenden Fluidstrom tritt. Jeder Kondensator-Verdampfer weist einen Verflüssigungsraum und einen Verdampfungsraum auf, die aus Verflüssigungspassagen beziehungsweise Verdampfungs- und Verflüssigungspassagen bestehen. In dem Verflüssigungsraum wird die Kondensation (Verflüssigung) des ersten Fluidstroms durchgeführt, in dem Verdampfungsraum die Verdampfung des zweiten Fluidstroms. Verdampfungs- und Verflüssigungsraum werden durch Gruppen von Passagen gebildet, die untereinander in Wärmeaustauschbeziehung stehen.

[0004] Dabei können beide Kondensatoren jeweils durch einen einzigen Wärmetauscherblock gebildet werden oder auch durch mehrere Wärmetauscherblöcke, die in einem gemeinsamen Druckbehälter angeordnet sind. Beide können als ein- oder mehrstöckige Badverdampfer, Forced-Flow-Verdampfer oder aber als Fallfilmverdampfer ausgebildet sein. Der Hauptkondensator kann außerdem als Kaskadenverdampfer ausgestaltet sein, beispielsweise wie in EP 1287302 B1 = US 6748763 B2 beschrieben).

[0005] Ein "Hauptwärmetauscher" dient zur Abkühlung von Einsatzluft in indirektem Wärmeaustausch mit Rückströmen aus dem Destillationssäulen-System. Er kann aus einem einzelnen oder mehreren parallel und/oder seriell verbundenen Wärmetauscherabschnitten gebildet sein, zum Beispiel aus einem oder mehreren Plattenwärmetauscher-Blöcken.

[0006] Ein Verfahren der eingangs genannten Art ist aus EP 2463232 A1 bekannt. Hier wird die in der Restgasturbine gewonnene mechanische Energie auf einen Kaltverdichter übertragen, der einen Verstärkungskreislauf antreibt, der im Wesentlichen dem von der BOC Group entwickelten Spectra-Verfahren entspricht (EP 412793 A1 und EP 773417 A2).

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung anzuge-

ben, die einen niedrigeren Energieverbrauch aufweisen.

[0008] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0009] Der Kaltverdichter wird hier direkt dazu verwendet, Stickstoffprodukt zu verdichten, und zwar dasjenige der Niederdrucksäule, das beispielsweise auf etwa Hochdrucksäulendruck gebracht wird. Er steht damit nicht mehr für den Verstärkungskreislauf zur Verfügung, der bei EP 2463232 A1 zur Erhöhung der Ausbeute und damit zur Verminderung des Energieverbrauchs beiträgt.

[0010] Im Rahmen der Erfindung hat sich überraschenderweise herausgestellt, dass das erfindungsgemäße Verfahren mit Verzicht auf den Verstärkungskreislauf energetisch günstiger ist. Als Nebeneffekt wird durch die Vereinfachung des Verfahrens auch der apparative Aufwand vermindert, insbesondere für den Hauptwärmetauscher.

[0011] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden die folgenden Druckbereiche verwendet:

Hochdrucksäule (am Kopf): beispielsweise 12 bis 17 bar, vorzugsweise 13 bis 16 bar
 Niederdrucksäule (am Kopf): beispielsweise 6 bis 10 bar, vorzugsweise 7 bis 9 bar
 Grundsätzlich können bei der Erfindung der erste Druckstickstoffproduktstrom und der zweite Druckstickstoffproduktstrom getrennt im Hauptwärmetauscher angewärmt werden. Vorzugsweise werden jedoch der erste Druckstickstoffproduktstrom und der zweite Druckstickstoffproduktstrom stromaufwärts des Hauptwärmetauschers vermischt.

[0012] Bei Bedarf kann ein zusätzlicher dritter Druckstickstoffstrom durch einen anderen Teil des Stickstoffprodukts der Niederdrucksäule gebildet werden, indem dieser direkt in den Hauptwärmetauscher geleitet und unter dem Niederdrucksäulendruck (abzüglich Druckverlusten) als Produkt abgegeben wird.

[0013] In einer ersten Variante der Energieübertragung zwischen erster Restgasturbine und Kaltverdichter sind die erste Restgasturbine und Kaltverdichter mechanisch gekoppelt. Dies kann über eine gemeinsame Welle oder ein Getriebe bewerkstelligt werden.

[0014] Für die Erzeugung von Verfahrenskälte kann die Restgasturbine mit einem Generator oder einer Ölbremse mechanisch gekoppelt sein.

[0015] In einer zweiten Variante der Energieübertragung zwischen erster Restgasturbine und Kaltverdichter ist die erste Restgasturbine an einen elektrischen Generator mechanisch gekoppelt und der Kaltverdichter wird von einem elektrischen Motor angetrieben; die in dem Generator erzeugte Energie wird dann elektrisch auf den Motor übertragen und treibt damit den Kaltverdichter an.

[0016] Alternativ kann ein zweiter Teil des auf die Zwischentemperatur angewärmten Restgases in einer zweiten Restgasturbine arbeitsleistend entspannt wird, die der ersten Restgasturbine, die mit dem Kaltverdichter gekoppelt ist, parallelgeschaltet ist. Die erste Restgas-

turbine kann dann alleine mit dem Kaltverdichter gekoppelt sein, die zweite Restgasturbine mit einem Generator oder einer dissipativen Bremse.

[0017] Falls der Druck der Hochdrucksäule nicht ausreicht, können der erste, der zweite oder beide Druckstickstoffströme stromabwärts des Hauptwärmetauschers in einem Stickstoffverdichter weiter verdichtet werden. Vorzugsweise werden beide Druckstickstoffströme gemeinsam in dem Stickstoffverdichter auf einen höheren Druck gebracht.

[0018] In diesem Fall ist es günstig, die Luftverdichtung und die Stickstoffverdichtung in einer einzigen Maschine zu kombinieren, indem die Einsatzluft in einem Hauptluftverdichter verdichtet wird, der durch die ersten i Stufen eines kombinierten n -stufigen Verdichters gebildet wird, $n \geq 2$, $i < n$. Dabei wird der Stickstoffverdichter durch die $n-i$ letzten Stufen des kombinierten n -stufigen Verdichters gebildet. Beispielsweise wird ein achtstufiger Verdichter verwendet, dessen drei bis vier letzte Stufen als Stickstoffverdichter eingesetzt werden.

[0019] Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung zur Gewinnung eines Druckstickstoffprodukts durch Tieftemperaturzerlegung von Luft gemäß Patentanspruch 10.

[0020] Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann durch eines, mehrere oder alle Merkmale der unabhängigen Verfahrensansprüche ergänzt werden.

[0021] Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Hierbei zeigen:

- Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einer einzigen Restgasturbine,
- Figur 2 ein zweites Ausführungsbeispiel mit zwei Restgasturbinen,
- Figur 3 eine Abwandlung der Figur 1 mit einem kombinierten Verdichter,
- Figur 4 eine weitere Abwandlung der Figur 1 mit getrennter Anwärmung der beiden Druckstickstoffproduktströme und
- Figur 5 eine Ausführungsform mit elektrischer Energieübertragung zwischen erster Restgasturbine und Kaltverdichter.

[0022] In **Figur 1** wird atmosphärische Luft (AIR) durch ein Filter 1 von einem Hauptluftverdichter 2 angesaugt und auf einen Druck von ca. 15 bar verdichtet. Die verdichtete Einsatzluft 3 wird in einer Vorkühlungseinrichtung 4 abgekühlt. Diese kann einen Nachkühler zum indirekten Abkühlen oder einen Direktkontaktkühler oder beides enthalten. Die vorgekühlte Einsatzluft 5 wird in einer Reinigungseinrichtung 6 gereinigt, die üblicherweise durch ein Paar umschaltbarer Adsorber gebildet wird. Die verdichtete, vorgekühlte und gereinigte Einsatzluft 7 wird in einem Hauptwärmetauscher 8 auf etwa Taupunkt abgekühlt und über Leitung 9 in die Hochdrucksäule 10 eingeleitet.

[0023] Die Hochdrucksäule 10 ist Teil des Destillations säulen-Systems, das außerdem eine Niederdrucksäule 11, einen Hauptkondensator 12 und einen Niederdrucksäulen-Kopfcondensator 13 aufweist. Ein erster Teil 15 des Kopfgases 14 der Hochdrucksäule 10 wird in den Verflüssigungsraum des Hauptkondensators 12 eingeleitet und dort mindestens teilweise kondensiert. Im Verflüssigungsraum des Hauptkondensators 12 gebildeter Flüssigstickstoff 16 wird in die Hochdrucksäule 10 eingeleitet und dient dort zu einem ersten Teil als Rücklauf. Zu einem zweiten Teil 17 wird er in einem UKG 18 abgekühlt und auf den Kopf der Niederdrucksäule 11 abgegeben (49).

[0024] Ein zweiter Teil 19 des Kopfgases 14 der Hochdrucksäule 10 wird als erster Druckstickstoffproduktstrom 19 über Leitung 20 zum Hauptwärmetauscher 8 geführt und dort auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt. Der warme Druckstickstoff 21 kann - wie in Figur 1 dargestellt - in einem Stickstoffverdichter 22 mit Nachkühler 23 weiter im Druck erhöht werden, im Prinzip auf jeden gewünschten Abgabedruck. Er wird schließlich als Druckstickstoffprodukt (PGAN) abgezogen. Für den Fall, dass der gewünschte Produktdruck nicht höher als der Hochdrucksäulendruck (abzüglich der Druckverluste) ist, können der Stickstoffverdichter 22 und der Nachkühler 23 weggelassen werden.

[0025] Vom Sumpf der Hochdrucksäule 10 wird flüssiger Rohsauerstoff 24 abgezogen, im UKG 18 abgekühlt und der Niederdrucksäule 11 an einer Zwischenstelle zugeleitet.

[0026] Das Kopfgas 26 der Niederdrucksäule 11 wird in den Verflüssigungsraum des Niederdrucksäulen-Kopfcondensators 13 eingeleitet. Der dort gebildete Flüssigstickstoff 27 wird in die Niederdrucksäule 11 eingeleitet. Die Sumpfflüssigkeit 28 der Niederdrucksäule 11 wird im UKG 18 abgekühlt und über Leitung 29 in den Verdampfungsraum des Niederdrucksäulen-Kopfcondensators 13 eingeleitet, der über eine Spülleitung 39 kontinuierlich oder intermittierend gespült wird. Dort gebildetes Gas wird als Restgas 30 im UKG 18 angewärmt. Das Restgas 31 stromabwärts des UKGs 18 wird dem Hauptwärmetauscher 8 am kalten Ende zugeführt und dort auf eine Zwischentemperatur angewärmt. Das Restgas 32 unter der Zwischentemperatur wird einer ersten Restgasturbine 33 zugeführt und dort arbeitsleistend entspannt. Das entspannte Restgas 34 wird wieder in den Hauptwärmetauscher 8 eingeführt und bis zum warmen Ende angewärmt. Das angewärmte Restgas 35 verlässt die Anlage unter etwa Umgebungstemperatur. Die Restgasturbine 33 ist über eine gemeinsame Welle oder ein Getriebe mechanisch mit einem Kaltverdichter 36 gekoppelt.

[0027] Ein Stickstoffstrom 37 wird gasförmig vom Kopf der Niederdrucksäule 11 abgezogen, in dem Kaltverdichter 36 auf etwa Hochdrucksäulendruck verdichtet und anschließend als zweiter Druckstickstoffproduktstrom 38 mit dem ersten Druckstickstoffproduktstrom 19 vermischt und gemeinsam mit diesem in dem Hauptwärme-

tauscher 8 angewärmt und schließlich als Druckstickstoffprodukt (PGAN) abgezogen.

[0028] Um die Kälteverluste der Anlage zu decken, gibt die Restgasturbine 33 nicht ihre gesamte mechanische Energie an den Kaltverdichter 36 ab, sondern treibt außerdem einen Generator 40 an, der auf der gleichen Welle sitzt beziehungsweise mit dem gleichen Getriebe verbunden ist. Statt des Generators 40 kann auch eine dissipative Bremse verwendet werden, beispielsweise eine Ölbremse.

[0029] In **Figur 2** werden zwei parallel geschaltete Restgasturbinen 33, 233 verwendet, von denen eine an den Kaltverdichter 36 und die andere an einen Generator 240 (oder eine dissipative Bremse) gekoppelt ist.

[0030] Während in den Figuren 1 und 2 der Hauptluftverdichter 2 und der Stickstoffverdichter 22 durch zwei unabhängige Maschinen gebildet werden, wird in dem Ausführungsbeispiel der **Figur 3** ein kombinierter Verdichter 302 eingesetzt, der beide Aufgaben erfüllt. Er weist in dem Ausführungsbeispiel $n=8$ Stufen auf, von denen $i=5$ Stufen den Hauptluftverdichter 2 bilden. Die übrigen $n-i=3$ Stufen bilden den Stickstoffproduktverdichter. Damit lässt sich ein PGAN-Enddruck von etwa 70 bis 100 bar erreichen.

[0031] In dem Ausführungsbeispiel der **Figur 4** werden die beiden Druckstickstoffproduktströme 19, 38 in getrennten Passagen Gruppen des Hauptwärmetauschers 8 angewärmt. Die angewärmten Stickstoffströme 419 und 438 werden bei 420 zusammengeführt. Der zweite Druckstickstoffproduktstrom 38 aus dem Kaltverdichter 36 kann damit bei einer höheren Temperatur in den Hauptwärmetauscher 8 eingeführt werden als der erste Druckstickstoffproduktstrom 19. Damit kann der Prozess energetisch etwas günstiger gestaltet werden.

[0032] In **Figur 5** wird die Energieübertragung zwischen erster Restgasturbine 33 und Kaltverdichter 36 im Unterschied zur Figur 1 nicht mechanisch, sondern elektrisch vorgenommen. Dazu ist die erste Restgasturbine 33 mechanisch mit einem elektrischen Generator 40 gekoppelt. Die dort gewonnene elektrische Energie wird über ein elektrisches Leitungsnetz mindestens teilweise auf einen Motor 540 übertragen, der wiederum mechanisch mit dem Kaltverdichter 36 gekoppelt ist und diesen antreibt.

[0033] Im Vergleich zu Figur 2 wird das gesamte Restgas in der Generator-Turbine 33/40 entspannt und erzeugt dadurch auch die für den Antrieb des Kaltverdichters notwendige Energie.

[0034] Die speziellen Merkmale der Figuren 2 bis 5 können auch untereinander beliebig kombiniert werden, beispielsweise zu einem System mit zwei Restgasturbinen und kombiniertem Verdichter und zwei Passagen Gruppen im Hauptwärmetauscher für die beiden Druckstickstoffströme. In allen Ausführungsbeispielen sind Hochdrucksäule (mit Siebböden) und Niederdrucksäule (mit Packungen oder Siebböden) übereinander angeordnet. Alternativ können Sie nebeneinander aufgestellt werden. Die Erfindung ist auch für Offshore-Konzepte,

beispielsweise für schwimmende (floating) Anlagen zur Gewinnung von Stickstoff für Öl- oder Gasfelder (enhanced oil recovery - EOR) geeignet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Gewinnung eines Druckstickstoffprodukts durch Tieftemperaturzerlegung von Luft in einem Destillationssäulen-System, das eine Hochdrucksäule (10) und eine Niederdrucksäule (11) sowie einen Hauptkondensator (12) und einen Niederdrucksäulen-Kopfkondensator (13) aufweist, die beide als Kondensator-Verdampfer ausgebildet sind, wobei

- verdichtete, vorgekühlte und gereinigte Einsatzluft (7) in einem Hauptwärmetauscher (8) abgekühlt und mindestens zum Teil in die Hochdrucksäule (10) eingeleitet wird,
- Kopfgas der Hochdrucksäule (14, 15) in den Verflüssigungsraum des Hauptkondensators (12) eingeleitet wird und mindestens ein Teil des im Verflüssigungsraum des Hauptkondensators (12) gebildeten Flüssigstickstoffs (16) in die Hochdrucksäule (10) eingeleitet wird,
- Kopfgas (26) der Niederdrucksäule (11) in den Verflüssigungsraum des Niederdrucksäulen-Kopfkondensators (13) eingeleitet wird und mindestens ein Teil des im Verflüssigungsraum des Niederdrucksäulen-Kopfkondensators (13) gebildeten Flüssigstickstoffs (27) in die Niederdrucksäule (11) eingeleitet wird,
- Sumpfflüssigkeit (28, 29) der Niederdrucksäule (11) in den Verdampfungsraum des Niederdrucksäulen-Kopfkondensators (13) eingeleitet wird,
- im Verdampfungsraum des Niederdrucksäulen-Kopfkondensators (13) gebildetes Gas als Restgas (30, 31) in dem Hauptwärmetauscher (8) auf eine Zwischentemperatur angewärmt, mindestens zu einem ersten Teil (32) in einer ersten Restgasturbine (33) arbeitsleistend entspannt, wieder in den Hauptwärmetauscher (8) eingeführt und bis zum warmen Ende des Hauptwärmetauschers (8) angewärmt wird,
- die in der ersten Restgasturbine (33) erzeugte mechanische Energie mindestens zum Teil zum Antrieb eines Kaltverdichters (36) verwendet wird und
- ein erster Druckstickstoffproduktstrom (19) gasförmig vom Kopf der Hochdrucksäule (10) abgezogen und im Hauptwärmetauscher (8) angewärmt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

- ein Stickstoffstrom (37) gasförmig vom Kopf

- der Niederdrucksäule (11) abgezogen, in dem Kaltverdichter (36) verdichtet und anschließend als zweiter Druckstickstoffproduktstrom (38) in dem Hauptwärmetauscher (8) angewärmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Druckstickstoffproduktstrom (19) und der zweite Druckstickstoffproduktstrom (38) stromaufwärts des Hauptwärmetauschers (8) vermischt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Restgasturbine (33) mit dem Kaltverdichter (36) über eine gemeinsame Welle oder ein Getriebe mechanisch gekoppelt ist.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Restgasturbine (33) außerdem mit einem elektrischen Generator (40) oder einer Ölbremse mechanisch gekoppelt ist.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Restgasturbine (33) an einen elektrischen Generator (40) mechanisch gekoppelt ist, der Kaltverdichter (36) von einem elektrischen Motor (540) angetrieben wird und die in dem Generator (40) erzeugte Energie mindestens teilweise elektrisch auf den Motor (540) übertragen wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein zweiter Teil des auf die Zwischentemperatur angewärmten Restgases (32) in einer zweiten Restgasturbine (233) arbeitsleistend entspannt wird, die der ersten Restgasturbine (33) parallel geschaltet ist.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** erste Restgasturbine (33) mit dem Kaltverdichter (36) und die zweite Restgasturbine mit einem Generator (240) oder einer dissipativen Bremse mechanisch gekoppelt ist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste, der zweite oder beide Druckstickstoffströme stromabwärts des Hauptwärmetauschers (8) in einem Stickstoffverdichter (22) weiter verdichtet werden.
9. Verfahren nach Anspruch 8 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einsatzluft in einem Hauptluftverdichter (2) verdichtet wird, der durch die ersten i Stufen eines kombinierten n -stufigen Verdichters (302) gebildet wird, $n \geq 2$, $i < n$, und dass der Stickstoffverdichter (22) durch die $n-i$ letzten Stufen des kombinierten n -stufigen Verdichters (302) gebildet wird.
10. Vorrichtung zur Gewinnung eines Druckstickstoffprodukts durch Tieftemperaturzerlegung von Luft mit

- einem Destillationssäulen-System, das eine Hochdrucksäule (10) und eine Niederdrucksäule (11) sowie einen Hauptkondensator (12) und einen Niederdrucksäulen-Kopfcondensator (13) aufweist, die beide als Kondensator-Verdampfer ausgebildet sind, mit
- einem Hauptwärmetauscher (8) zum Abkühlen verdichteter, vorgekühlter und gereinigter Einsatzluft (7) wobei
- der Verflüssigungsraum des Hauptkondensators (12) mit dem Kopf der Hochdrucksäule (10) in Strömungsverbindung (14, 15, 16) steht,
- der Verflüssigungsraum des Niederdrucksäulen-Kopfcondensators (13) mit dem Kopf der Niederdrucksäule (11) in Strömungsverbindung (26, 27) steht, und der Verdampfungsraum des Niederdrucksäulen-Kopfcondensators (13) mit dem Sumpf der Niederdrucksäule (11) in Strömungsverbindung (28, 29) steht,

und mit

- Mitteln zum Entnehmen von im Verdampfungsraum des Niederdrucksäulen-Kopfcondensators (13) gebildetem Gas als Restgas (30, 31),
- Mitteln zum Anwärmen des Restgases (31) in dem Hauptwärmetauscher (8) auf eine Zwischentemperatur,
- einer ersten Restgasturbine (33) zum arbeitsleistenden Entspannen des teilangewärmten Restgases (32),
- Mitteln zum Einleiten des entspannten Restgases (34) in den Hauptwärmetauscher (8) und Mitteln zum Entnehmen des angewärmten Restgases vom warmen Ende des Hauptwärmetauschers (8),
- Mitteln zum Verwenden von in der ersten Restgasturbine (33) erzeugter mechanischer Energie zum Antrieb eines Kaltverdichters (36) und
- einer ersten Druckstickstoffproduktleitung zum Abziehen eines gasförmigen ersten Druckstickstoffproduktstroms (19) vom Kopf der Hochdrucksäule (10) und zum Anwärmen des ersten Druckstickstoffproduktstroms (19) im Hauptwärmetauscher (8),

gekennzeichnet durch

- Mittel zum Abziehen eines gasförmigen Stickstoffstroms (37) vom Kopf der Niederdrucksäule (11),
- Mittel zum Einleiten des gasförmigen Stickstoffstroms (37) in den Kaltverdichter (36) und
- Mittel zum Einleiten des kaltverdichteten Stickstoffstroms als zweiter Druckstickstoffproduktstrom (38) in dem Hauptwärmetauscher (8).

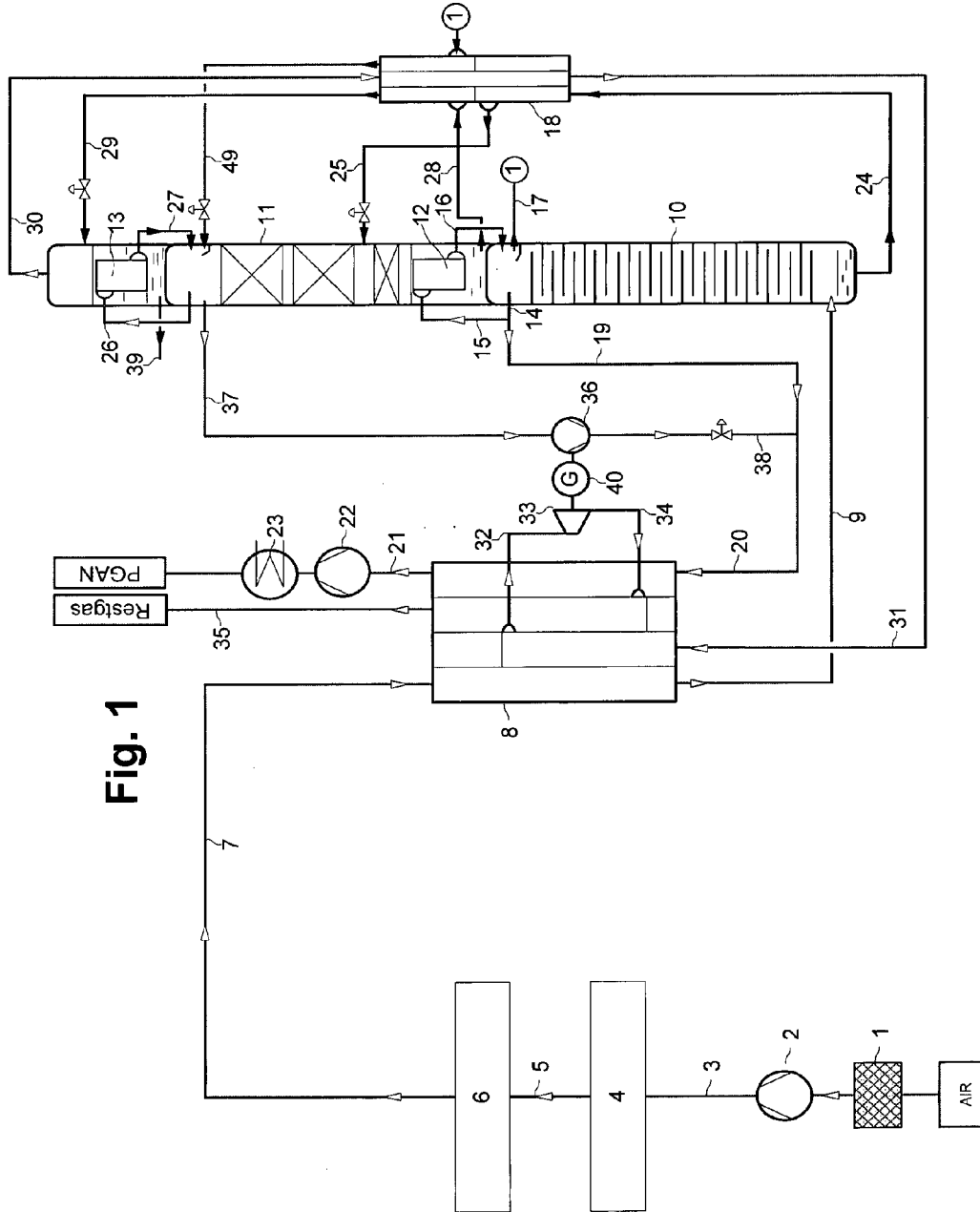


Fig. 1

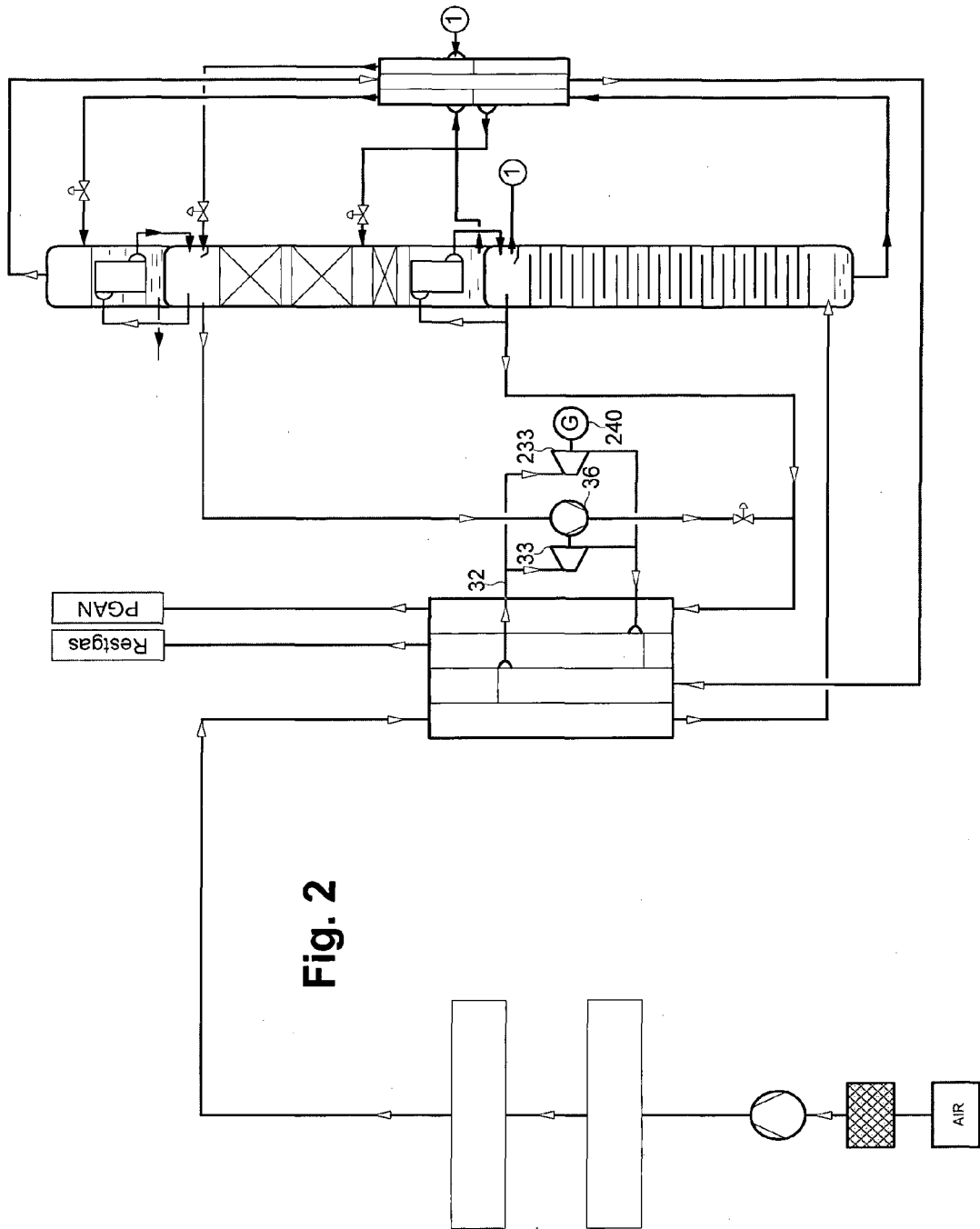


Fig. 2

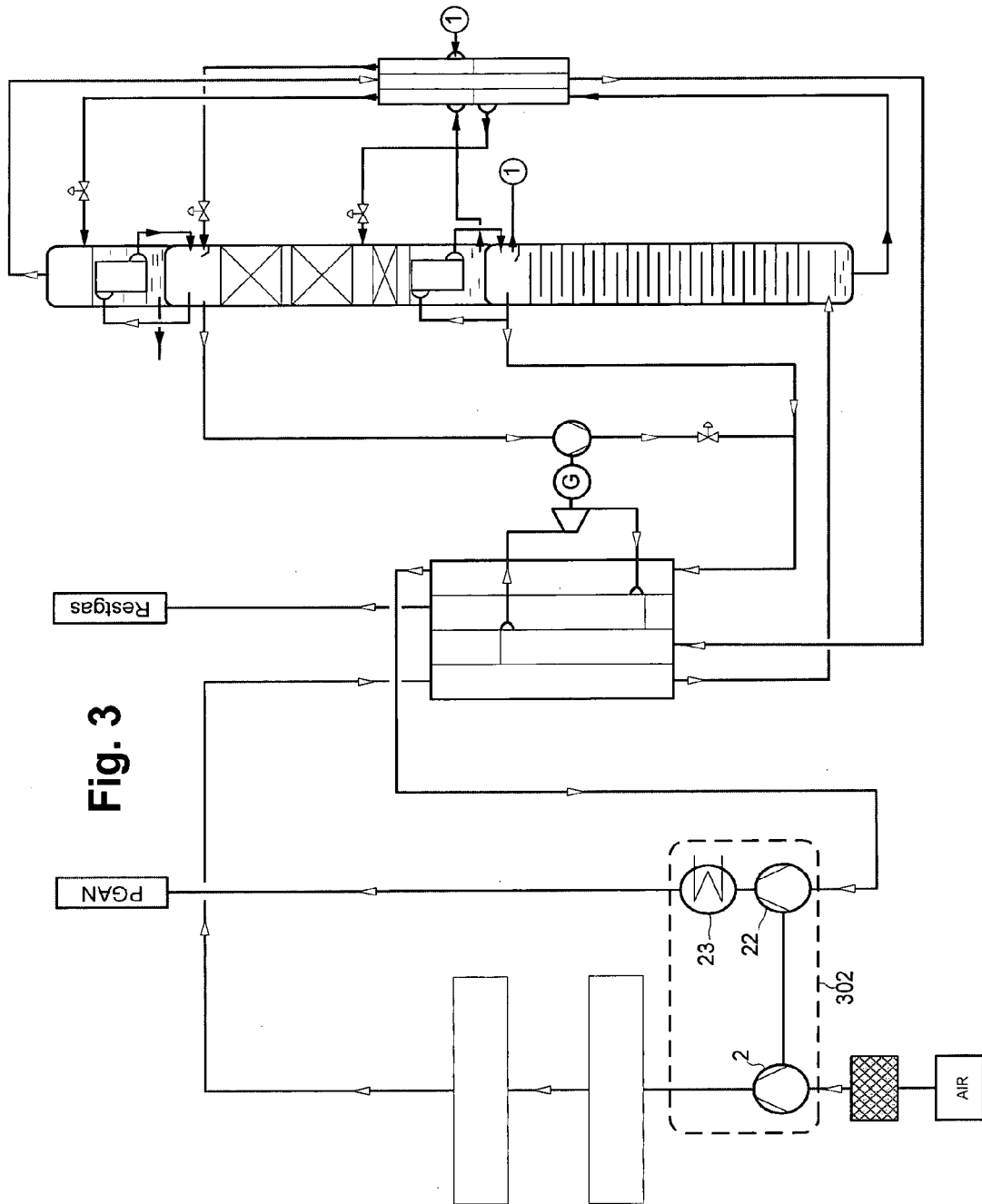


Fig. 3

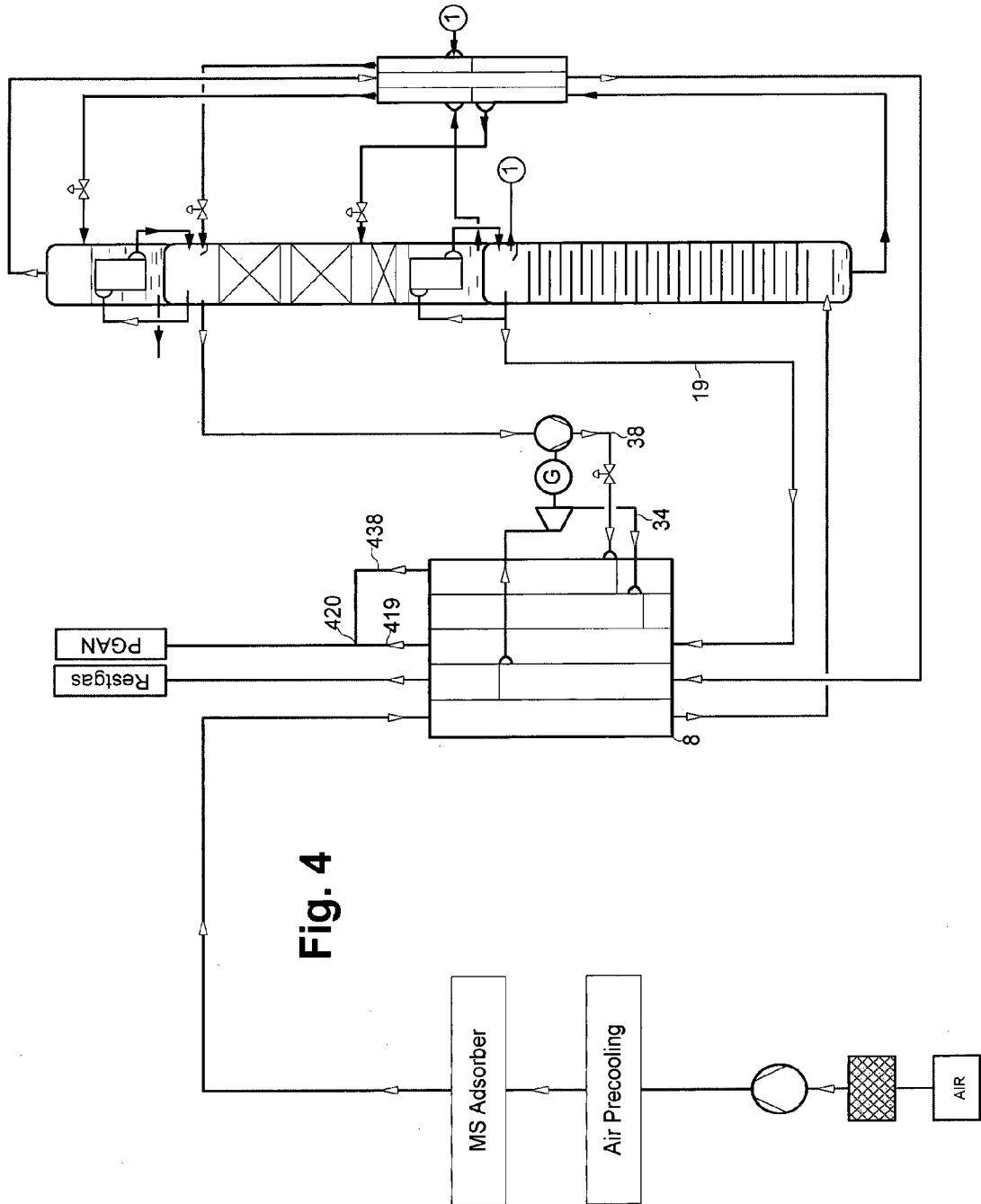


Fig. 4

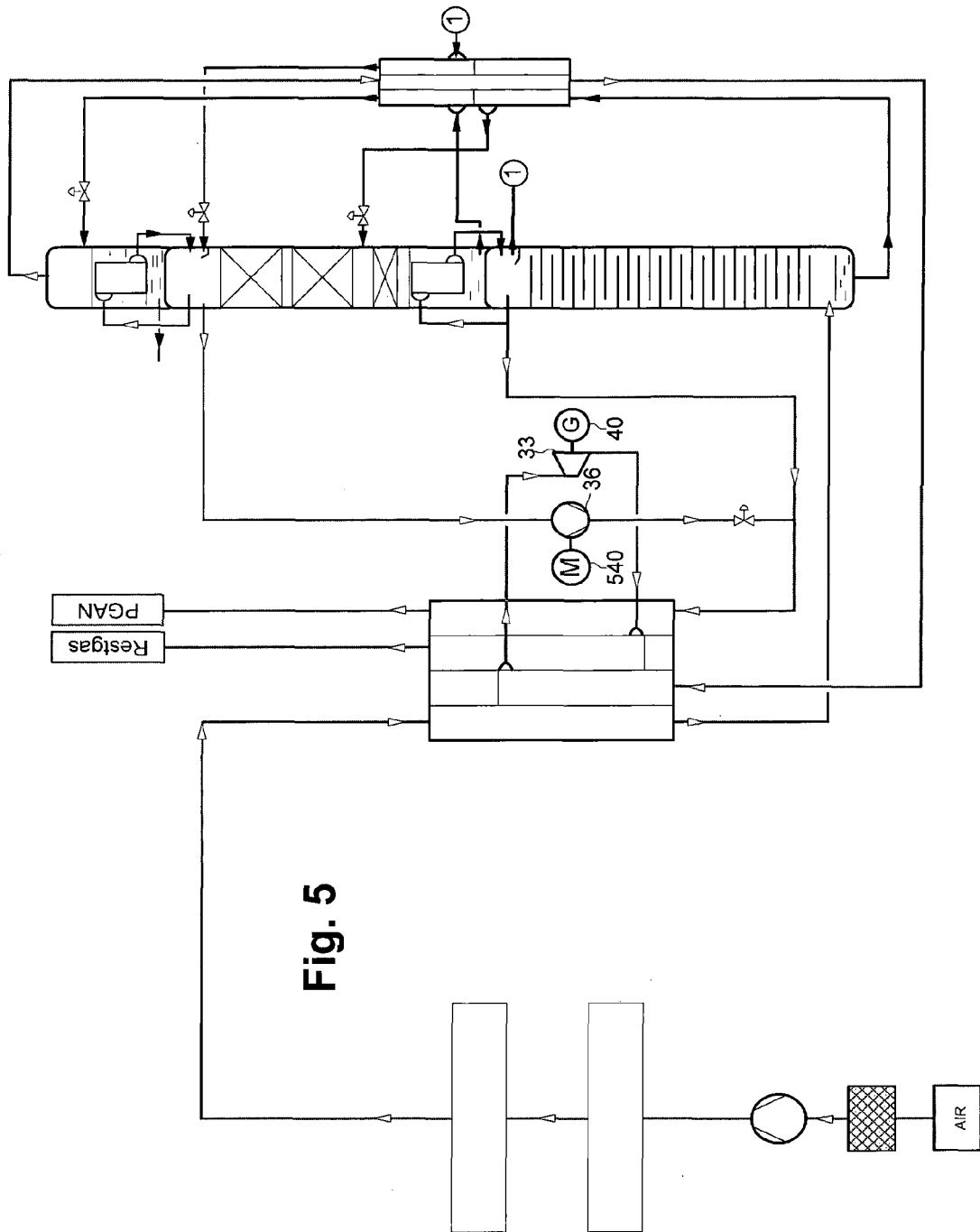


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 15 00 0484

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	US 4 453 957 A (PAHADE RAVINDRA F [US] ET AL) 12. Juni 1984 (1984-06-12) * Spalte 6, Zeilen 14-16; Abbildung 1 * -----	1-10	INV. F25J3/04
Y	US 4 617 036 A (SUCHDEO SHYAM R [US] ET AL) 14. Oktober 1986 (1986-10-14) * Spalte 6, Zeilen 51-66; Abbildung 1 * -----	1-10	
Y	US 6 286 336 B1 (PROSSER NEIL MARK [US]) 11. September 2001 (2001-09-11) * Spalte 5, Zeilen 18-43; Abbildung 1 * -----	3,4	
Y	FR 2 864 213 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 24. Juni 2005 (2005-06-24) * Abbildung * -----	5	
Y	JP 2005 351579 A (SHINKO AIR WATER CRYOPLANT LTD) 22. Dezember 2005 (2005-12-22) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * -----	6,7	
Y	EP 0 562 893 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 29. September 1993 (1993-09-29) * Abbildung * -----	8,9	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F25J
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 24. Juli 2015	Prüfer Göritz, Dirk
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 15 00 0484

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

24-07-2015

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	US 4453957 A	12-06-1984	CA 1210315 A1 DK 551983 A GB 2131147 A NL 8304118 A NO 834422 A US 4453957 A	26-08-1986 03-06-1984 13-06-1984 02-07-1984 04-06-1984 12-06-1984
20	US 4617036 A	14-10-1986	CA 1274466 A1 EP 0220722 A2 NO 864298 A US 4617036 A	25-09-1990 06-05-1987 30-04-1987 14-10-1986
25	US 6286336 B1	11-09-2001	KEINE	
	FR 2864213 A1	24-06-2005	KEINE	
30	JP 2005351579 A	22-12-2005	JP 4202971 B2 JP 2005351579 A	24-12-2008 22-12-2005
35	EP 0562893 A1	29-09-1993	CA 2092140 A1 DE 69310429 D1 DE 69310429 T2 EP 0562893 A1 ES 2101256 T3 FR 2689224 A1 US 5341647 A ZA 9302796 A	25-09-1993 12-06-1997 11-12-1997 29-09-1993 01-07-1997 01-10-1993 30-08-1994 30-09-1993
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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 1287302 B1 [0004]
- US 6748763 B2 [0004]
- EP 2463232 A1 [0006] [0009]
- EP 412793 A1 [0006]
- EP 773417 A2 [0006]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Tieftemperaturtechnik. 1985 [0002]
- **LATIMER.** *Chemical Engineering Progress*, 1967, vol. 63 (2), 35 [0002]