

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6945554号
(P6945554)

(45) 発行日 令和3年10月6日 (2021. 10. 6)

(24) 登録日 令和3年9月16日 (2021. 9. 16)

(51) Int. Cl.	F 1
F 1 7 C 3/08 (2006.01)	F 1 7 C 3/08
F 1 7 C 3/04 (2006.01)	F 1 7 C 3/04 Z
F 1 6 L 59/08 (2006.01)	F 1 6 L 59/08
F 1 6 L 59/065 (2006.01)	F 1 6 L 59/065

請求項の数 14 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2018-557787 (P2018-557787)	(73) 特許権者	519288685
(86) (22) 出願日	平成29年5月4日 (2017. 5. 4)		リンデ ゲゼルシャフト ミット ベシュ
(65) 公表番号	特表2019-518910 (P2019-518910A)		レンクテル ハフツング
(43) 公表日	令和1年7月4日 (2019. 7. 4)		L i n d e G m b H
(86) 国際出願番号	PCT/EP2017/025109		ドイツ連邦共和国 8 2 0 4 9 プラッハ
(87) 国際公開番号	W02017/190848		、ドクトル - カール - フォン -
(87) 国際公開日	平成29年11月9日 (2017. 11. 9)		リンデ - シュトラーセ 6-14
審査請求日	令和2年4月22日 (2020. 4. 22)		D r . - C a r l - v o n - L i n d e -
(31) 優先権主張番号	16000998.1		S t r . 6-14, 8 2 0 4 9 P u
(32) 優先日	平成28年5月4日 (2016. 5. 4)		l l a c h , G e r m a n y
(33) 優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁 (EP)	(74) 代理人	100114890
			弁理士 アインゼル・フェリックス＝ライ
			ンハルト
		(74) 代理人	100098501
			弁理士 森田 拓

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 輸送容器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ヘリウム (He) 用の輸送容器 (1) であって、
 前記ヘリウム (He) を収容する内側容器 (6) と、
 前記内側容器 (6) の外側に設けられた断熱要素 (26) と、
 極低温液体 (N₂) を収容する冷媒容器 (14) と、
 前記内側容器 (6) および前記冷媒容器 (14) を収容する外側容器 (2) と、
 前記極低温液体 (N₂) を用いて能動的に冷却可能でかつ前記内側容器 (6) を収容する熱シールド (21) とを含み、
 前記断熱要素 (26) と前記熱シールド (21) との間に、周方向の間隙 (31) が設けられており、
 前記断熱要素 (26) は、前記熱シールド (21) に面する銅層 (27) を有しており、

10

前記断熱要素 (26) は、前記内側容器 (6) と前記銅層 (27) との間に配置された多層の断熱層 (28) を有している、輸送容器。

【請求項 2】

前記周方向の間隙 (31) は、5 mm～15 mm、好ましくは10 mmの間隙幅 (b₃₁) を有する、請求項 1 記載の輸送容器。

【請求項 3】

前記周方向の間隙 (31) は、排気されている、請求項 1 または 2 記載の輸送容器。

20

【請求項 4】

前記多層の断熱層（28）は、アルミニウム箔（29）とガラスペーパー（30）とからなる交互に配置された複数の層を有する、請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項記載の輸送容器。

【請求項 5】

前記アルミニウム箔（29）と前記ガラスペーパー（30）とからなる前記層は、前記内側容器（6）に隙間なく被着されている、請求項 4 記載の輸送容器。

【請求項 6】

前記銅層（27）は、銅箔である、請求項 1 から 5 までのいずれか 1 項記載の輸送容器。

10

【請求項 7】

さらに、前記熱シールド（21）と前記外側容器（2）との間に配置された多層の断熱層（32）を含む、請求項 1 から 6 までのいずれか 1 項記載の輸送容器。

【請求項 8】

前記多層の断熱層（32）は、アルミニウム箔（33）とガラス絹、ガラス繊維メッシュもしくはガラスペーパー（34）とからなる交互に配置された複数の層を有する、請求項 7 記載の輸送容器。

【請求項 9】

前記アルミニウム箔（33）および前記ガラス絹、前記ガラス繊維メッシュもしくは前記ガラスペーパー（34）からなる前記層は、前記熱シールド（21）上で隙間を介して被着されている、請求項 8 記載の輸送容器。

20

【請求項 10】

前記外側容器（2）は、排気されている、請求項 1 から 9 までのいずれか 1 項記載の輸送容器。

【請求項 11】

前記熱シールド（21）は、前記内側容器（6）を完全に取り囲んでいる、請求項 1 から 10 までのいずれか 1 項記載の輸送容器。

【請求項 12】

前記熱シールド（21）は、1つのベース区間（22）と、該ベース区間（22）を両側の端面で閉鎖する2つのカバー区間（23，24）とを有する、請求項 1 から 11 までのいずれか 1 項記載の輸送容器。

30

【請求項 13】

前記熱シールド（21）は、流体透過性である、請求項 1 から 12 までのいずれか 1 項記載の輸送容器。

【請求項 14】

前記銅層（27）は、20 μm 未満の厚さを有する、請求項 1 から 13 までのいずれか 1 項記載の輸送容器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ヘリウム用の輸送容器に関する。

40

【0002】

ヘリウムは、天然ガスと一緒に採掘される。大量のヘリウムの輸送は、経済的な理由から、液体もしくは超臨界的な形態で、すなわち、約 4.2～6 K の温度および 1～6 bar の圧力下で行われる場合に限って合理的である。液体ヘリウムもしくは超臨界ヘリウムの輸送には、ヘリウムの圧力が急速に上昇し過ぎることを回避するために精巧に断熱される輸送容器が用いられる。この種の輸送容器は、例えば液体窒素によって冷却させることができる。この場合、液体窒素で冷却された熱シールドが設けられる。熱シールドは、輸送容器の内側容器を遮蔽する。内側容器には、液体ヘリウムもしくは極低温ヘリウムが収容されている。液体ヘリウムもしくは極低温ヘリウムに対する保持期間は、この種の輸送容

50

器の場合、35～40日間であり、すなわち、この期間の経過後は、内側容器内の圧力は6 barの最大値まで上昇する。液体窒素の備蓄は、ほぼ35日分で足りる。輸送容器の断熱材は、高真空多層断熱材からなる。

【0003】

欧州特許第1673745号明細書（EP1673745B1）には、この種の液体ヘリウム用の輸送容器が記載されている。この輸送容器は、液体ヘリウムが収容されている内側容器と、内側容器を部分的に覆う熱シールドと、熱シールドを冷却するための極低温液体が収容されている冷媒容器と、これらの内側容器、熱シールドおよび冷媒容器が配置されている外側容器とを含む。

【0004】

この背景を踏まえて、本発明の課題は、改善された輸送容器を提供することにある。

【0005】

したがって、ヘリウム用の輸送容器が提案される。この輸送容器は、ヘリウムを収容する内側容器と、内側容器の外側に設けられた断熱要素と、極低温液体を収容する冷媒容器と、内側容器および冷媒容器が収容された外側容器と、極低温液体を用いて能動的に冷却可能でかつ内側容器が収容された熱シールドとを含み、断熱要素と熱シールドとの間に、周方向の間隙が設けられており、断熱要素は、熱シールドに面する銅層を有している。

【0006】

内側容器は、ヘリウム容器または内側タンクと称することもできる。輸送容器は、ヘリウム輸送容器と称することもできる。ヘリウムは、液体ヘリウムまたは極低温ヘリウムと称することができる。ヘリウムは同様に、特に極低温液体である。輸送容器は、特に、ヘリウムを極低温または液体もしくは超臨界的な形態で輸送するように構成されている。熱力学において、臨界点は、液相および気相の密度の等化によって特徴付けられる物質の熱力学状態である。2つの凝集状態の差異は、この時点で存在しなくなる。相図において、点は蒸気圧曲線の上端を表す。ヘリウムは、液体もしくは極低温の形態で内側容器に充填される。次いで、内側容器内では、液体ヘリウムを有する液体ゾーンと、気体ヘリウムを有する気体ゾーンとが生じる。つまり、このヘリウムは、内側容器に充填された後、異なる凝集状態の2つの相、詳細には液体および気体形態の2つの相を有する。すなわち、内側容器には、液体ヘリウムと気体ヘリウムとの間で相境界が存在する。所定時間の経過後、すなわち、内側容器内の圧力が上昇すると、内側容器内に存在するヘリウムは単相になる。次いで、相境界はもはや存在せず、ヘリウムは超臨界状態である。

【0007】

極低温液体または寒剤は、好ましくは液体窒素である。極低温液体は、代替的に、例えば液体水素または液体酸素であってもよい。熱シールドが能動的に冷却可能であるか、または能動的に冷却されるということは、極低温液体が当該熱シールドを少なくとも部分的に貫流するかまたはその周りを流れることで、当該熱シールドが冷却されることを意味するものと理解されたい。特に、熱シールドは運転状態にあるだけであり、すなわち、内側容器にヘリウムが充填されているときに、能動的に冷却されている。極低温液体が消費されているときには、熱シールドは冷却されなくてもよい。熱シールドの能動的な冷却の際には、極低温液体は沸騰して蒸発し得る。これにより、熱シールドは、極低温液体の沸点にほぼもしくは正確に一致する温度を有する。極低温液体の沸点は、好ましくは、液体ヘリウムの沸点よりも高い。熱シールドは、特に外側容器の内部に配置されている。

【0008】

好ましくは、内側容器、特に断熱要素の外側は、ヘリウムの温度にほぼもしくは正確に一致する温度を有する。熱シールドは管状のベース区間と、内側容器と冷媒容器との間に配置されかつベース区間を端面で閉鎖するカバー区間とを有する。好ましくは、熱シールドのカバー区間は、ベース区間をこの場合端面で完全に閉鎖する。熱シールドのベース区間は、円形またはほぼ円形の断面を有し得る。外側容器、内側容器、冷媒容器および熱シールドは、共通の対称軸線または中心軸線に対して回転対称に構成されていてもよい。内側容器および外側容器は、好ましくはステンレス鋼から製造されている。内側容器は、好

10

20

30

40

50

ましくは、湾曲したカバー区間によって両側が閉鎖された管状のベース区間を有する。内側容器は流体密である。外側容器も好ましくは同様に、両側の端面がカバー区間によって閉鎖されている管状のベース区間を有する。内側容器のベース区間および／または外側容器のベース区間は、円形またはほぼ円形の断面を有し得る。

【0009】

断熱要素と熱シールドとの間に、周方向の間隙が設けられていることによって、断熱要素は、熱シールドと機械的な接触を持たない。これにより、内側容器の表面から熱シールドへの熱伝導は、放射および残留ガス伝導のみによって行われ得る。さらに、熱シールドが設けられていることによって、内側容器は、極低温液体の沸点（1.3 baraにおける窒素の沸点：79.5 K）に相応する温度を有する表面のみによって取り囲まれることが保証される。これにより、熱シールド（79.5 K）と内側容器（1 bara～6 baraにおけるヘリウムの温度：4.2～6 K）の間では、外側容器の周囲に比べて、僅かな温度差のみが生じる。これにより、液体ヘリウムの保持期間も、公知の輸送容器に比べて大幅に延長され得る。

10

【0010】

輸送容器は、特に、少なくとも45日のヘリウム保持期間を有し、極低温液体のストックは、少なくとも40日間で十分である。内側容器と外側容器との間の中間室は、好ましくは排気されている。内側容器に含まれるヘリウムの真空崩壊の際に、内側容器に設けられた安全弁を介して排出できるようにするために、内側容器は断熱要素で取り囲まれており、これは非真空の場合でも熱入力を低減する。これにより、断熱要素は、真空崩壊の際に緊急断熱の機能を有する。

20

【0011】

銅層は、銅箔または蒸着されたアルミニウム箔であってもよい。銅層は、メタリックな光沢表面を有する。すなわち、これは、銅層が表面被覆または酸化されていないことを意味する。温度の低下に伴い銅層の放射率は低減するので、放射による熱伝導も減少し、それによって、内側容器への熱入力全体は、ヘリウムの保持期間全体にわたって6 W未満に抑制することができる。

【0012】

銅層は、好ましくは少なくとも5 μm 、特に好ましくは少なくとも10 μm 、好ましくは20 μm 未満、特に好ましくは10～20 μm の厚さを有する。銅層は、好ましくは少なくとも95%の銅、より好ましくは99%の銅、さらにより好ましくは少なくとも99.9%の銅の質量分率を有する。銅層は、好ましくは、例えばグリースまたは油などの不純物の1つを含まない表面を有する。

30

【0013】

一実施形態によれば、周方向の間隙は、5～15 mm、好ましくは10 mmの間隙幅を有する。

【0014】

間隙が周方向に存在することは、間隙が内側容器の周りを完全に巻き巻くように案内されていることを意味するものと理解されたい。特に、この間隙は、内側容器のカバー区間にも設けられている。

40

【0015】

さらなる実施形態によれば、周方向の間隙は排気されている。

【0016】

これにより、内側容器から熱シールドへの熱伝導が放射および残留ガス伝導のみによって行われ得ることが保証される。

【0017】

さらなる実施形態によれば、断熱要素は、内側容器と銅層との間に配置された多層の断熱層を有する。

【0018】

断熱層は、いわゆるMLI（英記：multilayer-insulation）であってもよい。銅層は

50

、好ましくは、LMI上にしわなしでしっかりと引き込まれた高純度の光沢銅からなる平滑な銅箔の付加的層である。

【0019】

さらなる実施形態によれば、多層の断熱層は、アルミニウム箔とガラスペーパーとからなる交互に配置された複数の層を有する。

【0020】

この場合、アルミニウム箔からなる層は、真空崩壊の際の断熱を保証するガラスペーパーからなる層のための反射体および機械的固定部として用いられる。アルミニウム箔は、穿孔され、エンボス加工されてもよい。

【0021】

さらなる実施形態によれば、アルミニウム箔とガラスペーパーとからなる層は、内側容器に隙間なく被着されている。

【0022】

隙間なくということは、アルミニウム箔からなる層が、ガラスペーパーからなる層に対して平らに置かれていることを意味するものと理解されたい。ここでは、内側容器に多層の断熱層を被着させる際には、全ての層が可及的に等温であることを達成するために、アルミニウム箔およびガラスペーパーからなる層の可及的に高い機械的圧力に注意が払われる。等温状態の変化は、温度が変化しない状態における熱力学的変化である。

【0023】

さらなる実施形態によれば、銅層は銅箔である。

【0024】

特に銅層は、多層の断熱層上にしわなしでしっかりと引き込まれた高純度の光沢銅からなる銅箔である。

【0025】

さらなる実施形態によれば、輸送容器は、さらに、熱シールドと外側容器との間に配置された多層の断熱層を含む。

【0026】

断熱層は、好ましくは同様にMLIである。この断熱層は、好ましくは、熱シールドと外側容器との間に設けられた中間室を完全に満たし、それによって断熱層は熱シールドにも、外側容器にも接触する。

【0027】

さらなる実施形態によれば、多層の断熱層は、アルミニウム箔とガラスシルク（ガラス絹）、ガラス繊維メッシュもしくはガラスペーパーとからなる交互に配置された複数の層を有する。

【0028】

ガラスペーパー、ガラス絹糸もしくはガラス繊維メッシュからなる層は、この場合、反射体として用いられるアルミニウム箔からなる層の間のスペーサとして用いられる。アルミニウム箔は、好ましくは穿孔されエンボス加工される。これにより、熱シールドと外側容器との間に配置された断熱層を、問題なく排気することができる。また、アルミニウム箔層間の不所望な機械的熱的接触も低減される。この接触は、アルミニウム箔層の放射交換によって生じる温度勾配を損なわせる可能性がある。

【0029】

さらなる実施形態によれば、アルミニウム箔およびガラス絹、ガラス繊維メッシュもしくはガラスペーパーからなる層は、熱シールド上で隙間を介して被着されている。

【0030】

隙間を含めてとは、アルミニウム箔からなる層と、ガラス絹、ガラス繊維メッシュもしくはガラスペーパーからなる層との間に、それぞれ排気可能な中間室が設けられていることを意味するものと理解されたい。好ましくは、断熱層のアルミニウム箔およびガラス絹、ガラス繊維メッシュもしくはガラスペーパーからなる層は、内側容器の断熱要素とは異なり、熱シールドと外側容器空間との間に設けられた中間室内に緩やかに導入されている

10

20

30

40

50

。緩やかにとは、ここでは、アルミニウム箔およびガラスペーパーからなる層が圧入されていないことを意味し、そのため、アルミニウム箔のエンボス加工および穿孔によって、断熱層およびひいては中間室を、問題なく排気することができる。

【0031】

さらなる実施形態によれば、外側容器は排気されている。

【0032】

これにより、非常に良好な断熱が保証されている。なぜなら、熱伝導は、放射および残留ガス伝導によってのみ可能だからである。

【0033】

さらなる実施形態によれば、熱シールドは内側容器を完全に取り囲む。

10

【0034】

好ましくは、熱シールドは、アルミニウム材料から製造されている。特に熱シールドは、高純度アルミニウム材料から製造されている。これにより、特に良好な熱輸送特性および熱反射特性が生じる。熱シールドが内側容器を完全に取り囲むことによって、内側容器が、極低温液体の沸騰温度に相応する温度を有する表面によって完全に取り囲まれていることが保証される。

【0035】

さらなる実施形態によれば、熱シールドは、1つのベース区間と、該ベース区間を両側の端面で閉鎖する2つのカバー区間とを有する。

【0036】

20

好ましくは2つのカバー区間は湾曲している。特にこれらのカバー区間は、それらがベース区間から離れて湾曲しているようにベース区間に設けられている。カバー区間の一方は、好ましくは冷媒容器と内側容器との間に配置されている。これにより、冷媒容器内の液面が下がった場合でも、内側容器が、極低温液体の沸点に相応する温度を有する表面によってのみ取り囲まれていることが保証される。

【0037】

さらなる実施形態によれば、熱シールドは、流体透過性である。

【0038】

すなわち、熱シールドは液体透過性および気体透過性である。この目的のために、熱シールドは、例えば、開口、孔部または穿孔を有し得る。流体透過性に基づき、内側容器と熱シールドとの間に設けられた中間室を排気することができる。

30

【0039】

輸送容器のさらなる可能な実施形態は、上記のもしくは以下に実施例に関連して記載する特徴または実施形態の明示されていない組合せも含む。この場合、当業者であれば、輸送容器のそれぞれの基本形態に、改良または補足として個々の態様も追加し得る。

【0040】

輸送容器のさらなる好ましい構成は、従属請求項の主題ならびに以下に記載する輸送容器の実施例である。さらに、輸送容器を、好ましい実施形態に基づいて添付の図面を参照しながらより詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

40

【0041】

【図1】輸送容器の一実施形態の概略的断面図

【図2】図1によるIIの詳細図

【0042】

図面中、同じ要素または機能の同じ要素には、特段の記載がない限り同じ参照符号が付されている。

【0043】

図1は、液体ヘリウムHe用の輸送容器1の一実施形態の大幅に簡素化された概略的断面図を示す。図2は、図1による詳細図IIを示す。以下では、図1および図2を同時に参照する。

50

【0044】

輸送容器1は、ヘリウム輸送容器と称することもできる。輸送容器1は、他の極低温液体用にも用いることができる。極低温液体、または単に寒剤に対する例には、前述の液体ヘリウムHe（1baraにおける沸点：4.222K=-268.928℃）、液体水素H₂（1baraにおける沸点：20.268K=-252.882℃）、液体窒素N₂（1baraにおける沸点：77.35K=-195.80℃）または液体酸素O₂（1baraにおける沸点：90.18K=-182.97℃）が挙げられる。

【0045】

輸送容器1は、外側容器2を含む。外側容器2は、例えばステンレス鋼から製造されている。外側容器2は、例えば10メートルの長さL₂を有することができる。外側容器2は、管状または円筒状のベース区間3を含み、このベース区間3は、両側の端面のそれぞれがカバー区間4、5を用いて、特に第1のカバー区間4と第2のカバー区間5とを用いて閉鎖されている。ベース区間3の断面は、円形またはほぼ円形の幾何形状を有し得る。カバー区間4、5は湾曲している。カバー区間4、5は、逆向きに湾曲しており、そのため、両カバー区間4、5は、ベース区間3に関して外側に湾曲している。外側容器2は流体密、特に気密である。外側容器2は、対称軸線または中心軸線M₁を有し、この中心軸線M₁に対して外側容器2は回転対称に構成されている。

【0046】

輸送容器1は、さらに、液体ヘリウムHeを収容するための内側容器6を含む。内側容器6も同様に、例えばステンレス鋼から製造されている。内側容器6内には、ヘリウムHeが二相領域で存在する限り、蒸発したヘリウムHeを有する気体ゾーン7と、液体ヘリウムHeを有する液体ゾーン8とが設けられていてもよい。内側容器6は流体密、特に気密であり、かつ制御された減圧のための吹出し弁を含むことができる。内側容器6も、外側容器2のように、管状または円筒状のベース区間9を含み、このベース区間9も両側の端面がカバー区間10、11、特に第1のカバー区間10と第2のカバー区間11とによって閉鎖されている。ベース区間9の断面は、円形またはほぼ円形の幾何形状を有し得る。

【0047】

内側容器6は、外側容器2のように、中心軸線M₁に対して回転対称に形成されている。内側容器6と外側容器2との間に設けられた中間室12は排気されている。輸送容器1は、さらに、冷媒容器14を有する冷却システム13を含む。冷媒容器14には、例えば液体窒素N₂のような極低温液体が収容されている。冷媒容器14は、管状または円筒状のベース区間15を含み、これは中心軸線M₁に対して回転対称に構成されていてもよい。ベース区間15の断面は、円形またはほぼ円形の幾何形状を有し得る。ベース区間15は、端面がそれぞれカバー区間16、17によって閉鎖されている。これらのカバー区間16、17は湾曲していてもよい。特に、カバー区間16、17は、同じ方向に湾曲している。冷媒容器14は、異なった構造を有し得る。

【0048】

冷媒容器14には、蒸発窒素N₂を有する気体ゾーン18と、液体窒素N₂を有する液体ゾーン19とが設けられていてもよい。内側容器6の軸線方向Aで見て、冷媒容器14は、当該内側容器6に隣接して配置されている。内側容器6、特に内側容器6のカバー区間11と、冷媒容器14、特に冷媒容器14のカバー区間16との間には、中間室20が設けられており、この中間室20は、中間室12の一部であってよい。すなわち、この中間室20も同様に排気されている。

【0049】

輸送容器1は、冷却システム13に対応付けされた熱シールド21をさらに含む。熱シールド21は、内側容器6と外側容器2との間に設けられ排気された中間室12に配置されている。熱シールド21は、液体窒素N₂を用いて能動的に冷却可能であるか、または能動的に冷却されている。本願では、能動的な冷却とは、液体窒素N₂が熱シールド21を冷却するために、液体窒素N₂がこれを通して導かれるか、またはこれに沿って導かれ

10

20

30

40

50

ることを意味するものと理解されたい。熱シールド 2 1 は、ここでは窒素 N_2 の沸点にほぼ相応する温度に冷却される。

【0050】

熱シールド 2 1 は、円筒状または管状のベース区間 2 2 を含み、このベース区間 2 2 の両側は、それらを端面で閉鎖するカバー区間 2 3, 2 4 によって閉鎖されている。ベース区間 2 2 も、カバー区間 2 3, 2 4 も、窒素 N_2 を用いて能動的に冷却される。ベース区間 2 2 の断面は、円形またはほぼ円形の幾何形状を有し得る。熱シールド 2 1 も好ましくは同様に、中心軸線 M_1 に対して回転対称に構成されている。

【0051】

熱シールド 2 1 の第 1 のカバー区間 2 3 は、内側容器 6、特に内側容器 6 のカバー区間 1 1 と、冷媒容器 1 4、特に冷媒容器 1 4 のカバー区間 1 6 との間に配置されている。熱シールド 2 1 の第 2 のカバー区間 2 4 は、冷媒容器 1 4 とは反対側にある。熱シールド 2 1 は、ここでは自己支持型である。すなわち、熱シールド 2 1 は、内側容器 6 にも外側容器 2 にも支持されていない。この目的のために、熱シールド 2 1 には、支持ロッド、特に引っ張りロッドを介して外側容器 2 から懸架された支持リングが設けられていてもよい。さらに、内側容器 6 は、さらなる支持ロッドを介して支持リングから懸架されていてもよい。機械的支持ロッドを伝達する熱入力は、支持リングによって部分的に実現される。支持リングはポケットを有しており、このポケットは、支持ロッドの熱容量を最大限にさせ得る。冷媒容器 1 4 は、機械的支持ロッド用のブッシングを有する。

【0052】

熱シールド 2 1 は流体透過性である。すなわち、内側容器 6 と熱シールド 2 1 との間の中間室 2 5 は、中間室 1 2 と流体連通している。これにより、中間室 1 2, 2 5 は、同時に排気することができる。熱シールド 2 1 には、中間室 1 2, 2 5 の排気を可能にするために、穿孔、開口などを設けてもよい。熱シールド 2 1 は、好ましくは高純度アルミニウム材料から製造されている。

【0053】

熱シールド 2 1 の第 1 のカバー区間 2 3 は、冷媒容器 1 4 を内側容器 6 から完全に遮蔽する。すなわち、内側容器 6 から冷媒容器 1 4 への方角で見て、冷媒容器 1 4 は、熱シールド 2 1 の第 1 のカバー区間 2 3 によって完全に覆われている。特に、熱シールド 2 1 は、内側容器 6 を完全に取り囲む。すなわち、内側容器 6 は、熱シールド 2 1 の内部に完全に配置されており、この場合、熱シールド 2 1 は、既に上述したように、流体密ではない。

【0054】

熱シールド 2 1 は、自身の能動的な冷却のために、少なくとも 1 つの、より好ましくは複数の冷却ラインを含む。例えば熱シールド 2 1 は、6 つの冷却ラインを有し得る。1 つ以上の冷却ラインは、冷媒容器 1 4 と流体連通しており、それにより、液体窒素 N_2 を、冷媒容器 1 4 から 1 つ以上の冷却ラインに流通させることができる。冷却システム 1 3 は、さらに図 1 には示されていない相分離器を含むことができ、この相分離器は、液体窒素 N_2 から気体窒素 N_2 を分離するように構成されている。相分離器を介すことにより、気体窒素 N_2 を冷却システム 1 3 から排出させることが可能である。

【0055】

1 つ以上の冷却ラインは、熱シールド 2 1 のベース区間 2 2 にも、カバー区間 2 3, 2 4 にも設けられている。1 つ以上の冷却ラインは、重力方向 g に対して垂直に配置された水平線 H に対して勾配を有する。特に、1 つ以上の冷却ライン、水平線 H と、 3° よりも大きい角度を形成する。

【0056】

内側容器 6 はさらに、図 2 に断片的な形態で示されている断熱要素 2 6 を含んでいる。断熱要素 2 6 は内側容器 6 を完全に取り囲んでいる。すなわち、断熱要素 2 6 は、内側容器 6 のベース区間 9 にも、カバー区間 1 0, 1 1 にも設けられている。断熱要素 2 6 は、内側容器 6 と熱シールド 2 1 との間に設けられている。すなわち、断熱要素 2 6 は、中間

室 25 内に配置されている。断熱要素 26 は、外側に、すなわち熱シールド 21 に面する側に高反射性の銅層 27 を有する。銅層 27 はメタリックな光沢を有する。すなわち、銅層 27 は、表面被覆または酸化物層を有していない。銅層 27 は、例えば、銅箔または蒸着による銅被覆を有するアルミニウム箔であってもよい。

【0057】

熱シールド 21 の液体窒素 N_2 の温度レベルに対する内側容器 6 の実際の断熱は、銅層 27 によって行われる。好ましくは、銅層 27 は、銅層 27 と内側容器 6 との間に配置された多層の断熱層 28 の周りにしわなしでしっかりと引き込まれている高純度の光沢銅からなる平滑な銅箔である。断熱層 28 は、穿孔されエンボス加工された反射体としてのアルミニウム箔 29 と、スペーサおよびアルミニウム箔間の真空崩壊の際の断熱用としてのガラスペーパー 30 とからなる交互に配置された複数の膜または層を含む。断熱層 28 は、10 層からなってもよい。アルミニウム箔 29 とガラスペーパー 30 とからなる層は、隙間なく内側容器 6 上に被着されており、すなわち圧入されている。断熱層 28 は、いわゆる MLI であってもよい。内側容器 6 および断熱要素 26 は、外側では、ほぼヘリウム He の沸点に相応する温度を有する。断熱層 28 の取り付けの際には、断熱層 28 の全ての層が可及的に等温であることを達成するために、アルミニウム箔 29 とガラスペーパー 30 とからなる層が可及的に大きな機械的圧力を有するように留意すべきである。

【0058】

断熱要素 26 と熱シールド 21 との間には、内側容器 6 を完全に取り巻く周方向の間隙 31 が設けられている。この間隙 31 は、断熱要素 26 と、熱シールド 21 のカバー区間 23, 24 との間にも設けられている。間隙 31 は、間隙幅 b_{31} を有している。この間隙幅 b_{31} は、好ましくは 5~15 mm であるが、より好ましくは 10 mm である。間隙 31 は、排気されている。特にこの間隙 31 は、中間室 25 の一部である。この場合、中間室 25 は、間隙 31 までは断熱要素 26 によって満たされている。

【0059】

熱シールド 21 と外側容器 2 との間には、さらなる多層の断熱層 32、特に MLI が同様に配置されてもよく、この断熱層は中間室 12 を完全に満たし、それによって熱シールド 21 の外側および外側容器 2 の内側に接触する。断熱層 32 は、各ベース区間 3, 22 の間にも、熱シールド 21 のカバー区間 24 と外側容器 2 のカバー区間 4 との間ならびに熱シールド 21 のカバー区間 23 と冷媒容器 14 との間にも設けられている。断熱層 32 も同様にアルミニウム箔 33 とガラス絹、ガラス繊維メッシュもしくはガラスペーパー 34 とからなる交互に配置された膜または層を含むが、それらはいずれにせよここでは内側容器 6 の前述の断熱要素 26 とは異なり、中間室 12 内に緩やかに挿入されている。この緩やかにとは、ここでは、アルミニウム箔 33 とガラスペーパー 34 とからなる層が圧入されていないことを意味しており、そのため、アルミニウム箔 33 のエンボス加工および穿孔によって、断熱層 32、ひいては中間室 12 が問題なく排気され得る。

【0060】

間隙 31 を用いることにより、熱シールド 21 は、内側容器 6 の断熱要素 26 の銅層 27 から周囲に離間して配置され、銅層とは接触しない。それにより、放射による熱入力は物理的に可能な最小値に低減される。内側容器 6 の表面から熱シールド 21 への熱伝導は、放射および残留ガス伝導によってのみ行われる。

【0061】

以下では輸送容器 1 の機能モードを説明する。内側容器 6 に液体ヘリウム He が充填される前に、まず熱シールド 21 が、初めは気体でその後液体の極低温の窒素 N_2 を用いて、液体窒素 N_2 の少なくともほぼもしくはちょうど沸点まで (1, 3 bara、79.5 K) 冷却される。ここでは、内側容器 6 は、まだ能動的に冷却されていない。熱シールド 21 の冷却の際に、中間室 12 に依然として存在する真空圧の残留ガスが熱シールド 21 上で凍結される。これにより、内側容器 6 に液体ヘリウム He が充填される際に、真空圧の残留ガスが内側容器 6 の外側で凍結され、それによって内側容器 6 の断熱要素 26 の銅層 27 のメタリックな光沢表面が汚染されることが防止され得る。熱シールド 21 およ

び冷媒容器 1 4 が完全に冷却され、かつ冷媒容器 1 4 が再び満たされると直ちに内側容器 6 に液体ヘリウム H e が充填される。

【0062】

次いで、輸送容器 1 は、液体ヘリウム H e の輸送のために、例えばトラックまたは船などの輸送車両に移される。この場合、熱シールド 2 1 は、液体窒素 N₂ を用いて連続的に冷却される。その際、液体窒素 N₂ は消費され、冷却システム 1 3 の冷却ラインで沸騰する。そこで発生する気泡は、冷却システム 1 3 内で重力方向 g に関して最高位に配置された相分離器を通して排出される。相分離器を用いることにより、冷却システム 1 3 内に存在する気体窒素 N₂ が吹出され、これによって、冷媒容器 1 4 からの液体窒素 N₂ が流れ込み得る。

10

【0063】

間隙 3 1 により、銅層 2 7 は、熱シールド 2 1 と機械的に接触していないので、内側容器 6 の表面から熱シールド 2 1 への熱伝導は、放射および残留ガス伝導のみによって行われ得る。銅層は断熱層 2 8 上にしっかりと被着されているので、それは断熱層 2 8 と良好な機械的接触を有し、銅層 2 7 も同様にヘリウム H e の温度に近い温度を有する。銅層 2 7 の放射の程度または放射率は、温度の低下に伴って低下するため、放射による熱伝導も減少する。そのため、内側容器 6 への熱入力全体を、ヘリウム H e の保持期間にわたって 6 W 未満に抑制することができる。物体からの放射の程度は、理想的な発熱体である黒体と比較してどのくらいの放射であるかを示すものである。

【0064】

20

内側容器 6 が、熱シールド 2 1 によって完全に取り囲まれていることにより、内側容器 6 は、窒素 N₂ の沸点 (1.3 bara : 78.5 K) に対応する温度を有する表面のみによって取り囲まれることが保証される。これにより、熱シールド 2 1 (78.5 K) と内側容器 6 (4.2 ~ 6 K) との間に、僅かな温度差のみが生じる。これにより、液体ヘリウム H e の保持期間は、公知の輸送容器に比べて大幅に延長され得る。輸送容器 1 は、特に、少なくとも 45 日のヘリウム保持期間を有し、液体窒素 N₂ のストックは、少なくとも 40 日間で十分である。断熱要素 2 6 は、真空崩壊が生じた場合に、内側容器 6 のための緊急断熱の機能を奏する。

【0065】

本発明は、実施例に基づいて説明されたにもかかわらず、多岐にわたる変更が可能である。

30

【符号の説明】

【0066】

- 1 輸送容器
- 2 外側容器
- 3 ベース区間
- 4 カバー区間
- 5 カバー区間
- 6 内側容器
- 7 気体ゾーン
- 8 液体ゾーン
- 9 ベース区間
- 10 カバー区間
- 11 カバー区間
- 12 中間室
- 13 冷却システム
- 14 冷媒容器
- 15 ベース区間
- 16 カバー区間
- 17 カバー区間

40

50

1 8	気体ゾーン	
1 9	液体ゾーン	
2 0	中間室	
2 1	熱シールド	
2 2	ベース区間	
2 3	カバー区間	
2 4	カバー区間	
2 5	中間室	
2 6	断熱要素	
2 7	銅層	10
2 8	断熱層	
2 9	アルミニウム箔	
3 0	ガラスペーパー	
3 1	間隙	
3 2	断熱層	
3 3	アルミニウム箔	
3 4	ガラスペーパー	
A	軸線方向	
b _{3 1}	間隙幅	
g	重力方向	20
H	水平線	
H e	ヘリウム	
H ₂	水素	
l ₂	長さ	
M ₁	中心軸線	
N ₂	窒素	
O ₂	酸素	

【図 1】

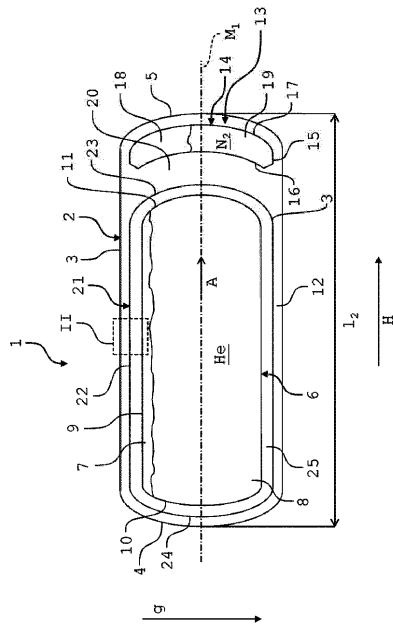


Fig. 1

【図 2】

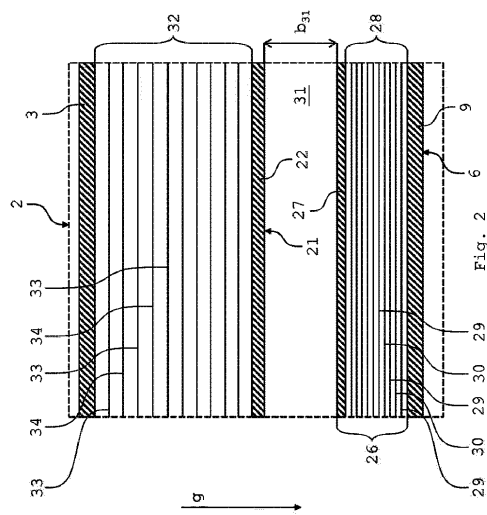


Fig. 2

フロントページの続き

(74)代理人 100116403

弁理士 前川 純一

(74)代理人 100135633

弁理士 二宮 浩康

(74)代理人 100162880

弁理士 上島 類

(72)発明者 ハイッツ ポッセルト

ドイツ連邦共和国 パート・アイブリング クランケンハウスシュトラッセ 6

(72)発明者 マルコ パルコネン

スウェーデン国 イッテルビー ソルヴァグンスガタン 32

審査官 宮崎 基樹

(56)参考文献 米国特許第03119238 (US, A)

特開2000-291879 (JP, A)

実開昭54-178218 (JP, U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F17C 1/00-13/12

F16L 59/00-59/22