

明 細 書

発明の名称： 中間媒体式気化器

技術分野

[0001] 本発明は、液化天然ガス（以下、LNGと称する。）等の低温液体をプロパン等の中間媒体を用いて加温、気化する中間媒体式気化器に関する。

背景技術

[0002] 従来、下記特許文献1及び2に開示されているように、LNG等の低温液体をコンパクトな構造で連続気化する装置として、熱源流体に加えて中間媒体を用いる中間媒体式気化器が知られている。特許文献1に開示されている中間媒体式気化器は、図5に示すように、中間媒体蒸発器E1と、LNG蒸発器E2と、NG（天然ガス）加温器E3と、を備えている。また、気化器には、熱源流体としての海水が通る経路として、入口室50、多数本の伝熱管52、中間室54、多数本の伝熱管56及び出口室58が、この順に設けられている。伝熱管52はNG加温器E3内に、また伝熱管56は中間媒体蒸発器E1内にそれぞれ配置されている。中間媒体蒸発器E1内には、海水の温度よりも沸点の低い中間媒体（例えばプロパン）Mが収容されている。

[0003] LNG蒸発器E2は、入口室62及び出口室64と、両室62、64を連通する多数本の伝熱管63とを備えている。各伝熱管63は略U字状をなし、中間媒体蒸発器E1内の上部に突き出ている。出口室64は、NG導管66を介してNG加温器E3内に連通している。

[0004] このような気化器において、熱源流体である海水は、入口室50、伝熱管52、中間室54及び伝熱管56を通過して出口室58に至る。このとき、伝熱管56を通る海水は、中間媒体蒸発器E1内の液状中間媒体Mと熱交換し、これにより、中間媒体Mが蒸発する。

[0005] 一方、気化対象であるLNGは、入口室62から伝熱管63に導入される。この伝熱管63内のLNGと中間媒体蒸発器E1内の蒸発中間媒体Mとの熱交換により、当該中間媒体Mが凝縮する。LNGは、中間媒体Mの凝縮熱

を受けて伝熱管 6 3 内で蒸発して N G となる。この N G は、出口室 6 4 から N G 導管 6 6 を通じて N G 加温器 E 3 内に導入される。N G は、N G 加温器 E 3 内の伝熱管 5 2 を流れる海水との熱交換によってさらに加熱された後、利用側に供給される。

[0006] ところで、海水を熱源として、管外の冷媒を沸騰させるための沸騰用伝熱管が、下記特許文献 3 に開示されている。この特許文献 3 に開示された沸騰用伝熱管は、チタン製又はステンレス製の内管と、銅製又はアルミニウム製の外管とを備えた二重管によって構成されている。外管の外周面には、転造加工によって突起部が形成されている。この構成では、内管がチタン製又はステンレス製となっていたため、耐海水性に優れている。しかも、外管が銅製又はアルミニウム製となっているため、転造加工性に優れている。

[0007] 特許文献 1 及び 2 には、中間媒体蒸発器の伝熱管の材質について何ら記載されていない。しかしながら、この伝熱管のように、内部を海水が流れる伝熱管については、耐海水性を考慮して、一般的に、チタン製又はステンレス製の伝熱管が採用される。チタン製又はステンレス製の伝熱管については、加工コストが高くなるため、ベア管（フィン無し管）が採用される。しかし、ベア管では伝熱性能が高くないため、中間媒体蒸発器の伝熱管として、特許文献 3 に開示された伝熱管と同様の構成を有する伝熱管を採用することが考えられる。特許文献 3 に開示された伝熱管は、チタン製又はステンレス製の内管と、銅製又はアルミニウム製の外管とを備えた二重管構造に構成されるとともに、外管に突起部が形成されている。これにより、転造加工性を確保しつつ耐海水性をも担保することができる。しかしながら、特許文献 3 に開示された二重管構造の伝熱管では、内管と外管とが異種金属で構成されているため、内管と外管とが異なる線膨張係数を有している。このため、内管内を流れる海水と外管の外側の熱媒体との間で熱交換が行われる際に、内管と外管との間で剥離が生じ、伝熱性能が思惑通りに向上しないという問題がある。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開 2 0 0 0－2 2 7 2 0 0 公報

特許文献2：特開 2 0 0 1－2 0 0 9 9 5 号公報

特許文献3：特開 2 0 1 2－2 3 7 4 号公報

発明の概要

[0009] 本発明の目的は、中間媒体式気化器において、耐海水性を担保しつつ、伝熱性能を向上することである。

[0010] 本発明の一局面に従う中間媒体式気化器は、海水が流れる伝熱管を有し、該伝熱管内の海水と該伝熱管外の液状の中間媒体との間での熱交換によって前記中間媒体の少なくとも一部を蒸発させる中間媒体蒸発部と、低温液化ガスが流れる伝熱管を有し、前記中間媒体蒸発部で蒸発した中間媒体を凝縮させることにより、前記伝熱管内の低温液化ガスを気化させる液化ガス気化部と、を備える。前記中間媒体蒸発部の前記伝熱管は、チタン製又はチタン合金製である。前記伝熱管の外周面には、外面の間隙を通して外部に連通する空洞部分を有する溝が形成されている。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の実施形態に係る中間媒体式気化器の構成を概略的に示す図である。

[図2]前記気化器に設けられた中間媒体蒸発器の伝熱管の外観の一部を模式的に示す図である。

[図3]前記伝熱管を部分的に示す断面図である。

[図4]前記気化器に設けられたL N G蒸発器の伝熱管を模式的に示す断面図である。

[図5]従来の中間媒体式気化器の構成を概略的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明を実施するための形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

[0013] 図 1 に示すように、本実施形態に係る中間媒体式気化器（以下、単に気化器と称する）10は、中間媒体を介して、熱源流体である海水の熱を低温液化ガスであるLNG（液化天然ガス）に伝え、LNGを気化する装置である。気化器10は、中間媒体蒸発部である中間媒体蒸発器E1と、液化ガス気化部であるLNG蒸発器E2と、を備えている。気化器10は、中空状の本体部11を備えており、この本体部11は中間媒体蒸発器E1のシェルとして機能する。

[0014] 中間媒体蒸発器E1の一方には入口室（水室）14が隣接し、他方における下側部には出口室18が隣接している。中間媒体蒸発器E1には、多数の伝熱管20が設けられている。伝熱管20は、本体部11における下側部内に配置されている。伝熱管20は、本体部11の側壁のうち入口室14との仕切壁として機能する入口側壁（入口側管板）11aと、本体部11の側壁のうち出口室18との仕切壁として機能する出口側壁（出口側管板）11bとの間に架け渡されている。この伝熱管20は、一方向に直線状に延びる形状を有するが、この形状に限られるものではない。

[0015] 入口室14は、入口側管板11aとの間に間隔をおいて配置された外側壁14aと、入口側管板11a及び外側壁14aを接続する接続壁14dと、を備えている。外側壁14aには、海水を導入する導入管22が接続されている。導入管22には、図略のポンプ等が設けられており、海からくみ上げられた海水は入口室14内に導入される。すなわち、本実施形態の気化器10では、図5に示す従来の中間媒体式気化器と異なり、NG加温器が設けられていないため、入口室14に導入される前の海水がNGを加温するのに用いられることはない。なお、導入管22は、外側壁14aに接続される構成に限られない。

[0016] 出口室18は、出口側管板11bとの間に間隔をおいて配置された外側壁18aと、出口側管板11b及び外側壁18aを接続する接続壁18dと、を備えている。接続壁18dには、海水を排出する排出管24が接続されている。なお、排出管24は、接続壁18dに接続される構成に限られず、外

側壁 18a に接続される構成であってもよい。

[0017] 本体部 11 中の中間媒体蒸発器 E1 内には、海水の温度よりも沸点の低い中間媒体（例えばプロパン）M が收容されている。中間媒体 M は、全ての伝熱管（海水が流れる伝熱管）20 よりも上側に液面が位置する程度に收容されている。

[0018] 出口室 18 の上方には、LNG の入口室 32 と、NG を導出する出口室 34 とが設けられている。入口室 32 及び出口室 34 は、出口側管板 11b とともに本体部 11 の他方側の側壁を構成する管板 11c を介して中間媒体蒸発器 E1 の上側部に隣接している。出口室 34 は、入口室 32 の上側に隣接するように形成されている。入口室 32 には、LNG を導入するための供給管 36 が接続されている。出口室 34 には、NG を導出するための導出管 38 が接続されている。NG は、導出管 38 を通して利用側に供給される。

[0019] LNG 蒸発器 E2 は、前記入口室 32 と、前記出口室 34 と、入口室 32 と出口室 34 とを連通する多数の伝熱管 40 と、を備えている。伝熱管 40 は、本体部 11 内における上側部に配置されている。各伝熱管 40 は略 U 字状をなしており、伝熱管 40 が本体部 11 内の上側部に突き出た状態で、伝熱管 40 の両端部は、管板 11c に固定されている。伝熱管 40 は、中間媒体 M の液面よりも上方に配置されている。

[0020] 本実施形態の気化器 10 では、海水が導入管 22 を通して入口室 14 に導入される。この海水は中間媒体蒸発器 E1 の伝熱管 20 内に流入する。伝熱管 20 内を流れる海水は、液状の中間媒体 M と熱交換される。この熱交換によって、液状の中間媒体 M が沸騰し、中間媒体 M は気化する。

[0021] 一方、気化対象である LNG は、供給管 36 を通して入口室 32 に導入される。この LNG は、入口室 32 から LNG 蒸発器 E2 の伝熱管 40 に流入する。伝熱管 40 内の LNG と中間媒体蒸発器 E1 内（本体部 11 内）のガス状の中間媒体 M との熱交換により、当該中間媒体 M は伝熱管 40 外で凝縮する。LNG は、その凝縮熱を受けて伝熱管 40 内で気化し、NG となる。この NG は、出口室 34 から導出管 38 を通じて利用側に供給される。すな

わち、LNG蒸発器E2で気化したNGは、加熱されることなくそのままの温度で利用側に供給される。LNG蒸発器E2においては、NGは例えば0℃以上の温度に加熱される。なお、LNG蒸発器E2において、NGは0℃以上の温度にまで加熱されるものに限られない。LNG蒸発器E2から排出されるNGの温度は、利用側での要求に応じて適宜変更が可能であり、0℃未満であってもよい。この場合でも、LNG蒸発器E2から導出されたNGを更に加熱することなく、利用側に供給することが可能である。

[0022] ここで、中間媒体蒸発器E1に設けられた伝熱管20の構成について説明する。伝熱管20は、チタン製又はチタン合金製であり、図2に示すように、外周面に網目状の溝20a、20bが形成されている。すなわち、伝熱管20の外周面には、伝熱管20の長手方向（軸方向）に延びる多数の溝20aと、周方向に延びる多数の溝20bとが形成されている。そして、隣り合う溝間の部位が、凸部20cとして形成されている。多数の凸部20cは、軸方向及び周方向に配列されている。なお、本実施形態では、長手方向の溝20aと周方向の溝20bとが形成された構成となっているが、これに限られるものではない。例えば、長手方向に延びる多数の溝20aのみが設けられて、周方向の溝20bが設けられない構成であってもよい。また、周方向に延びる多数の溝20bのみが設けられて、長手方向の溝20aが設けられない構成であってもよい。すなわち、溝20a、20bは網目状に形成されていなくてもよい。

[0023] このような凸部20cは、転造加工された後、外面を押しつぶすことによって形成することができる。したがって、図3に示すように、凸部20cの外端面は、およそ平らな形状となっており、隣り合う凸部20c間の溝20a、20bは、外面側の間隙20dの幅よりも奥側の空洞部分20eの幅の方が広い形状になりやすい。したがって、凸部20c間の溝20a、20bは、外部に開口したトンネル構造の溝となっている。すなわち、凸部20c間には、外面の間隙20dを通して外部に連通する空洞部分20eを有する溝20a、20bが設けられている。このような形状に形成されることによ

り、沸騰を促進することができる。

[0024] なお、本実施形態では、隣り合う凸部20c間の溝20a, 20bが、奥側の空洞部分20eの幅が外面側の間隙20dの幅よりも広い形状に形成されている。しかしながら、伝熱管20の外周面の溝20a, 20bの形状は、これに限られるものではない。

[0025] LNG蒸発器E2に設けられた伝熱管40は、図4に示すように、フィン付き管によって構成されている。この伝熱管40は、U字状に形成されているため、直線部に多数のフィン40aが軸方向に並ぶように設けられた構成となっている。中間媒体蒸発器E1の伝熱管20の外周面に凸部20cが形成されており、しかもLNG蒸発器E2の伝熱管40がフィン付き管によって構成されているので、従来に比べ、例えば約2倍の伝熱性能を得ることができる。

[0026] なお、伝熱管40は、内面に凹凸が形成されていない構成となっているがこれに限られない。伝熱管40の内面に凹凸が形成されていてもよい。この構成では、より熱交換性能を向上することができる。また、伝熱管40内に、図略の伝熱促進体が配置されていてもよい。この伝熱促進体は、例えば、螺旋状に形成されたテープ（ツイストテープ）、湾曲した複数の板状体を並べたもの、ワイヤインサート、線状体を編み込んだ構成のもの等であり、伝熱管40内での液化天然ガスの乱流を促進させる。

[0027] 以上説明したように、本実施形態では、中間媒体蒸発器E1の伝熱管20がチタン製又はチタン合金製であるため、伝熱管20内に海水が流れるとしても、腐食し難い。したがって耐海水性を担保することができる。しかも、この伝熱管20は、一体形成品であって従来のような二重管と異なるため、内管と外管との間で剥離が生ずるようなことはない。このため、伝熱管壁での伝熱性能が悪化することもない。さらに、中間媒体蒸発器E1の伝熱管20の外周面には、空洞部分20eを有する溝20a, 20bが外部に連通するように形成されている。したがって、中間媒体蒸発器E1での伝熱性能を向上することができる。

[0028] しかも本実施形態では、LNG蒸発器E2の伝熱管40がフィン付き管によって構成されているため、伝熱管40において中間媒体Mの接触面積を増大させることができる。したがって、LNG蒸発器E2においても伝熱性能を向上することができる。

[0029] また本実施形態では、LNG蒸発器E2で気化したガスが、更なる加熱を要することなく導出管38を通して利用側に供給される。すなわち、中間媒体蒸発器E1の伝熱管20として、空洞部分20eを有する溝20a, 20bが外周面に形成された構成の伝熱管20が採用されるとともに、LNG蒸発器E2の伝熱管40としてフィン付き管が採用されている。これにより、導出管38でさらに加温する必要のない程度の温度まで、LNG蒸発器E2においてLNG（低温液化ガス）を加熱することができる。したがって、従来のように加温器（NG加温器）を設ける必要がない。このため、中間媒体蒸発器E1の伝熱管20にかかるコスト及びLNG蒸発器E2の伝熱管40にかかるコストの上昇分を吸収することができ、従来の装置に比べ、トータルとしてコスト削減を図ることができる。また、本実施形態では、NG加温器が省略された構成となっているため、気化器10の設置面積が、従来の構成に比べて小さくなっている。したがって、例えばスペースが限られた船上に設置される場合にも有効となる。

[0030] なお、本発明は、前記実施形態に限られるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲で種々変更、改良等が可能である。例えば、前記実施形態では、LNG蒸発器E2に設けられた伝熱管40がフィン付き管によって構成されているが、この構成に限られるものではない。LNG蒸発器E2の伝熱管40は、ベア管（フィン無し管）によって構成されていてもよい。

[0031] また前記実施形態では、NG加温器が省略された構成としたが、これに限られるものではない。導出管38にNG加温器が設けられていて、導出管38においてNGがさらに加温される構成であってもよい。

[0032] ここで、前記実施形態について概説する。

[0033] （１）前記実施形態では、中間媒体蒸発部の伝熱管がチタン製又はチタン

合金製である。このため、伝熱管内に海水が流れるとしても、腐食し難い。したがって耐海水性を担保することができる。しかも、この伝熱管は、一体形成品であって従来のような二重管と異なるため、内管と外管との間で剥離が生ずるようなことはない。このため、伝熱管壁での伝熱性能が悪化することもない。さらに、中間媒体蒸発部の伝熱管の外周面には、外面の間隙を通して外部に連通する空洞部分を有する溝が形成されている。したがって、中間媒体蒸発部での伝熱性能を向上することができる。

[0034] (2) 前記液化ガス気化部の前記伝熱管は、ステンレス製のフィン付き管によって構成されていてもよい。この態様では、液化ガス気化部の伝熱管がフィン付き管によって構成されているため、伝熱管において中間媒体の接触面積を増大させることができる。したがって、液化ガス気化部においても伝熱性能を向上することができる。

[0035] (3) 前記液化ガス気化部は、前記伝熱管内で気化したガスが流入する出口室を有していてもよい。前記出口室には、該出口室から流出したガスを加熱することなく利用側に供給する導出管が接続されていてもよい。この態様では、液化ガス気化部で気化したガスが、導出管を通して利用側に供給される。すなわち、中間媒体蒸発部の伝熱管として、外周面に外面の間隙を通して外部に連通する空洞部分を有する溝が形成された構成の伝熱管が採用されるとともに、液化ガス気化部の伝熱管としてフィン付き管が採用されている。これにより、導出管でさらに加温する必要のない程度の温度まで、液化ガス気化部において低温液化ガスを加熱することができる。したがって、従来のように加温器（N G加温器）を設ける必要がない。このため、中間媒体蒸発部の伝熱管にかかるコスト及び液化ガス気化部の伝熱管にかかるコストの上昇分を吸収することができ、従来の装置に比べ、トータルとしてコスト削減を図ることができる。

[0036] 以上説明したように、前記実施形態によれば、耐海水性を担保しつつ、伝熱性能を向上することができる。

請求の範囲

- [請求項1] 海水が流れる伝熱管を有し、該伝熱管内の海水と該伝熱管外の液状の中間媒体との間での熱交換によって前記中間媒体の少なくとも一部を蒸発させる中間媒体蒸発部と、
- 低温液化ガスが流れる伝熱管を有し、前記中間媒体蒸発部で蒸発した中間媒体を凝縮させることにより、前記伝熱管内の低温液化ガスを気化させる液化ガス気化部と、を備え、
- 前記中間媒体蒸発部の前記伝熱管は、チタン製又はチタン合金製であり、前記伝熱管の外周面には、外面の間隙を通して外部に連通する空洞部分を有する溝が形成されている中間媒体式気化器。
- [請求項2] 前記液化ガス気化部の前記伝熱管は、ステンレス製のフィン付き管によって構成されている請求項1に記載の中間媒体式気化器。
- [請求項3] 前記液化ガス気化部は、前記伝熱管内で気化したガスが流入する出口室を有し、
- 前記出口室には、該出口室から流出したガスを加熱することなく利用側に供給する導出管が接続されている請求項2に記載の中間媒体式気化器。