

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-96413

(P2010-96413A)

(43) 公開日 平成22年4月30日(2010.4.30)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 2 8 F 19/04 (2006.01)	F 2 8 F 19/04	3 L 1 O 3
F 2 8 F 19/06 (2006.01)	F 2 8 F 19/06	A
F 2 8 F 1/00 (2006.01)	F 2 8 F 1/00	C
F 2 8 D 3/02 (2006.01)	F 2 8 D 3/02	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2008-267138 (P2008-267138)	(71) 出願人	000001199
(22) 出願日	平成20年10月16日 (2008.10.16)		株式会社神戸製鋼所
			兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番26号
		(71) 出願人	000213297
			中部電力株式会社
			愛知県名古屋市東区東新町1番地
		(74) 代理人	100064414
			弁理士 磯野 道造
		(74) 代理人	100111545
			弁理士 多田 悦夫
		(74) 代理人	100123249
			弁理士 富田 哲雄

最終頁に続く

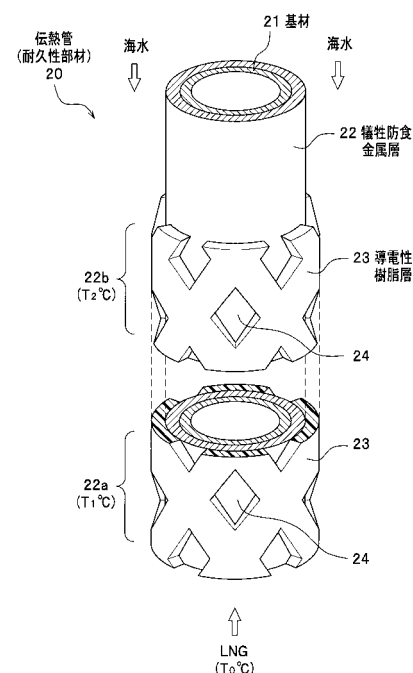
(54) 【発明の名称】 耐久性部材、および、これを用いたオープンラック式気化器

(57) 【要約】

【課題】腐食による損耗が生じにくい、極低温耐久性に優れたオープンラック式気化器の伝熱管、または、伝熱管および下部ヘッダー管に用いられる耐久性部材、および、これを用いたオープンラック式気化器を提供する。

【解決手段】オープンラック式気化器の伝熱管20、または、伝熱管20および下部ヘッダー管として用いる耐久性部材であって、金属製の管状の基材21と、基材21の表面の一部または全部を被覆する犠牲防食金属層22と、犠牲防食金属層22の表面において、オープンラック式気化器の運転時に、海水凝固温度以下になる低温部位22a、および、海水凝固温度まで降下しない高温部位22bの両部位を少なくとも被覆する導電性樹脂層23とを備え、導電性樹脂層23の電気抵抗率が $1 \times 10^2 \Omega \text{cm}$ 以下である。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

熱源である海水との熱交換によって液化天然ガスを気化させるオープンラック式気化器の伝熱管、または、伝熱管および下部ヘッダー管として用いる耐久性部材であって、金属製の管状の基材と、

前記基材の表面の一部または全部を被覆する犠牲防食金属層と、

前記犠牲防食金属層の表面において、前記オープンラック式気化器の運転時に、海水凝固温度以下になる低温部位、および、海水凝固温度まで降下しない高温部位の両部位を少なくとも被覆する導電性樹脂層とを備え、

前記導電性樹脂層の電気抵抗率が、0 において $1 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$ 以下であることを特徴とする耐久性部材。

10

【請求項 2】

前記導電性樹脂層の表面を被覆する有機樹脂層をさらに備え、前記有機樹脂層の電気抵抗率が、0 において $1 \times 10^{-5} \Omega \text{cm}$ 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載の耐久性部材。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の耐久性部材を用いたことを特徴とするオープンラック式気化器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、オープンラック式気化器の伝熱管、または、伝熱管および下部ヘッダー管に用いられる耐久性部材、および、この耐久性部材を用いたオープンラック式気化器に関する。

【背景技術】

【0002】

液化天然ガス（以下、LNG と称する場合がある）の気化にはオープンラック式気化器（以下、ORV と称する場合がある）が適用されている。ORV は、熱源である海水との熱交換によって LNG を気化させる熱交換器である。図 5 は、従来の ORV の概略図であり、（a）はその正面図、（b）はその断面図、（c）は伝熱管と下部ヘッダー管との溶接接合部を示す模式図である。

30

【0003】

図 5（a）、（b）に示すように、ORV 200 では、海水は、トラフ 170 に溜められる。そして、多数の伝熱管 120 をパネル状に配置してヘッダー管（下部ヘッダー管 130、上部ヘッダー管 140）に接合してなる伝熱パネル（伝熱管パネル）110 の外面を、トラフ 170 から放出された海水が、上から下に流れ落ちる。一方、LNG は、下部マニホールド 150 を経て、下部ヘッダー管 130 に送られ、海水との熱交換によって加熱されて伝熱パネル 110 の各伝熱管 120 内で気化し上昇する。そして、天然ガスが上部ヘッダー管 140 を経て上部マニホールド 160 から導出される。また、図 5（c）に示すように、伝熱管 120 はその下部が下部ヘッダー管 130 に溶接接合されている。

40

【0004】

そして、ORV 用の伝熱管 120 では、ヘッダー管（下部ヘッダー管 130、上部ヘッダー管 140）との溶接接合部付近（溶接部を含む）が、溶接による化合物析出等の金属組織変化を受け、腐食しやすい状態になる場合が多い。また LNG 導入側となる下部ヘッダー管 130 と伝熱パネル 110 下部（伝熱管 120 下部）は、LNG（約 -160 ）によって加熱源の海水が低温（約 0 ）になっているため、溶存酸素濃度が高く、腐食の厳しい環境となっている。このような理由で、伝熱管 120 と下部ヘッダー管 130 との溶接接合部付近での腐食による損耗が顕著であり、このことが ORV 200 の寿命に影響している。また、前記したように、LNG 導入側となる下部ヘッダー管 130 と伝熱管 120 下部は、LNG の気化に伴い、それぞれの管内は極低温（-160 ）に曝されてお

50

り、そこからの熱伝導で海水と接触する管表面も極低温となる可能性が非常に高い。さらに、LNG気化時（運転時）の熱交換による海水が下部ヘッダー管130と伝熱パネル110に常にかかり続けることから、下部ヘッダー管130と伝熱パネル110表面はいわゆるエロージョン・コロージョンによる金属の損耗の危険が避けられない。

【0005】

そこで、ORVの防食技術に関し、種々の提案がなされている。

例えば、特許文献1では、犠牲防食金属（Al-Zn合金等）を溶射やクラッド等で伝熱管表面（アルミニウム母材表面）に形成し、それにより耐食性の向上を図る技術が提案されている。

【特許文献1】特開平5-164496号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、犠牲防食金属層の形成による防食では、下部ヘッダー管や伝熱管下部において、溶射による犠牲防食金属層の施工のみでは、アルミニウム母材表面を保護することはできるが、使用環境によっては犠牲防食金属層の消耗が著しく速く、十分にその機能を発揮できない場合が多かった。また、溶射による防食では、溶接接合部に溶射不足や犠牲防食金属層に欠陥が含まれていて腐食するという問題があった。さらに、犠牲防食金属層をクラッドで形成した材料を用いる場合、伝熱管とヘッダー管との溶接接合部では、犠牲防食金属層を除去する必要があるので、別途防食処置が必要であった。

【0007】

なお、タールエポキシ塗料等の防食塗装を形成することも可能ではあるものの、下部ヘッダーや伝熱管下部（特に伝熱管と下部ヘッダー管との溶接接合部付近）では、運転時の極低温と停止時の常温との繰り返しによる熱サイクルによって、防食塗料が凍結剥離する問題があるため、実用例はほとんどない。

【0008】

また、異種の導体が接触している状態で、異種の導体に温度差が存在するとき、ゼーベック効果（熱電効果）により、導体間に電位差が生じることが知られている。ORVにおいても、下部ヘッダー管や伝熱管（アルミニウム母材）と犠牲防食金属層との間で、このゼーベック効果により熱起電力が生じていると考えられる。異種の導体間で生じる熱起電力は、半導体で生じる起電力に比較すると小さいため、これまで着眼された例は無いが、ORVのように大きな温度差が短距離にて生じ、かつ長期間その状態に置かれる場合、熱起電力による腐食の加速が存在することがわかった。前述の如く、管表面が極低温となるLNG導入側の下部ヘッダー管や伝熱管下部において、犠牲防食金属層の消耗が著しく速いのは、熱起電力による影響であると考えられる。

【0009】

本発明は、前記問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、腐食による損耗が生じにくい、極低温耐久性に優れた、オープンラック式気化器の伝熱管、または、伝熱管および下部ヘッダー管に用いられる耐久性部材、および、これを用いたオープンラック式気化器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明に係る耐久性部材は、熱源である海水との熱交換によって液化天然ガスを気化させるオープンラック式気化器の伝熱管、または、伝熱管および下部ヘッダー管として用いる耐久性部材であって、金属製の管状の基材と、前記基材の表面の一部または全部を被覆する犠牲防食金属層と、前記犠牲防食金属層の表面において、前記オープンラック式気化器の運転時に、海水凝固温度以下になる低温部位、および、海水凝固温度まで降下しない高温部位の両部位を少なくとも被覆する導電性樹脂層とを備え、前記導電性樹脂層の電気抵抗率が、0において $1 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$ 以下であることを特徴とする。

【0011】

10

20

30

40

50

このような伝熱管に用いられる耐久性部材によれば、基材表面を被覆する犠牲防食金属層の低温部位および高温部位の両部位を少なくとも被覆し、かつ、所定の電気抵抗率を有する導電性樹脂層を備えることによって、オープンラック式気化器の運転時に、海水と接触する側の犠牲防食金属層と、液化天然ガスと接触する側の基材との温度差によって生じる熱起電力（電荷）が、大きな熱起電力が生じる低温部位から小さな熱起電力が生じる高温部位に、導電性樹脂層が電子バイパスとなって、移動する。それにより、伝熱管に用いられる耐久性部材で生じる熱起電力が低減され、熱電効果に起因した腐食による損耗が抑制される。

【 0 0 1 2 】

また、このような伝熱管および下部ヘッダー管に用いられる耐久性部材によれば、前記伝熱管に用いられる耐久性部材の作用に加えて、下部ヘッダー管に用いられる耐久性部材が基材表面を被覆する犠牲防食金属層を被覆し、かつ、所定の電気抵抗率を有する導電性樹脂層を備えることによって、オープンラック式気化器の運転時に、海水と接触する側の犠牲防食金属層と、液化天然ガスと接触する側の基材との温度差によって生じる熱起電力（電荷）が、大きな熱起電力が生じる下部ヘッダー管から小さな熱起電力が生じる伝熱管に、両管の導電性樹脂層が電子バイパスとなって、移動する。それにより、下部ヘッダー管に用いられる耐久性部材で生じる熱起電力が低減され、熱電効果に起因した腐食による損耗が抑制される。

10

【 0 0 1 3 】

また、本発明に係る耐久性部材は、前記導電性樹脂層の表面を被覆する有機樹脂層をさらに備え、前記有機樹脂層の電気抵抗率が、0 において $1 \times 10^{-5} \Omega \text{ cm}$ 以上であることを特徴とする。

20

【 0 0 1 4 】

このような耐久性部材によれば、導電性樹脂層を被覆し、かつ、所定の電気抵抗率を有する有機樹脂層をさらに備えることによって、犠牲防食金属層と樹脂層（導電性樹脂層＋有機樹脂層）との標準電極電位差が小さくなり、犠牲防食金属層と樹脂層とで生じるガルバニック腐食が抑制される。

【 0 0 1 5 】

本発明に係るオープンラック式気化器は、請求項 1 または請求項 2 に記載の耐久性部材を用いたことを特徴とする。

30

【 0 0 1 6 】

このようなオープンラック式気化器によれば、前記耐久性部材を用いたことによって、オープンラック式気化器では、犠牲防食金属層と基材との温度差によって生じる熱起電力（電荷）が、犠牲防食金属層の低温部位から高温部位に、導電性樹脂層が電子バイパスとなって、移動する。それにより、オープンラック式気化器で生じる熱起電力が低減され、熱電効果に起因した腐食による損耗が抑制される。

【 0 0 1 7 】

また、耐久性部材の導電性樹脂層を所定の電気抵抗率を有する有機樹脂層で被覆することによって、犠牲防食金属層と樹脂層（導電性樹脂層＋有機樹脂層）との標準電極電位差が小さくなり、犠牲防食金属層と樹脂層とで生じるガルバニック腐食が抑制される。

40

【発明の効果】

【 0 0 1 8 】

本発明に係る耐久性部材によれば、基材表面の犠牲防食金属層を被覆する導電性樹脂層を備えるため、熱起電力に起因した腐食による損耗が抑制され、極低温耐久性が優れたものとなる。そして、オープンラック式気化器の伝熱管、または、伝熱管および下部ヘッダー管に用いることが可能となる。なお、耐久性部材の導電性樹脂層が、犠牲防食金属層の表面の全部を被覆しない、すなわち、犠牲防食金属層が、導電性樹脂層で被覆されていない部位を有することによって、伝熱管または下部ヘッダー管における熱交換効率を向上させることができる。

【 0 0 1 9 】

50

また、本発明に係る耐久性部材によれば、耐久性部材が導電性樹脂層を被覆する有機樹脂層をさらに備えるため、ガルバニック腐食が抑制され、極低温耐久性がより一層優れたものとなる。

【0020】

本発明に係るオープンラック式気化器によれば、前記耐久性部材を用いたため、熱起電力に起因した腐食による損耗が抑制され、極低温耐久性が優れたものとなる。なお、伝熱管、または、伝熱管および下部ヘッダー管の導電性樹脂層が、犠牲防食金属層の表面の全部を被覆しない、すなわち、犠牲防食金属層が、導電性樹脂層で被覆されていない部位を有することによって、オープンラック式気化器における熱交換効率を向上させることができる。

10

【0021】

また、本発明に係るオープンラック式気化器によれば、耐久性部材（伝熱管、または、伝熱管および下部ヘッダー管）が導電性樹脂層を被覆する有機樹脂層をさらに備えるため、ガルバニック腐食が抑制され、極低温耐久性がより一層優れたものとなる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

次に、図面を参照して本発明に係る耐久性部材、および、オープンラック式気化器について詳細に説明する。

なお、参照する図面において、図1は、本発明に係るオープンラック式気化器の構成を示す概略図、図2は、伝熱管に用いられる耐久性部材の構成を示す斜視図、図3（a）は、図2の管軸方向の断面図、（b）は耐久性部材の他の実施形態を示す管軸方向の断面図、図4は、下部ヘッダー管に用いられる耐久性部材の構成を示す管軸方向の断面図である。

20

【0023】

耐久性部材

本発明に係る耐久性部材は、オープンラック式気化器の伝熱管、または、伝熱管および下部ヘッダー管に用いられる。まず、伝熱管に用いられる耐久性部材について説明する。

図1、図2、図3（a）に示すように、伝熱管20に用いられる耐久性部材は、基材21と、犠牲防食金属層22と、導電性樹脂層23とを備える。以下、各構成について説明する。

30

【0024】

< 基材 >

基材21は、金属製の管状部材からなる。そして、基材21の材質は、オープンラック式気化器の伝熱管に用いられるものであれば、特に限定はないが、通常、JIS規定の3000系、5000系、あるいは6000系アルミニウム合金が用いられる。

【0025】

< 犠牲防食金属層 >

犠牲防食金属層22は、基材21の表面の一部もしくは全部を被覆するものである。

なお、表面の一部を被覆するとは、基材21の表面全てを犠牲防食金属層22で被覆しなくとも、耐久性部材が極低温耐久性を発揮できるものであれば、基材21に犠牲防食金属層22で被覆されていない部位があってもよく、ところどころ基材21の露出した部位があってもよい状態をいう。

40

【0026】

犠牲防食金属層22の被覆方法は、前記基材21を構成する金属に対して、海水中での自然電位が卑となる（イオン化傾向が大きい）金属を用いて、溶射（フレイム溶射、電気式溶射、高速フレイム溶射等）やクラッド等で行う。犠牲防食金属層22を構成する金属は、例えば、基材21を構成する金属がアルミニウム合金からなる場合には、Al-Zn合金、Al-Mg合金、Al-Zn-Mg合金等を用いることができる。また、Al-Zn合金を用いる場合は、例えば、Al-2質量%Zn合金が挙げられる。なお、犠牲防食金属層22の厚さは、特に規定されるものではないが、数十 μm ～数mm程度とすればよ

50

い。

【0027】

< 導電性樹脂層 >

導電性樹脂層 23 は、犠牲防食金属層 22 における低温部位 22a および高温部位 22b の両部位を少なくとも被覆するものである。導電性樹脂層 23 を備えることによって、基材 21 と、その表面を被覆した犠牲防食金属層 22 との温度差によって生じる熱起電力を、導電性樹脂層 23 が電子バイパスとなることにより、低減することができる。その結果、耐久性部材の熱電効果による腐食による損耗を抑制でき、耐久性部材の極低温耐久性が向上する。

【0028】

ここで、低温部位 22a とは、ORV 100 の運転時に、下部ヘッダー管 30 から伝熱管 20 の管内部に供給される LNG (極低温: T_0) の熱伝導によって、海水凝固温度以下になる部位 (T_1 、LNG が気化していない部位) で、伝熱管 20 の下部を被覆する犠牲防食金属層 22 の表面部位に相当する。そして、高温部位 22b とは、ORV 100 の運転時に、伝熱管 20 の管外表面に供給される海水との熱交換で管内部を流通する LNG が気化することによって、海水凝固温度まで降下しない部位 (T_2) で、伝熱管 20 の上部を被覆する犠牲防食金属層 22 の表面部位に相当する。

【0029】

また、低温部位 22a は、基材 21 (T_0) と犠牲防食金属層 22 (T_1) との温度差が大きく、基材 21 と犠牲防食金属層 22 との間の熱起電力が大きくなる部位である。そして、高温部位 22b は、基材 21 (T_3 : LNG の気化後の温度) と犠牲防食金属層 22 (T_2) との温度差が小さく (無く)、基材 21 と犠牲防食金属層 22 との間の熱起電力が小さくなる (無くなる) 部位である。

【0030】

そして、低温部位 22a および高温部位 22b の両部位を少なくとも被覆、すなわち、犠牲防食金属層 22 (伝熱管 20) の高さ方向に広範囲に被覆した導電性樹脂層 23 を備えることによって、低温部位 22a (温度差が大きい部位) の犠牲防食金属層外面側の電荷を、導電性樹脂層 23 を通して、高温部位 22b (温度差が小さい部位) の犠牲防食金属層外面側に逃がすことが可能である。すなわち、導電性樹脂層 23 が、電子バイパス効果を有する。

【0031】

なお、犠牲防食金属層 22 を通じて、電荷は温度差が大きい部分から温度差が小さい部分に移動すると考えられる。しかしながら、犠牲防食金属層 22 は、酸化物や気孔、浸透した封孔剤を含み、導電性に劣るため、電荷移動量は少ない。

【0032】

導電性樹脂層 23 は、前記した電子バイパス効果を発揮するには、犠牲防食金属層 22 の低温部位 22a および高温部位 22b の両部位が被覆されていれば、犠牲防食金属層 22 を全面被覆する必要はない。そして、導電性樹脂層 23 の形状は、犠牲防食金属層 22 を被覆しない開口部 24 を有する網形状または多孔形状であることが好ましい。

【0033】

導電性樹脂層 23 による犠牲防食金属層 22 の被覆率は高い方が、電子バイパス効果による熱起電力抑制効果が高いが、ORV 100 の熱交換効率が低下する。したがって、導電性樹脂層 23 に開口部 (非被覆部) 24 を形成することによって、ORV 100 の熱交換効率の低下を抑制する。また、導電性樹脂層 23 が開口部 (非被覆部) 24 を有することによって、複雑形状の基材 21 (犠牲防食金属層 22) に導電性樹脂層 23 を被覆し易くなる。

【0034】

導電性樹脂層 23 (網形状または多孔形状の導電性樹脂層 23) の開口部 (非被覆部) 24 の面積率は、50 面積%以上が好ましい。網形状または多孔形状の導電性樹脂層 23 の厚さは、0.01 ~ 5 mm が好ましい。厚さが 0.01 mm 未満であると、導電性樹脂

10

20

30

40

50

層 2 3 の強度が低下し易い。厚さが 5 mm を超えると、導電性樹脂層 2 3 で被覆された部位における熱交換効率が低下し易くなると共に、複雑形状の基材 2 1 (犠牲防食金属層 2 2) に導電性樹脂層 2 3 を被覆し難くなる。

【0035】

導電性樹脂層 2 3 を構成する導電性樹脂は、有機樹脂に導電性材料を付与(含有)した複合材料である。有機樹脂としては、その種類は限定されず、例えば、ポリエチレン系、ポリプロピレン系、ポリスチレン系、アクリロニトリル系、フッ素系、ナイロン系、ポリエステル系、ポリビニルアルコール系、不飽和ポリエステル系など各種樹脂が用いられる。そして、導電性材料としては、その種類は限定されず、例えば、カーボンブラック、炭素繊維、カーボンナノ材料や金属・合金粒子などが用いられる。

10

【0036】

導電性材料の含有量は、1 ~ 30 質量% が好ましい。導電性材料が 1 質量% 未満であると、後記する導電性樹脂層 2 3 の電気抵抗率を所定値以下に制御し難くなる。導電性材料が 30 質量% を超えると、導電性樹脂としての安定性、成形性や極低温耐久性が損なわれる傾向にある。

【0037】

導電性樹脂層 2 3 は、導電性樹脂からなる単一層で構成されたものに限定されず、導電性樹脂からなる複層で構成されていてもよい。複層の場合には、同一系の有機樹脂で、有機樹脂に含有させる導電性材料の含有量が異なる(導電性材料を減らす、もしくは、含有しない)導電性樹脂で 2 層目以上を構成することが、複層が容易であるため、好ましい。

20

【0038】

導電性樹脂層 2 3 は、その電気抵抗率が 0 において $1 \times 10^2 \Omega \text{cm}$ 以下である。電気抵抗率が $1 \times 10^2 \Omega \text{cm}$ を超えると、前記した電子バイパス効果が発揮されず、犠牲防食金属層 2 2 の低温部位 2 2 a における熱起電力が大きくなり、腐食による損耗が促進される。

【0039】

そして、導電性樹脂自体、または、導電性樹脂層 2 3 の電気抵抗率は、市販の電気抵抗率計や電気伝導率計により測定可能である。また、導電性樹脂層 2 3 の電気抵抗率(導電性樹脂層 2 3 の表面での電気抵抗率)は、JIS K 6911 の二重リング電極法や JIS K 7194 の四探針法によっても測定可能である。なお、導電性樹脂層 2 3 の電気伝導値の測定は、単一層であればいずれの方法によってもよいが、複層の場合は後者の方法によって測定する。

30

【0040】

導電性樹脂層 2 3 の被覆方法は、特に限定されないが、例えば、以下の方法が推奨される。

【0041】

(1) 浸漬、刷毛塗り、スプレー等の通常方法で、導電性樹脂溶液を犠牲防食金属層 2 2 に塗布する。

【0042】

(2) 導電性樹脂からなるシートまたはフィルムを犠牲防食金属層 2 2 に密着させる。また、網形状または多孔形状の導電性樹脂層 2 3 を形成する場合には、導電性樹脂からなる糸を網形状または多孔形状に編んだもの、または、導電性樹脂からなるシートやフィルムを網形状または多孔形状に成形したものを犠牲防食金属層 2 2 に巻き付けて密着させればよい。

40

【0043】

(3) 導電性樹脂からなるシートまたはフィルムを、熱接着、ハンダ接着、接着剤等で、犠牲防食金属層 2 2 へ接着する。また、網形状または多孔形状の導電性樹脂層 2 3 を形成する場合には、導電性樹脂からなる糸を網形状または多孔形状に編んだもの、または、導電性樹脂からなるシートやフィルムを網形状または多孔形状に成形したものを犠牲防食金属層 2 2 に接着すればよい。

50

【 0 0 4 4 】

なお、ハンダ、接着剤等の異種材料によって接着を施す場合は、異種材料は、導電性樹脂よりも導電性に優れた（電気抵抗率が小さい）材料で、かつ、犠牲防食金属層 2 2 とのガルバニック腐食が小さい材料であることが必要である。

【 0 0 4 5 】

なお、犠牲防食金属層 2 2 が溶射皮膜の場合は、溶射皮膜の外表面を導電性樹脂層 2 3 で被覆すればよいが、溶射皮膜外面に封孔剤（封孔皮膜）が施される場合は、溶射皮膜外表面を導電性樹脂層 2 3 で被覆し、導電性樹脂層 2 3 の外表面に封孔皮膜を施す必要がある。ただし、封孔皮膜は海水によるエロージョン・コロージョンや氷結によって早期に損耗して溶射皮膜が露出するため、露出後に溶射皮膜の外表面を導電性樹脂層 2 3 で被覆してもよい。

10

【 0 0 4 6 】

図 3（b）に示すように、本発明に係る、伝熱管 2 0 に用いられる耐久性部材は、基材 2 1、犠牲防食金属層 2 2 および導電性樹脂層 2 3 に加えて、導電性樹脂層 2 3 の表面を被覆する有機樹脂層 2 5 を備えてもよい。

【 0 0 4 7 】

導電性樹脂層 2 3 の電気抵抗率は前記の如く、低い方がより電子バイパス効果を発揮できるが、電気抵抗率が低くなると犠牲防食金属層 2 2 とのガルバニック腐食が問題となる可能性がある。そのため、導電性樹脂層 2 3 の表面（犠牲防食金属層 2 2 と接触していない面）が、0 の電気抵抗率が $1 \times 10^5 \Omega \text{cm}$ 以上の有機樹脂層 2 5 で被覆されていることが好ましい。

20

【 0 0 4 8 】

< 有機樹脂層 >

有機樹脂層 2 5 は、有機樹脂に導電性材料を付与（含有）した複合材料で構成される。有機樹脂、または、導電性材料としては、その種類は限定されず、例えば、前記導電性樹脂層 2 3 で記載した有機樹脂、または、導電性材料が用いられる。そして、有機樹脂層 2 5 の電気抵抗率が $1 \times 10^5 \Omega \text{cm}$ 以上となるように、有機樹脂、または、導電性材料を適宜選択する。なお、有機樹脂層 2 5 の厚さは 1 0 mm 以下が好ましい。厚さが 1 0 mm を超えると、有機樹脂層 2 5 で被覆された部位における熱交換効率が低下し易くなると共に、複雑形状の導電性樹脂層 2 3 に有機樹脂層 2 5 を被覆し難くなる。

30

【 0 0 4 9 】

次に、本発明に係る、伝熱管および下部ヘッダー管に用いられる耐久性部材について説明する。

図 1、図 4 に示すように、下部ヘッダー管 3 0 に用いられる耐久性部材は、基材 3 1 と、犠牲防食金属層 3 2 と、導電性樹脂層 3 3 とを備える。また、伝熱管 2 0 に用いられる耐久性部材は前記と同様である。

【 0 0 5 0 】

基材 3 1、犠牲防食金属層 3 2、導電性樹脂層 3 3 および有機樹脂層 3 5 は、前記した伝熱管 2 0 に用いられる耐久性部材の基材 2 1、犠牲防食金属層 2 2、導電性樹脂層 2 3 および有機樹脂層 2 5 と同一であるので、説明を省略する。

40

【 0 0 5 1 】

なお、導電性樹脂層 3 3 は、犠牲防食金属層 3 2 の表面の一部または全面を被覆するものである。ここで、表面の一部を被覆するとは、犠牲防食金属層 3 2 の表面全てを被覆しなくとも、耐久性部材が、ORV 1 0 0 の運転時に極低温耐久性を発揮できるものであれば、犠牲防食金属層 3 2 に導電性樹脂層 3 3 で被覆されていない部位があってもよい状態をいう。具体的には、下部ヘッダー管 3 0 において、その両端部に近い部位、伝熱管 2 0 が溶接接合されていない部位、または、導電性樹脂層 3 3 を網形状または多孔形状で形成した場合の開口部 3 4 に対応する部位のように、ところどころ犠牲防食金属層 3 2 が露出した部位があってもよい状態をいう。

【 0 0 5 2 】

50

下部ヘッダー管 30 に用いられた耐久性部材は、ORV 100 の運転時に極低温耐久性を発揮するためには、導電性樹脂層 33 は、前記伝熱管 20 の導電性樹脂層 23 と電氣的に接続されるように、犠牲防食金属層 32 の表面を被覆する必要がある。また、犠牲防食金属層 32 は、伝熱管 20 に用いられる耐久性部材の犠牲防食金属層 22 における低温部位 22a (図 3 (a) 参照) に相当する。

【0053】

そして、導電性樹脂層 33 を備えることによって、基材 31 (T_0) と犠牲防食金属層 32 (T_1) との大きな温度差によって生じた熱起電力 (電荷) を、導電性樹脂層 33 が電子バイパスとなることにより、伝熱管 20 の導電性樹脂層 23 (具体的には、図 3 (a) に示すように、犠牲防食金属層 22 の高温部位 22b を被覆する導電性樹脂層 23) に逃がすことが可能となる。その結果、耐久性部材 (下部ヘッダー管 30) の熱電効果による腐食による損耗を抑制することができ、耐久性部材の極低温耐久性が向上する。

10

【0054】

オープンラック式気化器

図 1 に示すように、本発明に係るオープンラック式気化器 100 は、前記した耐久性部材を用いたもので、具体的には、前記した耐久性部材を用いた伝熱管 20 を備えたもの、または、前記した耐久性部材を用いた伝熱管 20 および下部ヘッダー管 30 を備えたものである。なお、図示しないが、オープンラック式気化器 100 は、前記した耐久性部材を用いた伝熱管 20 を備えていれば、下部ヘッダー管として従来の下部ヘッダー管 (例えば、アルミニウム合金管の表面に犠牲防食金属層を有する下部ヘッダー管) を備えたものであってもよい。オープンラック式気化器 100 が、前記した耐久性部材を用いた伝熱管 20、または、伝熱管 20 および下部ヘッダー管 30 を備えることによって、オープンラック式気化器 100 の極低温耐久性が向上する。

20

【0055】

オープンラック式気化器 100 としては、前記した耐久性部材を用いた伝熱管 20、または、伝熱管 20 および下部ヘッダー管 30 を備えること以外については、一般的に用いられるオープンラック式気化器の構成とすればよく、例えば、図 1、図 2、図 4 に示すような構成とすればよい。

【0056】

すなわち、オープンラック式気化器 100 は、本発明の耐久性部材を用いて作製した多数の伝熱管 20 をパネル状に配置し、それらの伝熱管 20 の下部に、LNG が導入される下部ヘッダー管 30 を溶接接合して伝熱管パネル 10 とし、伝熱管パネル 10 (伝熱管 20) の上部には、気化した LNG (天然ガス) が導出される上部ヘッダー管 40 を溶接接合したものである。また、下部ヘッダー管 30 には、LNG の導入を制御する下部マニホールド 50 が配置され、上部ヘッダー管 40 には、天然ガスの導出を制御する上部マニホールド 60 が配置される。そして、伝熱管 20 の上部には、伝熱管 20 の外表面に海水を供給するトラフ 70 が配置され、トラフ 70 から供給された海水が、伝熱管 20 の外表面を上から下に流れ落ちることで、伝熱管 20 の管内部を流通する LNG と熱交換する。

30

なお、伝熱管パネル 10 では、伝熱管 20 の導電性樹脂層 23 と、下部ヘッダー管 30 の導電性樹脂層 33 とが電氣的に接続されるように、伝熱管 20 と下部ヘッダー管 30 とが溶接接合されている。具体的には、伝熱管 20 (基材 21 + 犠牲防食金属層 22) と下部ヘッダー管 30 (基材 31 + 犠牲防食金属層 32) とを溶接接合した後、導電性樹脂層 23 および導電性樹脂層 33 を形成することが好ましい。

40

【実施例】

【0057】

以下に本発明の実施例を示す。

アルミニウム合金 A5083 製で厚さ 5 mm、内径 100 mm の管を 300 mm 長さに切断し、片方の開口部を同厚さのアルミニウム合金 A5083 製板と溶接して筒状の基材を作成した。基材の外周面および外底面をショットブラスト (アルミナ #16 ~ #20) にて粗面化し、その外表面に Al - 2 質量% Zn 合金からなる溶射皮膜 (犠牲防食金属層

50

）を300 μ m被覆して（内表面には溶射皮膜を被覆しなかった。）、サンプル（実験No. 6）とした。また、サンプル（実験No. 6）の外表面に、導電性樹脂層として、穴加工後の樹脂シートを巻いて密着固定し、サンプル（実験No. 1、2、7、8）とした。また、サンプル（実験No. 6）の外表面に、導電性樹脂層として、樹脂塗料を網目状に塗布し、十分に乾燥して、サンプル（実験No. 3～5、9、10）とした。また、サンプル（実験No. 5）は、樹脂溶液の塗布（乾燥）を2回行なった。

【0058】

ここで、樹脂シートまたは樹脂塗料には、以下の導電性樹脂を用いた。市販のカーボンブラック（ライオン株式会社製：ケッチェンブラック（登録商標）EC600JD）を市販のフッ素樹脂（富士化成工業製：ZX-007-C）、金属用プライマー樹脂（昭和10

10

【0059】

前記のようにして作製したサンプル（実験No. 1～10）について、導電性樹脂層の被覆方法、カーボンブラック含有量（添加量）、0 の電気抵抗率、厚さおよび被覆率を表1に示す。また、以下の手順で、各サンプルの極低温耐久性を評価し、その結果を表1に示す。

【0060】

20

（極低温耐久性の評価）

水槽中に温度を30 に調整した人工海水を入れ、その中に前記サンプル（実験No. 1～10）を設置し、外周面に人工海水が循環するようにした。サンプルの外周面および内周面には接点を取り付け（取付位置は20 mm高さ）、サンプルの内部に液体窒素を200 mm高さまで10分間連続添加し、接点間の電位差を測定した。液体窒素添加している間に測定された電位差のうち、その最大電位差で各サンプルの極低温耐久性を評価した。なお、液体窒素の添加を止めると、液体窒素が蒸発し、内外周面の温度差が無くなって、電位差は0となった。

【0061】

30

そして、評価結果において（表1参照）、導電性樹脂層を有しないサンプル（実験No. 6）では、最大0.36 mVの電位差が生じ、熱電効果によって腐食による損耗が生じる可能性があるため、極低温耐久性が低い「×」とした。また、サンプル（実験No. 1～5、7～10）については、サンプル（実験No. 6）と比較して、最大電位差が10 %以上低減すれば、極低温耐久性が高い「○」、最大電位差が10 %未満の低減または同等であれば、極低温耐久性が低い「×」とした。

【0062】

【表 1】

	実験 No.	被覆方法	カーボンブラック 含有量 (質量%)	0℃の電気 抵抗率 (Ω cm)	厚さ (mm)	被覆率 (面積%)	極低温 耐久性
実施例	1	シート	4	80	0.1	50	○
	2	シート	10	5	3	3	○
	3	塗布	4	90	0.1	10	○
	4	塗布	20	0.5	0.01	50	○
	5	塗布／塗布	0／20	7×10^{10} ／0.5	0.3／ 0.3	5	○
比較例	6	なし	—	—	0	0	×
	7	シート	0	2×10^{10}	1	10	×
	8	シート	2	1000	1	20	×
	9	塗布	0	7×10^{10}	0.05	50	×
	10	塗布	3	300	0.3	30	×

10

20

【0063】

表1の結果から、実施例としてのサンプル（実験No. 1～5）は、比較例としてのサンプル（実験No. 6）と比較して、極低温耐久性において優れていることが確認された。一方、導電性樹脂層の電気抵抗率が実施例よりも高い（ $1 \times 10^2 \Omega$ cmを超える）、比較例としてのサンプル（実験No. 7～10）は、実施例と比較して、極低温耐久性において劣っていることが確認された。

【0064】

以上、本発明に係る耐久性部材、および、これを用いたオープンラック式気化器について最良の実施の形態および実施例を示して詳細に説明したが、本発明の趣旨は前記した内容に限定されることなく、その権利範囲は特許請求の範囲の記載に基づいて広く解釈しなければならない。なお、本発明の内容は、前記した記載に基づいて広く改変・変更等することができることはいうまでもない。

30

【図面の簡単な説明】

【0065】

【図1】本発明に係るオープンラック式気化器の構成を示す概略図である。

【図2】本発明に係る伝熱管に用いられる耐久性部材の構成を示す斜視図である。

【図3】（a）は図1の管軸方向の断面図、（b）は耐久性部材の他の実施形態を示す管軸方向の断面図である。

【図4】本発明に係る下部ヘッダー管に用いられる耐久性部材の構成を示す管軸方向の断面図である。

40

【図5】従来のオープンラック式気化器の概略図であり、（a）はその正面図、（b）はその断面図、（c）は下部ヘッダー管と伝熱管との溶接接合部を示す模式図である。

【符号の説明】

【0066】

10 伝熱パネル（伝熱管パネル）

20 伝熱管（耐久性部材）

21 基材

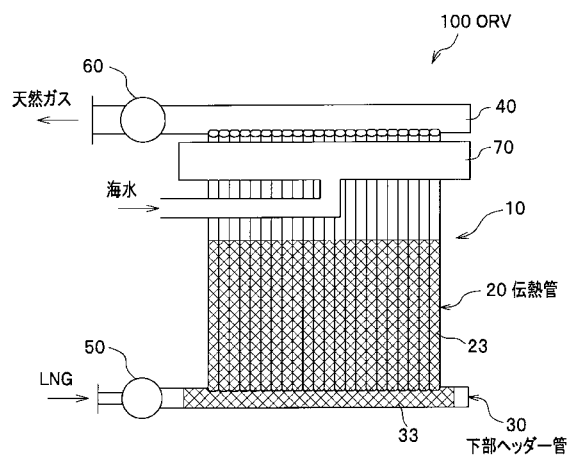
22 犠牲防食金属層

22a 低温部位

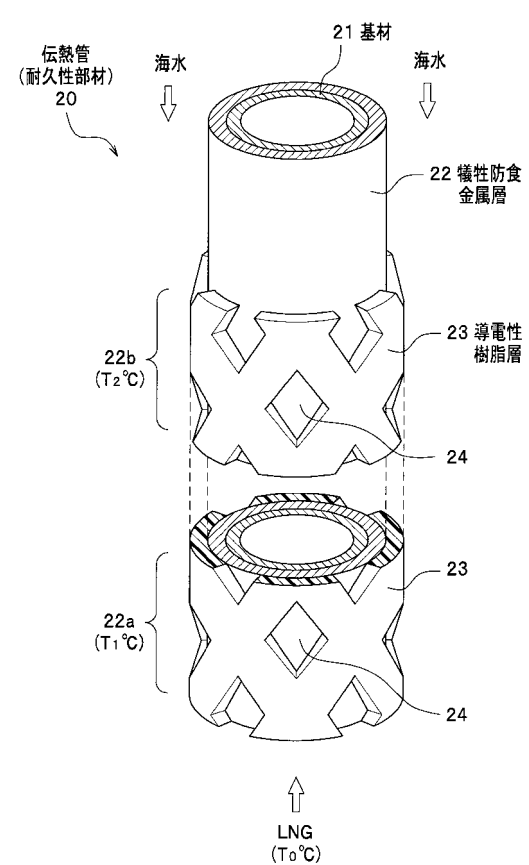
50

- 2 2 b 高温部位
- 2 3 導電性樹脂層
- 3 0 下部ヘッダー管 (耐久性部材)
- 3 1 基材
- 3 2 犠牲防食金属層
- 3 3 導電性樹脂層
- 1 0 0 オープンラック式気化器 (O R V)

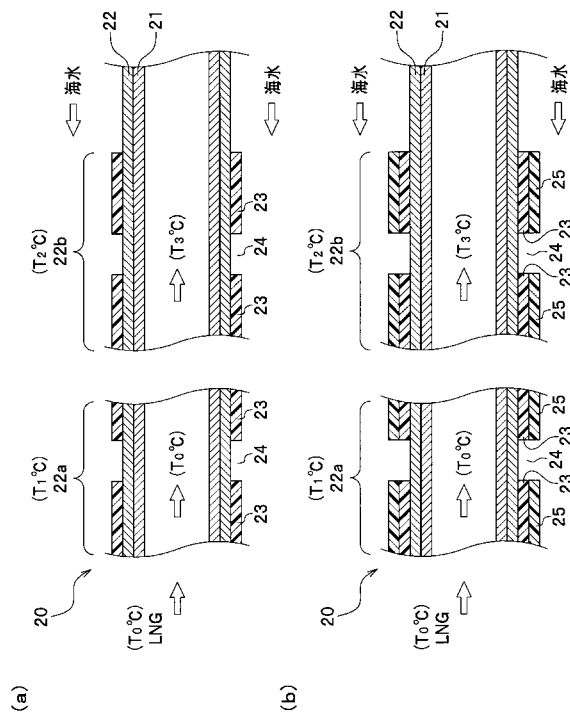
【 図 1 】



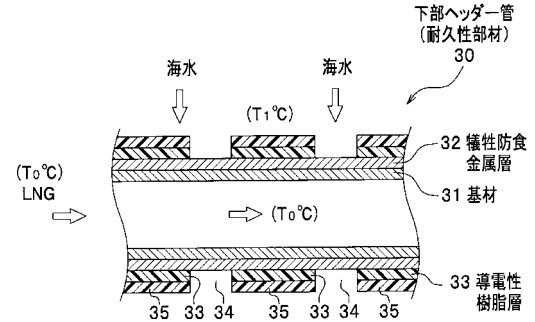
【 図 2 】



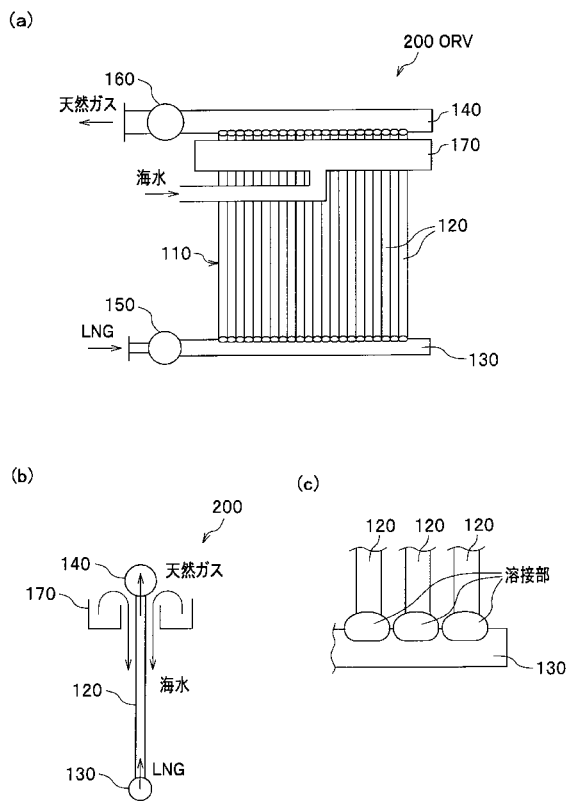
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 漆原 亘
兵庫県神戸市西区高塚台 1 丁目 5 番 5 号 株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内
- (72)発明者 衣笠 潤一郎
兵庫県神戸市西区高塚台 1 丁目 5 番 5 号 株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内
- (72)発明者 菅野 弘一
兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 3 番 1 号 株式会社神戸製鋼所高砂製作所内
- (72)発明者 林 道也
愛知県名古屋市東区東新町 1 番地 中部電力株式会社内
- F ターム(参考) 3L103 AA01 AA12 AA27 BB30 CC02 CC18 DD08 DD33 DD42 DD73
DD85 DD87