

(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2010-96412

(P2010-96412A)

(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	19/06	(2006.01)	F 2 8 F 19/06	A
F 2 8 D	3/02	(2006.01)	F 2 8 F 19/06	B
			F 2 8 D 3/02	
				3 L 1 O 3

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2008-267137 (P2008-267137)	(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

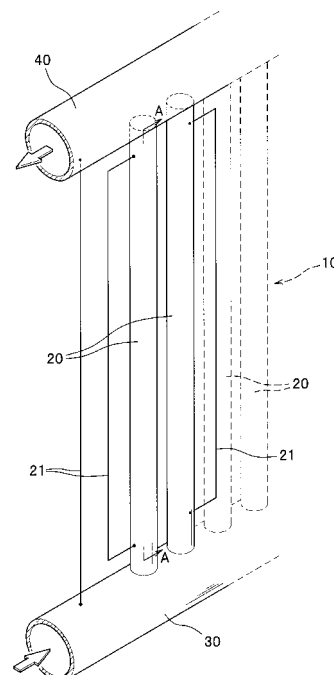
(54) 【発明の名称】 耐久性部材

(57) 【要約】

【課題】熱起電力による溶射皮膜層の腐食進行を抑制できる耐久性部材を提供する。

【解決手段】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100の伝熱管20またはヘッダー管30,40として用いる耐久性部材において、基材20aの外表面の一部または全部に溶射皮膜層20bを形成し、溶射皮膜層20bの表面であって、その温度がオープンラック式気化器100の運転時に海水凝固温度以下になる部位と、海水凝固温度まで降下しない部位とを金属・合金線21で接続してある。

【選択図】 図1



【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ヘッダー管として用いる耐久性部材であって、

当該耐久性部材を形成するアルミニウム合金製の管状基材の外表面の一部または全部にアルミニウム合金製の溶射皮膜層を形成し、前記溶射皮膜層の表面温度が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部位と、海水凝固温度まで降下しない部位とを電氣的に接続したことを特徴とする耐久性部材。

【請求項 2】

前記電氣的に接続する部位は、同一の伝熱パネル内にある少なくとも 2 箇所であることを特徴とする請求項 1 に記載の耐久性部材。

10

【請求項 3】

前記伝熱管は、前記溶射皮膜層の表面温度が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部位と、海水凝固温度まで降下しない部位とを電氣的に接続してあることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の耐久性部材。

【請求項 4】

前記電氣的な接続は、海水中の表面腐食電位が前記溶射皮膜層の表面腐食電位以下の裸導線または樹脂被覆された導線で行うことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載の耐久性部材。

【請求項 5】

20

前記裸導線または前記樹脂被覆された導線と前記溶射皮膜層との表面腐食電位差が所定値以内であることを特徴とする請求項 4 に記載の耐久性部材。

【請求項 6】

前記裸導線が前記溶射皮膜層と同一組成であるか、あるいは、前記溶射皮膜層を形成にした溶射素線であることを特徴とする請求項 5 項に記載の耐久性部材。

【請求項 7】

前記海水凝固温度まで降下しない部位において、前記裸導線または樹脂被覆された導線の先端が前記溶射皮膜層を貫いて前記基材に直接接続してあることを特徴とする請求項 4 ないし請求項 6 のいずれか 1 項に記載の耐久性部材。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】**【0001】**

本発明は、オープンラック式気化器の伝熱管またはヘッダー管として用いる耐久性部材に関する。

【背景技術】**【0002】**

液化天然ガス（LNG）の気化にはオープンラック式気化器（ORV）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 4 は、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。

40

【0003】

図 4（a）（b）に示すように、ORV 100 では、海水は、トラフ 70 に溜められる。そして、多数の伝熱管 20 をパネル状に配置してヘッダー管（下部ヘッダー管 30、上部ヘッダー管 40）に接合してなる伝熱パネル（伝熱管パネル）10 の外面を、トラフ 70 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 50 を経て、下部ヘッダー管 30 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 10 の各伝熱管 20 内で気化し上昇する。そして、天然ガスが上部ヘッダー管 40 を経て上部マニホール 60 から導出される。また、図 2（c）に示すように、伝熱管 20 はその下部が下部ヘッダー管 30 に溶接接合されている。

【0004】

50

そして、ORV用の伝熱管20では、ヘッダー管（下部ヘッダー管30, 上部ヘッダー管40）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30と伝熱パネル10の下部（伝熱管20の下部）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、溶存酸素量濃度が高く、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20と下部ヘッダー管30との溶接接合部付近での腐食による消耗が顕著であり、このことがORV100の寿命に影響している。また、前記したように、LNG気化時（運転時）の熱交換による海水が下部ヘッダー管30と伝熱パネル10に常にかかり続けることから、下部ヘッダー管30と伝熱パネル10表面はエロージョン・コロージョンによる金属の損耗の危惧が避けられない。

10

【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、犠牲防食金属皮膜（Zn-Al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。また、特許文献2では、高い耐食性を得るために、外面層にペトロラタムを含有する有機物被覆層を形成したオープンラック式気化器用伝熱管あるいはヘッダー管が提案されている。さらに、特許文献3では、鋼構造物および/またはコンクリート鋼構造物の表面に液状ビニルエステル樹脂組成物の未硬化物を塗布し、透明樹脂シートを塗膜上に重ねて覆い、その上から紫外線を照射することにより全体を接着一体化する鋼構造物またはコンクリート鋼構造物の防食方法が提案されている。

20

【特許文献1】特開平5-164496号公報

【特許文献2】特開2004-293811号公報

【特許文献3】特開2003-213461号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、伝熱管やヘッダー管の腐食による消耗を防止するには犠牲防食金属皮膜が最も有効であるが、ORVにおいては、エロージョン・コロージョンによる消耗の他に、熱起電力による犠牲防食金属皮膜の腐食も生じるため、以上のような技術では十分な効果が期待できない。

30

すなわち、異種の導体が接触している状態で導体間に温度差があると、導体間に電位差が生じることが知られている（この現象をゼーベック効果（熱電効果）という）。ORVにおいても、Al合金製のヘッダー管や伝熱パネルの基材と皮膜との間で、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。異種の金属・合金間で生じる熱起電力は、半導体で生じる熱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ないが、熱交換器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進行が存在することが分かった。つまり、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30や伝熱パネル10の下部において、犠牲防食金属皮膜層の消耗が著しく激しいのは、熱起電力による影響であると考えられる。

40

【0007】

本発明は、このような事情に鑑み、熱起電力による溶射皮膜層の腐食進行を抑制できるオープンラック式気化器用の耐久性部材を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

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ヘッダー管として用いる耐久性部材であって、当該耐久性部材を形成するアルミニウム合金製の管状基材の外表面の一部または全部にアルミニウム合金製の溶射皮膜層を形成し、前記溶射皮膜層の表面温度が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部位と、海水凝固温度まで降下しない部位とを電氣的に接続したことを特徴とする。

50

【 0 0 0 9 】

この耐久性部材では、溶射皮膜層の表面温度が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部位（海水が氷結する部位）は、基材内面との温度差が大きく、大きな熱起電力を生じる一方、海水凝固温度まで降下しない部位（海水が氷結しない部位）は、基材内面との温度差が小さく、生じる熱起電力は小さい。両方の部位を電氣的に接続すると、海水氷結部位の溶射皮膜層の表面にある電荷が海水非氷結部位の溶射皮膜層に逃げ、海水氷結部位の熱起電力が低減する。

【 0 0 1 0 】

前記電氣的に接続する部位は、同一の伝熱パネル内にある少なくとも2箇所であるのが望ましい。

10

海水の氷結する領域は、下部ヘッダー管から伝熱パネルの下部に架けてであり、残りの領域には氷結しない。つまり、氷結する領域と氷結しない領域が伝熱パネルの上下に分かれているので、氷結した部位の熱起電力を低減させるためには、同一の伝熱パネル内で両方の領域を電氣的に接続すればよい。

【 0 0 1 1 】

前記伝熱管は、前記溶射皮膜層の表面温度が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部位と、海水凝固温度まで降下しない部位とを電氣的に接続してあるのが望ましい。

伝熱管内を流れる液化天然ガスの温度は、気化前の位置では必ず気化温度以下になっており、気化後の位置では海水により暖められて気化温度以上になっている。このため、伝熱管は長手方向の温度差によっても熱起電力を発生している。よって、溶射皮膜層の表面温度が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部位と、海水凝固温度まで降下しない部とを電氣的に接続しておく、伝熱管の長手方向の温度差の影響が少なくなり、熱起電力の低減作用が向上する。

20

【 0 0 1 2 】

前記電氣的な接続は、海水中の表面腐食電位が前記溶射皮膜層の表面腐食電位以下の裸導線または樹脂被覆された導線で行うのが望ましい。

このようにすると、裸導線と溶射皮膜層とのガルバニック腐食による溶射皮膜層の溶出が生じなくなり、溶射皮膜層の耐久性が向上する。また、樹脂被覆された導線を使用すると、樹脂が損傷しない限り導線の表面腐食電位を考慮しなくてもよくなり、材料選択の幅が広がる。

30

【 0 0 1 3 】

前記裸導線または前記樹脂被覆された導線と前記溶射皮膜層との表面腐食電位差が所定値以内であるのが望ましい。

このような導線を用いると、導線と溶射皮膜層とのガルバニック腐食による導線の溶出が加速しなくなり、導線の寿命が長くなる。

【 0 0 1 4 】

前記裸導線または前記樹脂被覆された導線と前記溶射皮膜層との表面腐食電位差が所定値以内であるのが望ましい。

このような裸導線を用いると、溶射皮膜層とのガルバニック腐食を防止でき、寿命が長くなる。

40

【 0 0 1 5 】

前記裸導線は前記溶射皮膜層と同一組成であるか、あるいは、前記溶射皮膜層を形成にした溶射素線であるのが望ましい。

裸導線にAl合金を用いる場合、Al合金製の耐久性部材側の内部インピーダンスと、これとバイパスされるAl合金導線の外部インピーダンスがほぼ同等となるので、電荷の移動量が増え、バイパス効果が高まる。

【 0 0 1 6 】

前記海水凝固温度まで降下しない部位において、前記裸導線または樹脂被覆された導線の先端は前記溶射皮膜層を貫いて前記基材に直接接続してあるのが望ましい。

50

このようにすると、電荷を基材側に直接逃がすことができるので、溶射皮膜層に電荷を逃がす場合に較べてバイパス効果が向上し、溶射皮膜層の腐食防止作用が一層向上する。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、オープンラック式気化器の運転時に海水が氷結する部位の溶射皮膜層表面の電荷を、海水が氷結しない部位の溶射皮膜層に逃がすことができるので、海水氷結部位の熱起電力が低減し、溶射皮膜層の腐食進行を抑制できる。

【0018】

同一の伝熱パネル内にある少なくとも2箇所を電氣的に接続するだけでも、海水氷結部位の熱起電力を低減させて溶射皮膜層の腐食進行を抑制できる。その場合、接続箇所が少なくても済み、作業が楽である。

10

【0019】

前記伝熱管において、前記溶射皮膜層の表面温度が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部位と、海水凝固温度まで降下しない部位とを電氣的に接続しておく、と、伝熱管の長手方向の温度差が小さくなり、熱起電力の低減効果が向上し、溶射皮膜層の腐食抑制効果が一層向上する。

【0020】

海水中の表面腐食電位が前記溶射皮膜層の表面腐食電位以下の裸導線を用いると、裸導線と溶射皮膜層とのガルバニック腐食による溶射皮膜層の溶出が加速しなくなり、溶射皮膜層の耐久性が向上する。また、樹脂被覆された導線を用いると、樹脂が損傷しない限り導線の表面腐食電位を考慮する必要がなくなり、材料選択の幅が広がる。

20

【0021】

裸導線または樹脂被覆された導線と溶射皮膜層との表面腐食電位差が所定値以内であると、導線と溶射皮膜層とのガルバニック腐食による導線の溶出が生じなくなり、導線の寿命が長くなる。

【0022】

前記裸導線が前記溶射皮膜層と同一組成であるか、あるいは、前記溶射皮膜層を形成にした溶射素線であると、溶射皮膜層とのガルバニック腐食を防止でき、寿命が更に長くなる。また、裸導線にAl合金を用いることで、Al合金製の耐久性部材とAl合金導線のインピーダンスがほぼ同等となるので、電荷の移動量が増え、バイパス効果が良くなり、海水氷結部位の熱起電力低減に役立つ。

30

【0023】

海水凝固温度まで降下しない部位において、裸導線または樹脂被覆された導線の先端が溶射皮膜層を貫いて基材に直接接続すると、電荷を基材側に直接逃がすことができるので、溶射皮膜層に電荷を逃がす場合に較べてバイパス効果が向上し、溶射皮膜層の腐食防止効果が一層向上する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下、本発明の実施形態を添付図面を参照しながら詳細に説明する。

図1は図4に示したORVの部分斜視図、図2は図1のA-A線断面図で、熱起電力による電位の低減作用を説明する模式図である。

40

本実施形態に係る耐久性部材は、図4のオープンラック式気化器(ORV)100の伝熱管20または下部・上部ヘッダー管30,40として用いるものである。なお、ORV100の概略構成は図2に示したものと同一であるので、ここでは説明を省略する。

【0025】

図2に示すように、耐久性部材としての伝熱管20は、その基材20aの外表面の一部または全部に、犠牲防食金属皮膜層20bを有している。本実施形態では、この犠牲防食金属皮膜層20bはアルミニウム合金の溶射皮膜層になっている。ここで、表面の一部に形成するとは、基材20aの表面全てに溶射皮膜層20bを形成させなくとも、耐衝撃性、耐エロージョン性、繰り返し極低温耐久性、欠陥成長抑制性等の耐久性を発揮できるも

50

のであれば、基材 20 a に、溶射皮膜層 20 b で覆われていない箇所があってもよく、ところどころ基材 2 の素地が露出した箇所があってもよい状態をいう。

他の耐久性部材である下部・上部ヘッダー管 30, 40 も同様に構成してある。

以下、各部の構成について説明する。

【0026】

< 基材 >

基材 20 a は ORV 用伝熱管に用いられるものであれば、特にその材質は問わないが、通常 3000 系、5000 系あるいは 6000 系アルミニウム合金が用いられる。

【0027】

< 溶射皮膜層 >

溶射皮膜層 20 b は、基材 20 b よりも電位が卑な金属を溶射して基材 20 b の外表面に形成したもので、その犠牲防食作用により基材 20 b の腐食損傷を防止する効果がある。なお、溶射皮膜層 20 b の形成はフレイム溶射、電気式溶射、高速フレイム溶射等で行われる。溶射皮膜層 20 b の材料としては、例えば、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、前記理由から、溶射被覆層 6 は、基材 2 よりも卑な（イオン化傾向が大きい）金属である必要がある。溶射皮膜層 20 b の厚さは、特に限定されるものではないが、数十 μm ~ 数 mm 程度とすればよい。

【0028】

伝熱管 20 は、溶射皮膜層 20 b の表面を金属・合金線（導線）21 で接続して熱起電力による腐食の進行を抑制している。金属・合金線 21 による接続箇所は、溶射皮膜層 20 b の表面温度が ORV 100 の運転時に海水凝固温度以下になる部位と、海水凝固温度まで降下しない部位（海水が氷結しない部位）である。つまり、溶射皮膜層 20 b の表面温度が海水凝固温度以下になる部位は、海水が氷結し、大きな熱起電力が発生する一方、溶射皮膜層 20 b の表面温度が海水凝固温度まで降下しない部位は、海水が氷結せず、熱起電力は殆ど発生しない。

【0029】

すなわち、伝熱管 20 の下部では LNG が気化する前であるので、その温度 T_0 は必ず気化温度以下になっているが、LNG が伝熱管 20 の上部まで達すると、その間に海水で暖められて完全に気化し、その温度 T_1 は気化温度以上になっている。一方、海水の伝熱管 20 の上部周りを流れる際の温度 T_2 は常温近くであるが、伝熱管 20 の LNG 気化領域の周りを通過する際に気化熱を奪われ、伝熱管 20 の下部まで達した際の温度 T_3 は海水の凝固温度以下になり、伝熱管 20 の外表面に氷層 i を形成している。なお、伝熱管 20 の表面温度が海水の凝固温度以下になる高さは、ORV のサイズや LNG の負荷量、海水量、海水温度などに依存するため、予め高さを把握する必要がある。その高さから下方側の伝熱管 20 と下部ヘッダー管 30 の表面に海水が氷結する。

【0030】

このため、伝熱管 20 の下部では、外面と内面の温度差 ($T_3 - T_0$) が大きく、基材 20 a と溶射皮膜層 20 b が大きな熱起電力 e_1 を生じているが、伝熱管 20 の上部では、外面と内面の温度差 ($T_2 - T_1$) が小さく（もしくはゼロ）、生じる熱起電力 e_2 は小さい（もしくはゼロ）。つまり、伝熱管 20 の下部で溶射皮膜層 20 b の腐食が進むのは、海水の氷結部位に発生する熱起電力 e_1 が溶射皮膜層 20 b を海水中に溶出させるためであると考えられる。

【0031】

そこで、溶射皮膜層 20 b の表面であって、ORV 100 の運転時に海水が氷結する部位と氷結しない部位とを金属・合金線 21 で接続することによって、温度差が大きい部位（海水の氷結する部位）の溶射皮膜層 20 b の表面側にある電荷を、温度差が小さい部位（海水の氷結しない部位）の溶射皮膜層 20 b 側に逃がしている。つまり、金属・合金線 21 のバイパス効果によって、温度差が大きい部位の熱起電力 e_1 を低減し、熱起電力 e_1 による溶射皮膜層 20 b の溶出を抑えている。図 1 に示すように、このような対策は、

10

20

30

40

50

伝熱管 20 の下部と同様に、熱起電力による溶射皮膜層 20 b の腐食が問題となる下部ヘッダー管 30 と、伝熱管 20 の上部または上部ヘッダー管とを金属・合金線 21 にて接続してもよい。

【0032】

なお、金属・合金線 21 の両端の接続位置はあまり離れていないのが望ましいが、同一の伝熱パネル 10 内であれば特に問題ない。海水の氷結する領域は、下部ヘッダー管 30 から伝熱管 20 の下部にかけてであり、残りの領域には氷結しない。つまり、氷結する領域と氷結しない領域が伝熱パネル 10 内で上下に分かれているので、海水の氷結部位の電位を低下させるためには、同一の伝熱パネル 10 内で両方の領域を電氣的に接続すればよいのである。また、金属・合金線 21 の本数は、多い方が望ましいが、少なくとも 1 つの伝熱パネル 10 に 1 本以上は必要である。望ましくは、1 つの伝熱管 20 に 1 本以上あればよい。金属・合金線 21 の断面形状や長さは特に問わず、また金網のように複数の線の組み合わせたものでも構わない。金属・合金線 21 の先端を分岐させて複数個所に接続してもよい。

10

【0033】

なお、電荷は溶射皮膜層 20 b を通じて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が、溶射皮膜層 20 b 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、電荷の移動量は少ない。また、伝熱管 20 あるいは下部・上部ヘッダー管 30, 40 の外表面に溶射皮膜が露出している場合は、その外表面に金属・合金線 21 を接続すればよいが、溶射皮膜 20 b の表面に封孔剤が施される場合は、前記管の 20, 30, 40 の外表面ではなく、溶射皮膜 20 b に接続する必要がある。ただし、封孔剤は海水によるエロージョンや氷結によって早期に損傷して溶射皮膜が露出するため、露出後の外表面に金属・合金線 21 を接続してもよい。なお、前記以外の金属・合金線 21 の接続位置や数は問わないが、電位差の低減を図る上で接続位置の数は多い方が望ましい。例えば、金属・合金線 21 の両端を分岐させて伝熱管 20 または下部・上部ヘッダー管 30 に接続してもよい。

20

【0034】

ところで、伝熱管 20 内を流れる LNG の温度は、気化前の位置では必ず気化温度よりも低くなっており、気化後の位置では海水に暖められて気化温度よりも高くなっている。このような長手方向の温度差 ($T_1 - T_0$) により伝熱管 20 自体でも熱起電力が発生していると考えられる。よって、各伝熱管 20 において、LNG の気化領域を挟んでその上流側と下流側を金属・合金線 21 で接続するのが更に望ましい。このようにすると、伝熱パネル 10 内の 2 箇所だけを金属・合金線 21 で接続する場合に較べると、伝熱管 20 の長手方向の温度差の影響を除去でき、熱起電力の低減効果が更に高まる。

30

【0035】

また、海水の氷結する部位と氷結しない部位の接続は、図 1, 2 に示すような金属・合金線 21 で行うのではなく、導電性と伝熱性の良いスリーブ部材を伝熱管 20 の外面または内面に嵌め込み、両方の部位を連続的に接続してもよい。なお、従来知見にある外部犠牲防食法 (例えば特開平 9 - 178391 号) では、犠牲防食金属板を防食対象の 1 点で接触しているのに対し、本発明では、バイパス効果を得る必要があるため、海水氷結部位と氷結非結部位の少なくとも 2 点にバイパス導線を接続しているのが大きな相違点がある。

40

【0036】

金属・合金線 21 は、十分なバイパス効果を得るためには、導電性が溶射皮膜層 20 b のそれよりも高いものを用いるのが望ましい。さらに、金属・合金線 21 と溶射皮膜層 20 b とのガルバニック腐食による溶射皮膜層 20 b の溶出が加速することを防ぐため、金属・合金線 21 は海水中の表面腐食電位が溶射皮膜層 20 b のそれ以下の裸導線か、あるいは樹脂被覆により金属の露出部分を無くした被覆導線である必要がある。裸導線の場合は、海水中の表面腐食電位が溶射皮膜層 20 b のそれよりも大きいと、金属・合金線 21 と溶射皮膜層 20 b とのガルバニック腐食により溶射皮膜層 20 b の溶出が加速するので

50

、表面腐食電位を以上のように規定する必要がある。表面腐食電位が A 1 合金の溶射皮膜層 2 0 b のそれ以下である金属・合金としては、例えば、アルミニウム合金、亜鉛合金、マグネシウム合金、亜鉛めっき鋼、アルミニウムめっき鋼などが挙げられる。被覆線の場合は、加工性の良い、有機樹脂による被覆線である必要がある。被覆される金属・合金線の組成としては例えば、鋼、ステンレス、アルミニウム合金、銅合金、真鍮等や亜鉛、ニッケル等のめっきを施したそれら金属・合金など各種が挙げられる。

【 0 0 3 7 】

ただし、海水中における裸線の表面腐食電位が溶射皮膜層 2 0 b のそれを大きく下回った場合、金属・合金線 2 1 と溶射皮膜層 2 0 b とのガルバニック腐食により裸線の溶出が加速し、断線までの寿命が短い。また、海水噴流によるエロージョンや低温に晒されることから、被覆線の場合、有機樹脂の損傷が生じやすく、金属・合金露出までの寿命が短い。そのため、海水中の表面腐食電位が溶射皮膜層 2 1 b の表面腐食電位よりも 0.25mV 以下の金属・合金線 2 1 を用いるのが望ましい。つまり、両者の表面腐食電位の差を所定値である 0.25mV 以内に収めるのが望ましい。このような条件を満たす金属・合金は、実質 A 1 を主成分とする合金である。さらに、溶射皮膜層 2 0 b と同一組成の A 1 合金線あるいは溶射皮膜層 2 0 b を形成した溶射用素線を用いれば、溶射皮膜層 2 0 b とのガルバニック腐食を防止することができる。なお、A 1 合金線を用いると、基材 2 0 a のインピーダンスである内部インピーダンスと、これとバイパスされる金属・合金線 2 1 のインピーダンスである外部インピーダンスがほぼ同等となる。このため、バイパス効果が最大となり、海水の氷結した部位の熱起電力が下がり、溶射皮膜層 2 0 b の腐食防止効果が一層向上するので、最も推奨されるものである。

10

20

【 0 0 3 8 】

本発明は金属・合金線 2 1 の接続構造を限定しないが、例えば溶接や圧着、応力を負荷して締め付ける方法、溶射時に埋め込む方法などがあり、金属・合金線 2 1 と基材 2 0 a または溶射皮膜層 2 0 b との接触電気抵抗が小さい方が望ましい。図 3 は金属・合金線 2 1 の接続構造例を示す断面図であり、(a) は溶射皮膜表面への接続構造を示す図、(b) は基材への接続構造を示す図である。

同図 (a) は、溶射皮膜層 2 0 b の表面に金属・合金線 2 1 を接合してある。すなわち、金属・合金線 2 1 の先端を折り曲げ、溶射皮膜層 2 0 b に固着してある。一方、同図 (b) は、金属・合金線 2 1 の先端が溶射皮膜層 2 0 b を貫き、基材 2 0 a に固着してある。すなわち、金属・合金線 2 1 の先端折曲部を基材 2 0 a に埋設して面一にし、その上に溶射皮膜層 2 0 b を形成してある。なお、溶射皮膜層 2 0 b と金属・合金線 2 1 の間に形成される隙間は、出来るだけ小さくするのが望ましい。

30

【 0 0 3 9 】

同図 (b) の構造にすると、海水の氷結した部位の溶射皮膜層 2 0 b の表面側にある電荷を、海水の氷結しない部位の基材 2 0 a 側に直接逃がすことができるので、同図 (a) の構造にて溶射皮膜層 2 0 b に電荷を逃がす場合に較べて、電荷の移動量が増加する。つまり、バイパス効果の向上によって、海水の氷結した部位の熱起電力が下がり、溶射皮膜層 2 0 b の腐食防止効果が一層向上する。

40

【 0 0 4 0 】

海水中での表面腐食電位の差異は、実機環境で用いる海水または人工海水を用い、これを一定温度に制御し、空気バブリングを十分に行いながら、溶射皮膜層 2 0 b 及び金属・合金線 2 1 の浸漬電位を各々測定し、その差を取ればよい。参照電極は何を用いても構わない。温度は 0 及び実機環境で用いる海水の最大温度の 2 水準で測定し、差が大きい方の値で判断する。すなわち、表面腐食電位が 0 で溶射皮膜層 2 1 b の表面腐食電位よりも 0.24mV 大きくても、実機環境で用いる海水の最大温度で溶射皮膜層 2 1 b よりも 0.26mV 大きければ、本発明の金属・合金線 2 1 としては不適格である。

【 実施例 】

【 0 0 4 1 】

次に、本発明に係る耐久性部材について、実施例と比較例を挙げて具体的に説明する。

50

アルミニウム合金A5083製の管（厚さ5mm、内径100mm）を300mm長さに切断し、片方の開口部に同じ厚さのアルミニウム合金A5083製の板を溶接して有底筒状の試験サンプル（No. 1～10）を作成した。次いで、その外周面及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、その上にAl-2%Zn合金からなる溶射皮膜21bを厚さ300μmで被覆した。試験サンプルの内面は処理していない。No. 1, 2, 3, 5, 9, 10の試験サンプルでは、上部開口面から30mmの範囲の外周面も溶射皮膜20bを被覆しなかった。その後、1mmφの金属・合金線21をサンプルの底面から20mm高さの外周位置と上部開口面から20mm下の外周位置面に1本または8本接続した。No. 8のサンプルでは、底面から20mm高さの箇所だけに1本の金属・合金線21の一端を接続した。No. 4, 6, 8の試験サンプルに用いた金属・合金線21は溶射皮膜20bと同一組成の溶射素線を用いた。

10

【0042】

試験サンプルの熱起電力の評価は、以下のように行った。
水槽中に温度を30℃に調整した人工海水を入れ、その中に試験サンプルを浸し、その周りに人工海水が循環するようにした。なお、試験サンプルの上部開口面から10mmの範囲は海水中に浸していない。試験サンプルの外周面及び内周面であって、底面からの高さが20mmの位置に電圧計のプローブを取り付けて、外周面及び内周面間の電位差を測定した。内外面の温度差が無い場合、電位差は0である。サンプルの内部に液体窒素を200mm高さまで10分間連続添加し、その間の最大電位差にてバイパス効果を評価した。金属・合金線21を取り付けない試験サンプル（No. 7）では最大0.36mVの電位差が生じた。なお、試験サンプルの底面から20mm高さの外周は氷に覆われていた。一方、上部開口面から20mm下の外周は凍っていない。液体窒素の添加を止めると、液体窒素が蒸発し、さらに内外面の温度差が無くなれば電位差は0となった。各試験サンプルについて同様の試験を行い、金属・合金線21を取り付けない試験サンプル（No. 7）と比較して、最大電位差が50%以上低減すれば（効果大）、10%以上低減すれば○（効果有り）、10%未満の低減または同等であれば×（効果無し）とした。

20

【0043】

また、試験サンプルのガルバニック腐食の評価は、以下のように行った。

以上の熱起電力の評価後、外周を30℃に調整した人工海水中に試験サンプルを2週間浸漬した。1日2回、サンプル中に液体窒素を200mm高さまで10分間連続添加した。その後、上下の金属・合金線21の接続位置付近の腐食状況を観察し、試験サンプルの外表面の溶射皮膜20bに腐食損傷が認められる場合×（ガルバニック腐食助長）、金属・合金線径が0.1mm以上細くなるかもしくは被覆樹脂が損傷している場合（線が短寿命）、試験サンプルの外表面も金属・合金線21も変化が認められない場合○（良好）と評価した。

30

【0044】

各試験サンプルの外表面で金属・合金線21の上部接続箇所の状態、金属・合金線21の種類、金属・合金線21の接続本数、金属・合金線と溶射皮膜との海水中の表面腐食電位の差異、及び各種評価結果を表1にまとめて示す。なお、海水中での表面腐食電位差は、[0039]に記載した方法で測定しておいた。

40

【表 1】

試験 サン プル No.	金属・合金線				評価結果			備考
	上部接続箇所 の外表面状態	種類	本数 (本)	海水中の表面腐食 電位の差 (V) (導線線-溶射皮膜)	バイパス 効果の 評価	電圧測定値 mV	ガルバニック 腐食の有無	
1	母材	純 Zn	1	-0.3	◎	0.15	△	実施例
2	母材	ビニール被覆 銅	1	—	◎	0.17	△	実施例
3	母材	Al-15%Zn	1	-0.2	◎	0.12	○	実施例
4	溶射皮膜	溶射素線	1	0	○	0.30	○	実施例
5	母材	溶射素線	1	0	◎	0.10	○	実施例
6	溶射皮膜	溶射素線	8	0	◎	0.17	○	実施例
7	—	—	—	—	×	0.36	—	比較例
8	なし (下部のみ接 触)	溶射素線	1	0	×	0.36	○	比較例
9	母材	軟鋼	1	0.4	◎	0.18	×	比較例
10	母材	A5083	1	0.1	◎	0.17	×	比較例

【 0 0 4 5 】

表 1 から分かるよう、上述の規定範囲を満たす金属・合金線 2 1 を規定に合うように接続した場合（試験サンプル No. 1 ～ 6）は、電圧低下値が大きく、金属・合金線 2 1 を有さないもの（試験サンプル（No. 7）よりも熱起電力による電位差が低減可能であることが分かる。また、それら試験サンプル（No. 1 ～ 6）では、ガルバニック腐食の有無が○または△であって、溶射皮膜 2 1 b の損傷も認められない。一方、金属・合金線 2 1 の接続位置が規定に合っていないもの（試験サンプル No. 8）は熱起電力による電位差低減が認められない。また、表面腐食電位が 0.4V または 0.1V であって、規定範囲よりも大きい線を用いたもの（試験サンプル No. 9, 10）はガルバニック腐食による溶射皮膜 2 1 b の損傷が認められる。さらに、望ましくは、表面腐食電位が請求項 5 を満たさない

10

20

30

40

50

もの（試験サンプルNo. 1, 2）よりは満たすもの（試験サンプルNo. 3 ~ 6）の方が金属・合金線21の寿命も長く、推奨されることが分かる。また、試験サンプルNo. 4と試験サンプルNo. 5を比較すると、金属・合金線21を基材20aに直接接続した方が熱起電力による電位差がより低減できることがわかる。さらに、試験サンプルNo. 4と試験サンプルNo. 6を比較すると、金属・合金線21の本数の多い方が熱起電力による電位差がより低減できることが分かる。

【0046】

以上、本発明に係る耐久性部材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がなく、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とはいうまでもない。

10

【図面の簡単な説明】

【0047】

【図1】本発明に係る耐久性部材を用いたオープンラック式気化器（ORV）の部分斜視図である。

【図2】図1のA-A線断面図で、熱起電力による電位の低減作用を説明する模式図である。

【図3】金属・合金線の接続構造を示す断面図であり、（a）は海水氷結部位の接続構造を示す図、（a）は海水非氷結部位の接続構造を示す図である。

【図4】オープンラック式気化器（ORV）の概略図で、（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。

20

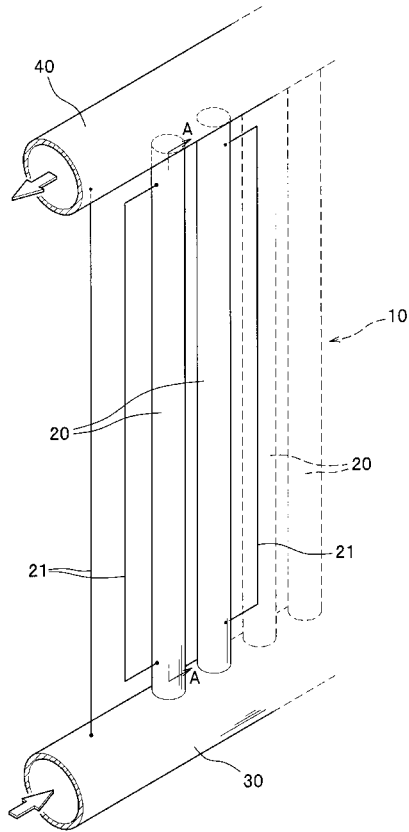
【符号の説明】

【0048】

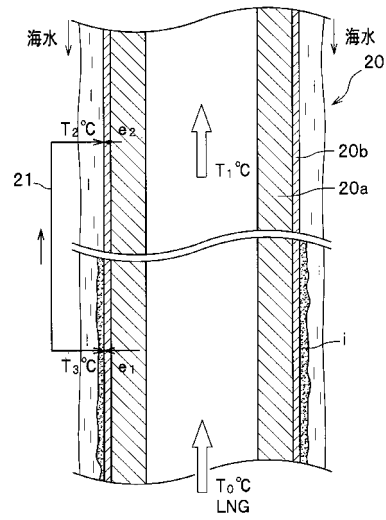
- 10 伝熱パネル
- 20 伝熱管
- 20a 基材
- 20b 溶射皮膜層
- 21 金属・合金線
- 22 溶接ビード
- 30 下部ヘッダー管
- 40 上部ヘッダー管
- 50 下部マニホールド
- 60 上部マニホールド
- 70 トラフ
- 100 オープンラック式気化器（ORV）

30

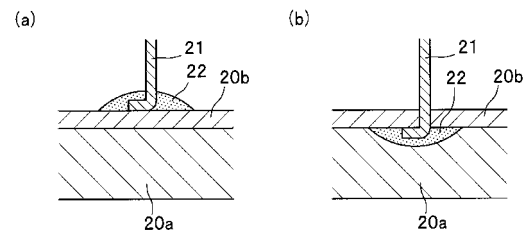
【 図 1 】



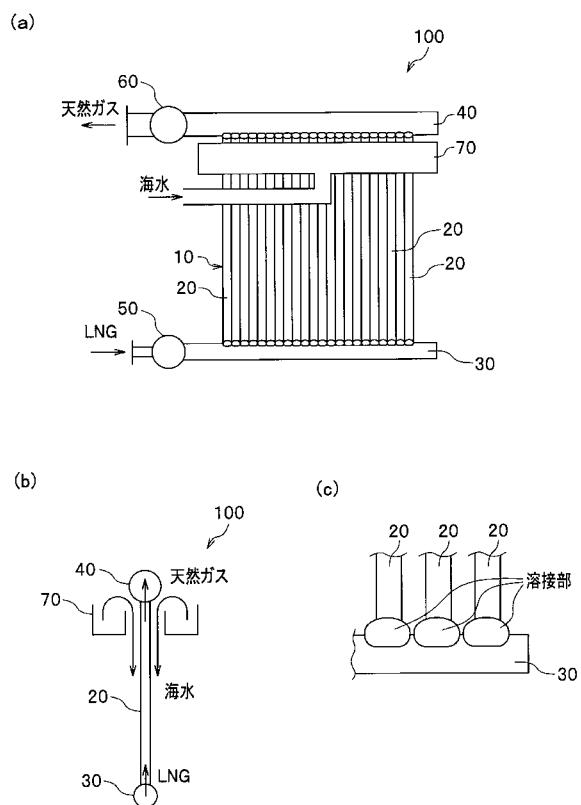
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



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
- (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 AA12 BB30 CC03 CC18 DD08 DD36 DD42 DD85