(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5341436号
(P5341436)

(45)発行日　平成25年11月13日(2013.11.13)　(24)登録日　平成25年8月16日(2013.8.16)

(51)Int.Cl.			F I		
F25B	9/00	(2006.01)	F25B	9/00	K
F25B	9/14	(2006.01)	F25B	9/00	H
			F25B	9/14	530Z

請求項の数 5　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願2008-220112(P2008-220112)
(22)出願日　平成20年8月28日(2008.8.28)
(65)公開番号　特開2010-54128(P2010-54128A)
(43)公開日　平成22年3月11日(2010.3.11)
審査請求日　平成23年8月2日(2011.8.2)

(73)特許権者　000231235
大陽日酸株式会社
東京都品川区小山一丁目３番２６号
(74)代理人　100077573
弁理士　細井　勇
(74)代理人　100120570
弁理士　中　敦士
(72)発明者　上森　賢悦
東京都品川区小山一丁目３番２６号　大陽日酸株式会社内
(72)発明者　吉田　茂
東京都品川区小山一丁目３番２６号　大陽日酸株式会社内

審査官　西山　真二

最終頁に続く

(54)【発明の名称】冷凍機用熱交換器、及び該熱交換器による液化ガスの冷却方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
銅製コールドヘッド（Ｃ）に熱交換フィン（Ｆ）が接合されている、液体ヘリウム、液体水素、液体ネオン、液体キセノン、液体アルゴン、液体酸素、液体空気、又は液体窒素からなる液化ガスの冷却を目的とする冷凍機用熱交換器であって、
熱交換フィン（Ｆ）が銅製コールドヘッド（Ｃ）との接合面を有するフィン基部（Ｆ１）と、フィン基部（Ｆ１）に立設された吸熱用フィン部（Ｆ２）とから形成され、
かつ銅製コールドヘッド（Ｃ）と熱交換フィン（Ｆ）との接合がフィン基部（Ｆ１）の銅メッキ層が形成された接合面と銅製コールドヘッド（Ｃ）とのはんだ付による接合であることを特徴とする冷凍機用熱交換器。
【請求項２】
前記熱交換フィン（Ｆ）がアルミニウム又はアルミニウム合金で形成されていることを特徴とする請求項１に記載の冷凍機用熱交換器。
【請求項３】
前記吸熱用フィン部（Ｆ２）が剣山型であることを特徴とする請求項１又は２に記載の冷凍機用熱交換器。
【請求項４】
前記冷凍機がギフォード・マクマホン冷凍機あるいはパルス管冷凍機であり、かつ冷却する前記液化ガス中に該冷凍機熱交換器の熱交換フィン（Ｆ）部を直接浸漬して、該液化ガスを冷却する浸漬冷却方式の冷凍機であることを特徴とする請求項１ないし３のいずれか

一項に記載の冷凍機用熱交換器。
【請求項５】
ギフォード・マクマホン冷凍機あるいはパルス管冷凍機を用いた浸漬冷却による、液体ヘリウム、液体水素、液体ネオン、液体キセノン、液体アルゴン、液体酸素、液体空気、又は液体窒素からなる液化ガスの冷却方法であって、
該ギフォード・マクマホン冷凍機あるいはパルス管冷凍機が銅製コールドヘッド（Ｃ）にアルミニウム又はアルミニウム合金製の熱交換フィン（Ｆ）が接合された熱交換器を有しており、
熱交換フィン（Ｆ）が銅製コールドヘッド（Ｃ）との接合面を有するフィン基部（Ｆ１）と、フィン基部（Ｆ１）に立設された剣山型の吸熱用フィン部（Ｆ２）とから形成され、かつ銅製コールドヘッド（Ｃ）と熱交換フィン（Ｆ）との接合がフィン基部（Ｆ１）の銅メッキが施された接合面と銅製コールドヘッド（Ｃ）とのはんだ付接合であり、
該ギフォード・マクマホン冷凍機あるいはパルス管冷凍機の熱交換フィン（Ｆ）部を冷却する前記液化ガス中に直接浸漬して、該液化ガスを冷却することを特徴とする液化ガスの冷却方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、例えば、ギフォード・マクマホン冷凍機（ＧＭ冷凍機）、パルス管冷凍機、スターリング冷凍機、ソルベイ冷凍機等の冷凍機に使用される、銅製コールドヘッドに熱交換フィンが接合された冷凍機用熱交換器、及び該熱交換器による液化ガスの冷却方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
種々の超電導体等の冷却用に冷凍機が使用されているが、一般に冷凍機で生ずる寒冷はコールドヘッドを介して被冷却物に伝熱される。しかし、コールドヘッド自体は小型で伝熱面積が十分ではないので、通常、コールドヘッドに補助冷却部である熱交換フィンを接合して用いられる。
従来、熱伝導性及び成形性等の点からコールドヘッドを銅製とし、これに同じく銅製の熱交換フィンを半田付けで接合して伝熱面積を大きくする工夫がなされていた。しかし、コールドヘッドと熱交換フィンを共に銅製とすると機械加工性と熱伝導性には優れるものの、重量が大きくなり、また銅はアルミニウム等の金属材料と比較すると素材が高価であるという問題点がある。
従って、上記軽量化と経済性の要請から、最近では、冷凍機におけるコールドヘッドの熱交換フィンの素材に、銅より軽量であるアルミニウム系材料の使用が図られている。
【０００３】
この場合、銅製のコールドヘッドとアルミニウム製熱交換フィンとの接合方法として、以下の（ａ）ないし(ｄ)に示す従来技術が知られている。
（ａ）銅製コールドヘッドとアルミニウム製熱交換フィンとを直接半田付けする（例えば、特許文献１参照）。
（ｂ）コールドヘッドとアルミニウムとをボルト・ナットで固定する。
（ｃ）コールドヘッドと補助冷却部との間に、インジウム等の軟らかい金属、又は銅等の軟らかい金属粉とグリースとの混合物を挟んでボルト・ナットで固定する。
（ｄ）スターリング冷却装置の低温部と冷却手段及び（又は）高温部と放熱手段の接触部の腐食の発生を防止するために、銅とアルミニウムの接触部に熱伝導率が高いグリースの塗布、又は亜鉛金属膜を配置する（特許文献２参照）。
また、アルミニウム製熱交換フィンはその使用環境において腐食するおそれがないので、耐食性向上のために酸化皮膜処理等の費用アップとなる処理は行われていなかった。
【０００４】
【特許文献１】特開平０９－１４５２７０号公報

【特許文献２】特開２００６－１０５５１３号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
上記従来技術において、（ａ）に記載の、銅製コールドヘッドとアルミニウム製熱交換フィンとを半田付けする場合、両者間の熱伝導は良好に維持できるが機械的強度が不十分になり実用上の問題を生ずる。また、アルミニウム部材用のはんだであるＺｎ－５％Ａｌの融点は３８０℃と高温であり、ボルト・ナットで固定したコールドヘッドと補助冷却部との間に、はんだを流し込んで熱伝導性を向上することが行われているが、半田付けする際には、接合面を３８０℃以上に加熱し、かつ、約１８ｋＨｚの超音波振動を加えながら行う必要があり、特別な設備が必要となるので実用上の問題点を有していた（特許文献１）。
（ｂ）に記載の、コールドヘッドとアルミニウム製熱交換フィンとをボルト・ナットで固定する場合、各ボルトを均等に締めるトルク管理が必要となり、また、械的強度は十分であるものの両者間の接触が不十分となり熱伝導率が低下する問題点があった。
【０００６】
（ｃ）に記載の、コールドヘッドとアルミニウム製熱交換フィンとの間に、インジウム等の軟らかい金属、又は銅等の軟らかい金属粉とグリースとの混合物を挟んでボルト・ナットで固定する場合、半田付けに比べれば界面における熱抵抗が大きく熱伝導率が低下する問題点がある。
（ｄ）に記載の、スターリング冷却装置の低温部と冷却手段及び（又は）高温部と放熱手段の接触部の腐食発生を防止するために、銅とアルミニウムの接触部に熱伝導率が高いグリースの塗布、又は亜鉛金属膜を配置するとやはり、熱伝導が低下する問題点がある。
本発明は、上記課題を解決して、銅製コールドヘッドとアルミニウム製熱交換フィンの接合部界面で生じる接触熱抵抗を大幅に低減し、銅製コールドヘッドとアルミニウム製熱交換フィンの熱伝導性を良好に維持しつつ、両者の機械的強度が十分な冷凍機用熱交換器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】
【０００７】
本発明は以上の事情を背景としてなされたもので、熱交換フィンの接合面に予め銅メッキを施し、その後に該銅メッキされた接合面と銅製コールドヘッドとをハンダ付けした冷凍機用熱交換器とすることにより、上記課題が解決されることを見出し、本発明を完成させた。
すなわち、本発明は、下記（１）ないし（６）に記載の発明を要旨とする。
（１）銅製コールドヘッド（Ｃ）に熱交換フィン（Ｆ）が接合されている、液体ヘリウム、液体水素、液体ネオン、液体キセノン、液体アルゴン、液体酸素、液体空気、又は液体窒素からなる液化ガスの冷却を目的とする冷凍機用熱交換器であって、熱交換フィン（Ｆ）が銅製コールドヘッド（Ｃ）との接合面を有するフィン基部（Ｆ１）と、フィン基部（Ｆ１）に立設された吸熱用フィン部（Ｆ２）とから形成され、かつ銅製コールドヘッド（Ｃ）と熱交換フィン（Ｆ）との接合がフィン基部（Ｆ１）の銅メッキ層が形成された接合面と銅製コールドヘッド（Ｃ）とのはんだ付による接合であることを特徴とする、
冷凍機用熱交換器（以下、第１の態様ということがある）。
（２）前記熱交換フィン（Ｆ）がアルミニウム又はアルミニウム合金で形成されていることを特徴とする、前記（１）に記載の冷凍機用熱交換器。
（３）前記吸熱用フィン部（Ｆ２）が剣山型であることを特徴とする、前記（１）又は（２）に記載の冷凍機用熱交換器。
（４）前記冷凍機がギフォード・マクマホン冷凍機（ＧＭ冷凍機ともいわれる）あるいはパルス管冷凍機であり、かつ冷却する液化ガス中に該冷凍機熱交換器の熱交換フィン（Ｆ）部を直接浸漬して、該液化ガスを冷却する浸漬冷却方式の冷凍機であることを特徴とする前記（１）ないし（３）のいずれかに記載の冷凍機用熱交換器。

【０００８】
（５）ギフォード・マクマホン冷凍機（ＧＭ冷凍機）あるいはパルス管冷凍機を用いた浸漬冷却による、液体ヘリウム、液体水素、液体ネオン、液体キセノン、液体アルゴン、液体酸素、液体空気、又は液体窒素からなる液化ガス（Ｌ）の冷却方法であって、該ＧＭ冷凍機あるいはパルス管冷凍機が銅製コールドヘッド（Ｃ）にアルミニウム又はアルミニウム合金製の熱交換フィン（Ｆ）が接合された熱交換器を有しており、
熱交換フィン（Ｆ）が銅製コールドヘッド（Ｃ）との接合面を有するフィン基部（Ｆ１）と、フィン基部（Ｆ１）に立設された剣山型の吸熱用フィン部（Ｆ２）とから形成され、かつ銅製コールドヘッド（Ｃ）と熱交換フィン（Ｆ）との接合がフィン基部（Ｆ１）の銅メッキ層が形成された接合面と銅製コールドヘッド（Ｃ）とのはんだ付接合であり、
該ＧＭ冷凍機あるいはパルス管冷凍機の熱交換フィン（Ｆ）部を冷却する液化ガス中に直接浸漬して、該液化ガスを冷却することを特徴とする液化ガスの冷却方法（以下、第２の態様ということがある）。
【発明の効果】
【０００９】
上記第１の態様の「冷凍機用熱交換器」は、銅製コールドヘッド（Ｃ）と熱交換フィン（Ｆ）とを接合する際に、予めフィン基部（Ｆ１）接合面を一般的に行われる銅メッキ法により銅メッキ層を形成することで銅メッキされたフィン基部（Ｆ１）接合面と、銅製コールドヘッド（Ｃ）との界面は銅同士となり、特殊なはんだを必要とせず一般的なはんだでも接合面に溶け込み、隙間を生じることなく、はんだ付けが可能となる。その結果、銅製コールドヘッド（Ｃ）とフィン基部（Ｆ１）との界面での接触熱抵抗が大幅に改善でき、熱交換性能が顕著に改善される。
この場合、アルミニウムと銅とをはんだ付けする際、特殊なはんだを使用することなく、汎用のＳｎ－Ｐｂ系のはんだペーストを使用して接合できる。汎用的なはんだを使用するため１２０～１５０℃程度の温度で接合が可能となり、更にはんだ付けするもの同士を電気炉内に挿入して加熱によりはんだ付けができるので特殊かつ大きな設備、また超音波等を必要としない。
【００１０】
上記第２の態様の「液化ガスの冷却方法」は、ＧＭ冷凍機あるいはパルス管冷凍機の熱交換フィン（Ｆ）部を被冷却物である液化ガス中に直接浸漬して、該液化ガスを冷却するので、該液化ガスを冷却するための循環手段等は不要であり、クライオスタット内に収容された液化ガスを直接冷却するので簡便な装置で効率よく液化ガスを冷却することができる。
更に、吸熱用フィン部（Ｆ２）が冷却冷媒中に浸漬された状態（図示せず）では、冷却された冷媒が下降流となり冷媒中に対流を引き起こすので、剣山型の吸熱用フィン形状とすることによってより伝熱効率を向上させることができる。
【発明を実施するための最良の形態】
【００１１】
以下に、本発明の第１の態様である「冷凍機用熱交換器」、及び第２の態様である「液化ガスの冷却方法」について説明する。
〔１〕第１の態様の「冷凍機用熱交換器」
本発明の第１の態様の「冷凍機用熱交換器」は、銅製コールドヘッド（Ｃ）に熱交換フィン（Ｆ）が接合されている、液体ヘリウム、液体水素、液体ネオン、液体キセノン、液体アルゴン、液体酸素、液体空気、又は液体窒素からなる液化ガスの冷却を目的とする冷凍機用熱交換器であって、熱交換フィン（Ｆ）が銅製コールドヘッド（Ｃ）との接合面を有するフィン基部（Ｆ１）と、フィン基部（Ｆ１）に立設された吸熱用フィン部（Ｆ２）とから形成され、かつ銅製コールドヘッド（Ｃ）と熱交換フィン（Ｆ）との接合がフィン基部（Ｆ１）の銅メッキ層が形成された接合面と銅製コールドヘッド（Ｃ）とのはんだ付による接合であることを特徴とする。
【００１２】

（１）冷凍機
本発明は、例えば超電導（超伝導といわれることがある）体や赤外線デバイス等の冷却用のクライオクーラーに適用して極低温環境を作り出すギフォード・マクマホン冷凍機（ＧＭ冷凍機 ）、ジュールトムソン式冷凍機、ソルベイ冷凍機、パルス管冷凍機、スターリング冷凍機等を対象とする冷凍機に装備する熱交換器に好適に適用できる。
ＧＭ冷凍機は、例えばヘリウムガス等の冷媒ガスを圧縮する圧縮機からのガス流路を弁により制御して、シリンダ内の膨張空間でヘリウムガスを膨張させることによって寒冷を得る。シリンダの内部には冷媒ガスの排出を行うと共に冷却効率を高める銅メッシュ、金属の球状粉等が蓄冷材として充填されている。作動流体であるヘリウムガスが該蓄冷材によってできた空隙を通過する際に蓄冷材と熱交換を行う。また、パルス管冷凍機は、通常、圧力振動発生器、蓄冷器、パルス管、位相制御機構等により構成されており、冷温に可動部を持たない、振動の少ない冷凍機である。
【００１３】
（２）冷凍機用熱交換器
ＧＭ冷凍機等の冷凍機で発生した極低温は、通常、コールドヘッドを介して取出される。しかし、構造上コールドヘッドの伝熱面積の大きさが制限されるため、小さな伝熱面積のコールドヘッドから冷熱を効率よく取出すために、本発明においては、銅製コールドヘッド（Ｃ）に補助冷却部である熱交換フィン（Ｆ）が接合され、伝熱面積を大きくする工夫がなされている。
（３）銅製コールドヘッド（Ｃ）
コールドヘッドには、熱伝導性及び成形性等の点から通常、銅製のコールドヘッドが使用されている。従来、コールドヘッドを銅製とし、これに同じく銅製の熱交換フィンを半田付けして接合して伝熱面積を大きくする工夫がなされていた。しかし、コールドヘッドと熱交換フィンを共に銅製とすると機械加工性と熱伝導性には優れるものの、重量が大きくなり、また銅はアルミニウム等の金属材料と比較すると素材が高価であるという問題点があった。
上記軽量化と経済性の要請から、最近では、冷凍機におけるコールドヘッドの補助冷却部である熱交換フィンの素材に、銅より軽量であるアルミニウム系材料等の使用が要請されていたが、上述したように接触熱抵抗の問題が生じていた。本発明においては銅製コールドヘッド（Ｃ）に下記する銅以外の材料からなる熱交換フィンの使用を実用的に可能にするものである。
【００１４】
（４）熱交換フィン（Ｆ）
銅製コールドヘッド（Ｃ）の補助冷却部である熱交換フィン（Ｆ）は、銅製コールドヘッド（Ｃ）の吸熱を効率よく行うために、熱伝導率の比較的高い材料と、伝熱面積が大きくなる形状を選択して、銅製コールドヘッド（Ｃ）と熱交換フィン（Ｆ）間の温度勾配を少なくすることが好ましい。
（ｉ）熱交換フィン（Ｆ）の材料
熱交換フィン（Ｆ）は、銅製コールドヘッド（Ｃ）部への熱伝導性の向上を図るために熱伝導率の比較的大きなアルミニウム、金、銀等で形成すると温度勾配を小さくでき、効率的に銅製コールドヘッド（Ｃ）から被冷却物に冷熱を供給することが可能になる。
従来、熱伝導性と機械加工性の点から通常、銅が使用されていたが、本発明においては熱交換フィン（Ｆ）の重量の軽量化と素材の価格の低減化が可能な銅以外の材料を選択して使用することが実用的に可能になり、これらの中でもアルミニウム系材料が好適に使用できる。
熱交換フィン（Ｆ）を良熱伝導性のアルミニウム系材料で構成し、後述する大きな伝熱面積をもつ多数立設したフィン形状とすると、熱交換フィン（Ｆ）部全体を均一に冷却することができ、そのため、冷却媒体への冷熱の伝達効率を向上させることができる。
このようなアルミニウム系材料としては、特に限定されるものではないが純アルミニウム（ＪＩＳ呼称：１０５０、１０８０、１１００）の他、アルミニウム合金としては、加

工性、耐食性、熱伝導性の点からＡｌ-Ｍｎ合金（３０００系）、Ａｌ-Ｍｇ合金（５０００系）、Ａｌ-Ｍｇ-Ｓｉ（６０００系）等が好適に使用できる。

【００１５】

（ii）形状

熱交換フィン（Ｆ）は、銅製コールドヘッド（Ｃ）との接合面を有するフィン基部（Ｆ１）と、フィン基部（Ｆ１）に立設された吸熱用フィン部（Ｆ２）とから形成される。

吸熱用フィン部（Ｆ２）の形状としては、伝熱面積を大きくできる形状であれば特に制限されるものではないが、実用上、図１に示すようにフィン基部（Ｆ１）から多くの針状物が立設された形状である、剣山型が好ましい。剣山型の吸熱用フィン部（Ｆ２）は大きな伝熱面積を形成することができると共に、全体の外形形状をコンパクトに形成することができる。更に、吸熱用フィン部（Ｆ２）が冷却冷媒中に浸漬された状態（図示せず）では、冷却された冷媒が下降流となり冷媒中に対流を引き起こすので、剣山型の吸熱用フィン形状とすることによってより伝熱効率を向上させることができる。

【００１６】

（５）銅製コールドヘッド（Ｃ）と熱交換フィン（Ｆ）との接合

本発明の冷凍機用熱交換器における、銅製コールドヘッド（Ｃ）と熱交換フィン（Ｆ）との接合はフィン基部（Ｆ１）の銅メッキ層が形成された接合面と銅製コールドヘッド（Ｃ）とのはんだ付による接合であることを特徴とする。フィン基部（Ｆ１）の接合面の銅メッキは公知の電解めっき、無電解めっき、化学めっきにより行うことができる。

はんだ材としては、通常の銅用の汎用はんだを任意に選択して使用することができる、例えばＳｎ－Ｐｂ系（Ｓｎ／Ｐｂ質量比：６／４）はんだペーストを使用することが可能である。

【００１７】

上記フィン基部（Ｆ１）の銅メッキが施された接合面と銅製コールドヘッド（Ｃ）とのはんだ付は、例えば上記はんだを使用して電気炉内に、銅製コールドヘッド（Ｃ）と熱交換フィン（Ｆ）を挿入後、１２０～１５０℃程度に加熱してはんだ付けすることが可能である。

このように、フィン基部（Ｆ１）の接合面を銅メッキした後に１２０～１５０℃程度の通常の熱処理温度ではんだ付けを行うと、はんだが溶融して接合面を覆うように流動し、冷却後良好なはんだ付けによる接合が得られる。従って、接合面の外径が１００ｍｍφを超えると使用が不可能になる超音波はんだ付け等の特殊な装置を使用する必要がなく、また比較的大きな形状の熱交換フィン（Ｆ）も電気炉内で銅製コールドヘッド（Ｃ）に接合することが可能である。

【００１８】

このように、銅製コールドヘッド（Ｃ）は良熱伝導性の銅で構成され、かつ、銅製コールドヘッド（Ｃ）と熱交換フィン（Ｆ）との接合は、はんだ付けによるメタルタッチ接合であるので、銅製コールドヘッド（Ｃ）から熱交換フィン（Ｆ）へ効率的に熱伝達することができる。更に、伝熱面積の小さい銅製コールドヘッド（Ｃ）からフィン基部（Ｆ１）を介して冷熱を受けた伝熱面積の大きい吸熱用フィン部（Ｆ２）は被冷却体を効率よく冷却することが可能になる。

【００１９】

（６）冷凍機用熱交換器を用いた被冷却媒体の冷却

冷凍機用熱交換器を有する冷凍機を用いて、超電導体等を冷却するための液体ヘリウム、液体水素、液体ネオン、液体キセノン、液体アルゴン、液体酸素、液体空気、又は液体窒素からなる液化ガスの被冷却媒体を冷却する場合、本発明の銅製コールドヘッド（Ｃ）に熱交換フィン（Ｆ）が接合されている冷凍機用熱交換器を使用すると、銅製コールドヘッド（Ｃ）と熱交換フィン（Ｆ）との間の接触熱抵抗が小さいので、被冷却媒体を極めて効率よく冷却することが可能である。

【００２０】

〔２〕第２の態様における「液化ガスの冷却方法」

本発明の第２の態様における「液化ガスの冷却方法」は、ギフォード・マクマホン冷凍機（ＧＭ冷凍機）あるいはパルス管冷凍機を用いた浸漬冷却による、液体ヘリウム、液体水素、液体ネオン、液体キセノン、液体アルゴン、液体酸素、液体空気、又は液体窒素からなる液化ガス（Ｌ）の冷却方法であって、
該ＧＭ冷凍機あるいはパルス管冷凍機が銅製コールドヘッド（Ｃ）にアルミニウム又はアルミニウム合金製の熱交換フィン（Ｆ）が接合された熱交換器を有しており、
熱交換フィン（Ｆ）が銅製コールドヘッド（Ｃ）との接合面を有するフィン基部（Ｆ１）と、フィン基部（Ｆ１）に立設された剣山型の吸熱用フィン部（Ｆ２）とから形成され、かつ銅製コールドヘッド（Ｃ）と熱交換フィン（Ｆ）との接合がフィン基部（Ｆ１）の銅メッキ層が形成された接合面と銅製コールドヘッド（Ｃ）とのはんだ付接合であり、
該ＧＭ冷凍機あるいはパルス管冷凍機の熱交換フィン（Ｆ）部を冷却する液化ガス中に直接浸漬して、該液化ガスを冷却することを特徴とする。

【００２１】

（１）冷凍機

本発明の第２の態様において、冷却媒体をサブクール（過冷却）状態に冷却するのに、ＧＭ冷凍機あるいはパルス管冷凍機を好適に用いることができる。

ＧＭ冷凍機あるいはパルス管冷凍機で発生した極低温は、上述したように一般に、コールドヘッドを介して取出されるが、構造上コールドヘッドの伝熱面積の大きさが制限されるため銅製コールドヘッド（Ｃ）に接合された熱交換フィン（Ｆ）のフィン基部（Ｆ１）および吸熱用フィン部（Ｆ２）を直接液化ガス中に浸漬して、被冷却媒体を冷却するのに都合がよい。

【００２２】

（２）液化ガス（Ｌ）

被冷却媒体である液化ガス（Ｌ）は、液体ヘリウム、液体水素、液体ネオン、液体キセノン、液体窒素、液体空気、液体アルゴン、及び液体酸素のいずれも、冷媒は導体を超電導状態に維持するのに必要な温度に冷却できる流体で、使用目的によって液化ガスを選択する必要があり、サブクール状態とするのが有利であるが凝固温度以下とならないように冷却媒体の温度を制御する必要がある。上記の点から、冷却温度が６４～７７Ｋの範囲である場合には液体窒素が極めて有用であり、また、１～４Ｋ程度の冷却温度が必要とされる場合には液体ヘリウムが有用である。

【００２３】

ヘリウムの常圧下での沸点は約４．２Ｋ（－２６８．９℃）であり、凝固点が絶対零度に近いので、最も低温まで冷却可能な冷却媒体であるが、希少資源であるので高価である。ネオンは常圧下での沸点は約２７．３Ｋ（－２４５．９℃）と低いが、希少資源であるので高価である。

窒素は、常圧下での沸点は約７７．４Ｋ（－１９５．８℃）であり、約６３．３Ｋ（－２０９．９℃）で凝固する。液体窒素は、入手の容易性と取扱性、及び相対的に低価格である点から、一般に広く用いられている。

液体空気は常圧下での沸点が約７９Ｋ、凝固点が約５５Ｋである。沸点と凝固点の差が２４Ｋと比較的大きく、且つ低い凝固点を有しているので、冷却媒体として好適に使用できる。

尚、冷却媒体が混合液体であるので長期間の使用により、比揮発度の違いから徐々に冷却媒体中の酸素濃度が高くなる可能性があるので、設計上留意する必要がある。

アルゴンは、常圧下での沸点が約８７．４Ｋ（－１８５．８℃）で、凝固点は約８４．０Ｋ（－１８９．２℃）と比較的高い。沸点と凝固点の差が３．４Ｋと比較的小さい。大気中に窒素、酸素の次に存在するが窒素と酸素に比較すると高価であり、また沸点と凝固点の双方が窒素より高いので有用性はあまり高くない。

【００２４】

（３）銅製コールドヘッド（Ｃ）、熱交換フィン（Ｆ）

銅製コールドヘッド（Ｃ）と、熱交換フィン（Ｆ）は、第１の態様において記載したの

と同様である。

【００２５】

（４）断熱容器（Ｄ）

被冷却媒体である液化ガス（Ｌ）が納入される断熱容器（Ｄ）は、外周壁部および底壁部を真空断熱構造とするのが好ましい。液化ガス（Ｌ）はサブクールの状態にして、断熱容器（Ｄ）内は常圧の状態で使用するのが好ましい。また、冷却媒体をパイプ等を利用して外部循環させて被冷却体を冷却する場合には冷却媒体を断熱容器（Ｄ）の下部側から流入させて、相対する側の上部側から流出させるのが好ましい。

【００２６】

（５）冷却方法

断熱容器（Ｄ）上にＧＭ冷凍機あるいはパルス管冷凍機を配置して、その下方に熱交換フィン（Ｆ）が接合された銅製コールドヘッド（Ｃ）を配設して、該熱交換フィン（Ｆ）の吸熱用フィン部（Ｆ２）を液化ガス（Ｌ）中に浸漬して冷却を行う。吸熱用フィン部（Ｆ２）が液化ガス（Ｌ）中に浸漬された状態では、冷却された液化ガス（Ｌ）が下降流となり液化ガス（Ｌ）中に対流を引き起こすので、剣山型の吸熱用フィン形状とすることによってより伝熱効率を向上させることができる。

この場合、被冷却媒体である液化ガス（Ｌ）をサブクールの状態にして冷却を行えば、蒸発による液化ガス（Ｌ）の損失を抑制することができる。

【実施例】

【００２７】

以下に本発明を実施例により具体的に説明する。尚、本発明はこれらの実施例に何ら限定されるものではない。

［実施例１、比較例１］

（１）実施例１、比較例１に使用したＧＭ冷凍機、及び冷凍機用熱交換器

実施例１、比較例１に使用したＧＭ冷凍機、及び冷凍機用熱交換器を、図１の一部断面正面図を用いて説明する。

（ｉ）冷凍機

冷凍機として、ヘリウムガスの断熱的膨張により低温を発生するＧＭ冷凍機１を使用した。

（ii）銅製コールドヘッド

外径１０５ｍｍφ、円筒形軸方向の長さ６０ｍｍである外形形状が円筒形状の銅製コールドヘッド２を使用した。

（iii）熱交換フィン

フィン基部３と吸熱用フィン部４からなるアルミニウム製（Ａ１０５０）の熱交換フィン５を使用した。

フィン基部の外径は１６０ｍｍφ、円筒形軸方向の長さ２０ｍｍである。又、フィン基部において銅製コールドヘッドと接合する面には、はんだ付け加工を容易にするために該銅製コールドヘッドが嵌合可能に１０６ｍｍφ、深さ２ｍｍの溝を設けてある。

尚、実施例１、比較例１ともに吸熱用フィン部４は、前記フィン基部に平均外径４ｍｍ、長さ５０ｍｍの柱状体が６３０本、立設された剣山構造のものである。

【００２８】

（iv）銅製コールドヘッドと熱交換フィンの接合

（iv－１）実施例１における接合

実施例１において、フィン基部３の接合面は、先ず公知の電解めっき法により銅メッキを行った。次にＳｎ－Ｐｂ系はんだペーストを使用して電気炉内にて、銅製コールドヘッドとフィン基部接合面とのはんだ付け（図１中の６）を行なった。

（iv－２）比較例１における接合

一方、比較例１においては、銅製コールドヘッドの底部にＰ．Ｃ．Ｄ．（ボルト穴のピッチ円の直径）７０ｍｍφの位置でセンター振り分け４方向（銅製コールドヘッドの中心点から９０度ずつずらした方向）に、Ｍ６－深さ２０ｍｍの雌ねじを形成し、その雌ねじに

対応するフィン基部４箇所にφ７のボルト差し込み孔を設けておき、接合面の全面にインジウムシートを挟んで、吸熱用フィン部側からＭ６の六角穴付きボルトを用いてトルク１７Ｎ・ｍで銅製コールドヘッドとフィン基部をボルト締めで固定した。尚、吸熱用フィン部のボルト頭部があたる部分については締め付けの邪魔にならないようにフィンを１２本取り除いた（図示せず）。

（ｖ）温度測定箇所

銅製コールドヘッドの長さ方向の中間位置で、かつ横断面中心点の相対する外表面の２箇所１１に熱電対による温度測定箇所を設けた。

熱交換フィンにおいても同様に長さ方向の中間位置で、かつ横断面中心点の相対する外表面の２箇所１２（銅製コールドヘッドの温度測定箇所とそれぞれ同じ方向）に熱電対による温度測定箇所を設けた。尚、測定箇所には深さ３ｍｍの孔を設けてその中に熱電対の先端を固定した。

【００２９】

（２）実験方法

（ｉ）実験装置

実施例１、及び比較例１において、図１の一部断面正面図に示すように、ＧＭ冷凍機１の下方に、熱交換フィン５が接合されている銅製コールドヘッド２が配設されている、冷凍機を使用した。

該銅製コールドヘッド２と、フィン基部３と、該フィン基部に立設された吸熱用フィン部４とから形成されている熱交換フィン部５を１００リットル（ｌ）の液体窒素中に浸漬した。尚、該液体窒素は、真空断熱構造の浸漬槽（サーモカット）中に納入されている。

（ii）銅製コールドヘッドと熱交換フィン部間の熱伝導性の評価

前記液体窒素中に、コイルを挿入して０～１２０Ｗの熱負荷を与えたときに、それぞれのコールドヘッドの温度測定箇所１１と、フィン基部の温度測定箇所１２の温度差（△Ｔ）を測定して、熱伝導性の評価を行った。

尚、コールドヘッド温度測定箇所の温度は、６４Ｋに維持されるようにＧＭ冷凍機の冷凍能力を制御した。

【００３０】

（３）結果

上記コイルの熱負荷量に対する、温度差（△Ｔ）の測定結果を表１、及び図２、図３に示す。

上記測定結果から、コイルによる１２０Ｗの熱負荷を与えた際に、温度差（△Ｔ）は従来技術の比較例１では５Ｋであったのに対し、本発明の実施例１においては２Ｋに減少した。

上記結果から、本発明の銅製コールドヘッドと熱交換フィンとのはんだ付けによるメタルタッチの場合の熱伝導は良好に行なわれていることが確認された。

【００３１】

【表１】

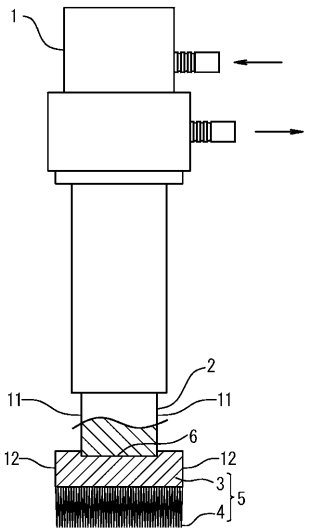
		温度差(K)	
		実施例1	比較例1
熱負荷量(W)	0	0.4	0.8
	30	1.0	2.2
	60	1.5	3.3
	80	1.8	—
	100	2.0	4.5
	120	2.2	4.9

【図面の簡単な説明】

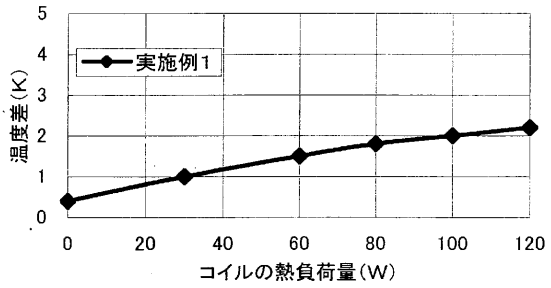
【００３２】

【図１】実施例１、及び比較例１で使用した冷凍機用熱交換器の一部断面正面図である。
【図２】実施例１における、コイルの熱負荷量（Ｗ）に対する温度差（△Ｔ）の測定結果を示すグラフである。
【図３】比較例１における、コイルの熱負荷量（Ｗ）に対する温度差（△Ｔ）の測定結果を示すグラフである。
【符号の説明】
【００３３】
１　ＧＭ冷凍機
２　銅製コールドヘッド
３　フィン基部
４　吸熱用フィン部
５　熱交換フィン
１１　銅製コールドヘッド温度測定箇所
１２　フィン基部温度測定箇所

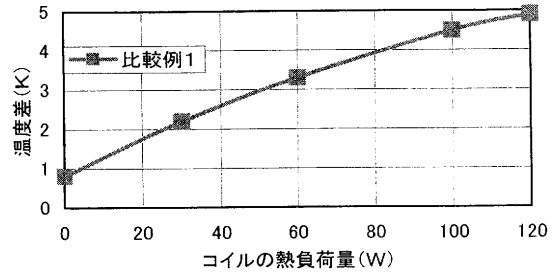
【図１】



【図２】



【図３】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０８－１８１２５９（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－２５７２１０（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－２８３５７８（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－３２４８８０（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－０５５００３（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２００４／０５５４５２（WO，Ａ１）
特開２００６－１０５５１３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｆ２５Ｂ　　９／００
Ｆ２５Ｂ　　９／１４