

(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2005-291599

(P2005-291599A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int. Cl.⁷F28D 15/02
H01L 23/427

F I

F28D 15/02 103B
F28D 15/02 L
F28D 15/02 101A
H01L 23/46 B

テーマコード (参考)

5F036

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2004-105696 (P2004-105696)

(22) 出願日 平成16年3月31日(2004.3.31)

(71) 出願人 504136753

株式会社コベルコ マテリアル銅管
東京都新宿区西新宿2丁目6番1号

(72) 発明者 岩本 秀樹

神奈川県秦野市平沢65番地

株式会社神戸製鋼所

(72) 発明者 小関 清憲

神奈川県秦野市平沢65番地

株式会社神戸製鋼所

(72) 発明者 池田 亨

神奈川県秦野市平沢65番地

株式会社神戸製鋼所

秦野工場内

Fターム(参考) 5F036 AA01 BB54 BB60

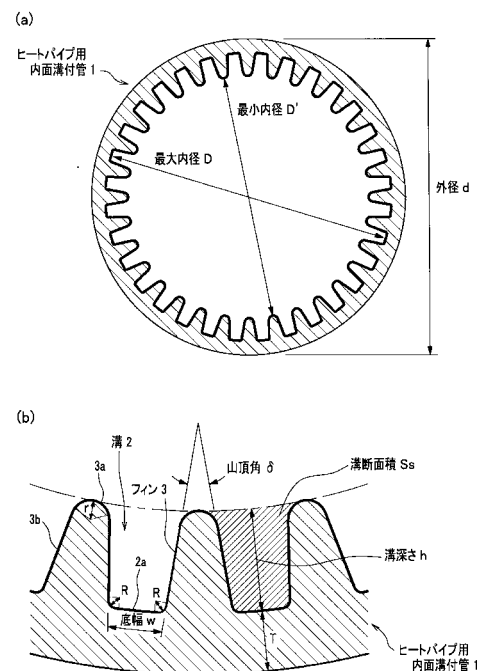
(54) 【発明の名称】 ヒートパイプ用内面溝付管およびヒートパイプ

(57) 【要約】

【課題】 ヒートパイプ用内面溝付管の溝形状の最適化を図ることで、冷却性能、すなわち、熱伝達率や最大熱輸送量を向上させたヒートパイプ用内面溝付管およびヒートパイプを提供する。

【解決手段】 本発明は、内周面に溝が多数形成されている金属管内に、作動液を封入してなるヒートパイプに使用されるヒートパイプ用内面溝付管であって、前記内面溝付管内の溝総断面積と前記内面溝付管の流路断面積の比が、 0.13 以上 0.16 以下であり、かつ、前記溝の底幅と前記内面溝付管の最大内径の比が、 0.02 以上 0.05 以下であることを特徴とする。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内周面に溝が多数形成されている金属管内に、作動液を封入してなるヒートパイプに使用されるヒートパイプ用内面溝付管であって、

前記内面溝付管内の溝総断面積と前記内面溝付管の流路断面積の比が、 0.13 以上 0.16 以下であり、かつ、

前記溝の底幅と前記内面溝付管の最大内径の比が、 0.02 以上 0.05 以下であることを特徴とするヒートパイプ用内面溝付管。

【請求項 2】

前記溝の間に形成されるフィンの山頂角 δ が、 10° 以上 30° 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載のヒートパイプ用内面溝付管。 10

【請求項 3】

前記溝のリード角 θ が、内面溝付管の軸線に対して 0° 以上 30° 以下であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のヒートパイプ用内面溝付管。

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載のヒートパイプ用内面溝付管を用いて、当該内面溝付管内部に作動液を減圧封入したことを特徴とするヒートパイプ。

【発明の詳細な説明】 20

【技術分野】

【0001】

本発明は、ヒートパイプ用内面溝付管およびヒートパイプに係り、特に、電子機器の CPU（中央演算装置）冷却用として使用されるヒートパイプ用内面溝付管およびヒートパイプに関する。

【背景技術】

【0002】

近年の電子機器は、パーソナルコンピュータ、特にノート型のパーソナルコンピュータ（以下、ノート型パソコンと称する。）に代表されるように CPU の高性能化に伴い、CPU の発熱量が増大している。CPU は、発熱によって高温になると演算処理能力が低下するなどの不具合が出るため、これを冷却するための冷却装置を備えている。 30

【0003】

なお、ノート型パソコンに備えられる冷却装置は、設置スペースとの関係から、できるだけ小型化することが望まれており、図 7 に例示するような構成の冷却装置 100 が広く用いられている。

かかる冷却装置 100 は、主にヒートパイプ 101 と、放熱板 103 と、小型ファン 102 とから構成されている。当該ヒートパイプ 101 は、微細な溝が形成されたパイプの内部に一定量の作動液を減圧封入したものであって、一端を CPU 104 などの発熱体に接触させてその熱を吸収し、他端を小型ファン 102 等によって冷却することで吸収した熱を発散している。 40

【0004】

すなわち、図 5 に示すように、ヒートパイプの発熱体との接触部分（加熱部（蒸発部 12））においてパイプの内部に封入された作動液が加熱されて気化し、蒸気となることで発熱体の熱を吸収する。そして、気化した作動液はヒートパイプの他端の放熱する部分（放熱部（凝縮部 11））で冷却されて凝縮し、再び作動液となる。凝縮部 11 で液体に戻った作動液は、ヒートパイプ内に形成された溝による毛細管力によって蒸発部 12 に還流する。このように、ヒートパイプは、密閉されたパイプ内で作動液の蒸発と凝縮を繰り返し、これが還流することで蒸発部 12 から凝縮部 11 への連続的な熱輸送を行うことができるものである。

【0005】 50

今後、CPU等をさらに高性能とするためにも、より冷却性能の優れたヒートパイプの開発が切望されている。なお、冷却性能は、熱伝達率や最大熱輸送量を指標として表すことができる。熱伝達率とは、いかに早く熱を蒸発部12から凝縮部11に伝えられるかを表すものであり、最大熱輸送量とは、蒸発部12の温度が上昇したときに何ワット(W)までの熱量を伝えられるかを表す指標である。

【0006】

かかる要望のもと、例えば、特許文献1には、高い熱輸送効率(本願でいうところの熱伝達率に相当)を実現するとともに、製造が容易であり、したがって、低コストで製造し得るヒートパイプが提案されており、作動液の濡れ性に着目し、そのヒートパイプの内周面に深さ10~100 μ mの溝および突条を複数形成する旨や、複数の溝を平行に設けてさらに螺旋状に形成することが望ましい旨が記載されている。 10

【0007】

また、例えば、特許文献2には、熱伝達率および限界熱輸送量(本願でいうところの最大熱輸送量に相当)の向上を図ることができるヒートパイプが提案されており、断面形状がほぼ円形で金属製のコンテナの内面に、当該コンテナの軸線に対して5~50°のリード角 θ を有する多数の平行な溝を形成し、この溝の溝深さは0.2mm以上であって、当該溝深さと各溝の底部が形成する当該コンテナの内径との比が0.020~0.080とする旨、および、各溝間に形成される各突条の根元方向部分の側面に、末広がり状の緩斜面を形成する旨が記載されている。

【特許文献1】特開平8-14785号公報(段落0017、図1) 20

【特許文献2】特開2003-222480号公報(段落0008~0015、段落0021および段落0026、図1および図2)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかし、特許文献1に記載されているヒートパイプでは、溝深さが浅いために毛細管力が小さくなり熱伝達率や最大熱輸送量が低いという問題があった。

【0009】

また、特許文献2に記載されているヒートパイプでは、特許文献1に記載されるヒートパイプに比べて溝深さを深くして蒸発部および凝縮部の液膜厚さを厚くすることで最大熱輸送量の向上を図っているものの、当該特許文献2に記載の試験例-1や試験例-2に記載されているように山頂角 β が40°と大きいために突条の壁部に働く毛細管力が弱くなる。したがって、毛細管力が弱くなると、凝縮部で凝集した作動液の蒸発部への戻りが遅くなり、結果的に熱伝達率が向上し難いという問題があった。 30

【0010】

本発明は前記課題に鑑みてなされたものであり、ヒートパイプ用内面溝付管の溝形状の最適化を図ることで、冷却性能、すなわち、熱伝達率や最大熱輸送量を向上させたヒートパイプ用内面溝付管およびヒートパイプ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】

【0011】 40

本発明者は前記課題を解決するため鋭意研究した結果、溝の幅を狭くし、かつ、フィン壁部の角度を垂直に近付ける程、当該フィン壁部と作動液との間で形成される作動液のメニスカスが良好な形状を呈し、また、これらの間に働く毛細管力が強くなることに気が付いた。そして、内面溝付管内の溝の総断面積と内面溝付管の流路断面積との比率や溝の底幅を最適化することで前記課題を解決できることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0012】

前記課題を解決した請求項1に記載の発明は、内周面に溝が多数形成されている金属管内に、作動液を封入してなるヒートパイプに使用されるヒートパイプ用内面溝付管であって、前記内面溝付管内の溝総断面積と前記内面溝付管の流路断面積の比が、0.13以上0.16以下であり、かつ、前記溝の底幅と前記内面溝付管の最大内径の比が、0.02 50

以上 0.05 以下であるヒートパイプ用内面溝付管として構成した。

このように、内面溝付管内の溝総断面積と前記内面溝付管の流路断面積の比、および、溝の底幅と前記内面溝付管の最大内径の比を適切な範囲に規定することで、溝と溝の間に凝縮した作動液に対して高い毛細管力を作用させることができ、冷却性能を向上することができる。

【0013】

また、請求項 2 に記載の発明は、前記溝の間に形成されるフィンの山頂角 δ が、 10° 以上 30° 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載のヒートパイプ用内面溝付管である。

このように、フィンの山頂角 δ を適切な範囲に規定して溝の斜面を内面溝付管の内周面に対してできるだけ垂直に形成することで、溝と作動液に作用する毛細管力をより高いものとすることができ、冷却性能を向上することができる。

【0014】

さらに、請求項 3 に記載の発明は、前記溝を形成するリード角 θ が、内面溝付管の軸線に対して 0° 以上 30° 以下であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のヒートパイプ用内面溝付管である。

このように、リード角 θ を適切な範囲に規定することでヒートパイプの凝縮部と蒸発部との間の距離を短くすることができる。したがって、凝縮部から蒸発部への作動液の戻りを早めることができ、冷却性能を向上することができる。なお、リード角 θ が 0° とは、そのリード角が軸線方向に対して平行であることを示している。

【0015】

また、請求項 4 に記載の発明は、請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載のヒートパイプ用内面溝付管を用いて、当該内面溝付管内部に作動液を減圧封入したことを特徴とするヒートパイプである。

このように、請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載のヒートパイプ用内面溝付管を用いてヒートパイプを作製するので、冷却性能に優れたヒートパイプとすることができる。

【発明の効果】

【0016】

請求項 1 から請求項 3 に記載の発明によれば、冷却性能、すなわち、熱伝達率や最大熱輸送量を向上させたヒートパイプ用内面溝付管を具現することができる。

請求項 4 に記載の発明によれば、冷却性能、すなわち、熱伝達率や最大熱輸送量に優れたヒートパイプを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、適宜図面を参照して本発明に係るヒートパイプ用内面溝付管およびヒートパイプを実施するための最良の形態について具体的に説明する。

参照する図面において図 1 は、ヒートパイプ用内面溝付管の管軸方向における断面説明図、図 2 (a) は、図 1 の A - A 線における断面図、(b) は、(a) の要部拡大断面図である。なお、以下の説明において「縦」とは管の軸線方向をいい、「横」とは管の軸線方向に対する垂直方向をいう。図 3 は、ヒートパイプ用内面溝付管の流路断面積 S_r について説明するための断面図である。

また、図 4 (a) は、溝に形成される作動液のメニスカスの形成状況を示す説明図であり、(b) は、(a) の要部拡大図である。

【0018】

(ヒートパイプ用内面溝付管)

本発明に係るヒートパイプ用内面溝付管 1 は、図 2 (a) に示すように、その横断面が略円形となるよう構成されている。そして、ヒートパイプ用内面溝付管 1 の内周面には、縦方向に沿って伸びる複数の溝 2 と、当該溝 2 と溝 2 との間に形成される複数のフィン 3 が形成されている (図 1 参照)。ここで、各溝 2 は、図 2 (b) に示すように、フィン 3

10

20

30

40

50

の稜線やフィン 3 の根元はやや丸みを帯びるように形成するのが好ましい。溝 2 の成形性を良好にするためである。

また、フィン 3 は、フィン山頂曲線部 3 a と、これに滑らかにつながるフィン壁部 3 b と、各フィン壁部 3 b 同士をつなぐ溝底部 2 a とから構成される。なお、溝底部 2 a は直線部と任意のフィン根元半径 R で滑らかに連続したものであって、直線部なしに任意のフィン根元半径 R 同士が滑らかに連続したものでよい。

【0019】

そして、溝底部 2 a の幅、すなわち、溝の底幅 w は、内面溝付管の最大内径 D の 0.02 倍以上 0.05 倍以下となるように設定するのが好ましい。すなわち、 $0.02 \leq w/D \leq 0.05$ (溝の底幅 w / 最大内径 D) となるように設定するのが好ましい。溝の底幅 w が最大内径 D の 0.02 倍未満であると、溝の底幅 w が狭過ぎるために溝 2 を形成するための工具に欠損等が生じ、ヒートパイプ用内面溝付管 1 を量産することができない。一方、溝の底幅 w が最大内径 D の 0.05 倍より大きいと、フィン 3 と作動液 4 (図 4 参照) の間に働く毛細管力 ΔP が弱くなり、冷却性能が低下する。なお、毛細管力 ΔP は、図 4 (a)、(b) に示すように、 $\Delta P = (2\sigma \cdot \cos \alpha) / w$ で求めることができる。 ΔP の式において、 σ は表面張力、w は溝の底幅、 α はメニスカスの角度を表す。

【0020】

また、溝 2 の溝断面積 S_s の総和 (以下、「溝総断面積 S_m 」という。) は、溝深さ h (=フィン高さ)、フィン先端半径 r、フィン根元半径 R、山頂角 δ 、溝数 n から求めることができる。また、流路断面積 S_r は、最小内径 D' と溝総断面積 S_m から求めることができる (図 3 参照)。すなわち、 $S_r = S_m + (2\pi (D'/2)^2)$ で求めることができる。

そして、ヒートパイプ用内面溝付管 1 においては、溝総断面積 S_m と流路断面積 S_r の比を 0.13 以上 0.16 以下とするのが好ましい。溝総断面積 S_m と流路断面積 S_r の比を適切な範囲に制御することで、作動液 4 の毛細管力を向上させることができる。毛細管力が向上すると、熱伝達率および最大熱輸送量、すなわち、冷却性能の向上を図ることができる。当該比が 0.13 未満であると溝 2 の相対量が不足し、ヒートパイプ 10 (図 7 のノート型パソコンの模式図におけるヒートパイプ 101 に相当) とした際に冷却性能が低下する。一方、当該比が 0.16 より大きいと成形する溝 2 の数が多くなり過ぎて、溝 2 の成形性の悪化や工具の欠損等が生じ易いためにヒートパイプ用内面溝付管 1 の製造が困難となる。

【0021】

そして、当該溝 2 は図 1 に示すように、縦方向 (管軸方向) に対するリード角 θ を 0° 以上 30° 以下、好ましくは 0° 以上 10° 以下、より好ましくは 0° 以上 5° 以下となるように連続的に形成するのが好ましい。リード角 θ を低い角度で形成することで縦方向に平行に近くなるように溝 2 が形成されるため、ヒートパイプ 10 を作製したときの凝縮部 11 (図 5 参照) から蒸発部 12 への距離を短くすることができる結果、凝縮した作動液の戻りを早くすることが可能となり、冷却性能を向上することができる。

【0022】

フィン 3 は、図 2 (b) に示すように、山頂角 δ が 10° 以上 30° 以下となるように形成するのが好ましい。山頂角 δ は、フィン壁部 3 b の角度を規定するものであり、当該フィン壁部 3 b が垂直に近い程フィン壁部 3 b と作動液 4 との間に作用する毛細管力が高くなる。これは、図 4 に示すように、フィン壁部 3 b と作動液 4 で形成されるメニスカスを観察することでも容易に確認することができる。したがって、山頂角 δ が 30° より大きくなると作動液 4 に働く毛細管力が小さくなり (メニスカスを形成する角度 α が小さくなる)、冷却性能が低下する。一方、山頂角 δ が 10° 未満であると溝 2 の成形性が悪化して量産が困難となる。

【0023】

ヒートパイプ用内面溝付管 1 は、銅および銅合金、中でも無酸素銅、低リン脱酸銅、リン脱酸銅を好適に用いることができる。具体的には、無酸素銅 JIS H3300 C1

10

20

30

40

50

020を好適に用いることができる。また、これらの銅や銅合金を軟質材あるいは硬質材に調質して用いるのがさらに好ましい。さらに、伝熱性の良い金属として、銅の他にもアルミニウムなども好適に用いることができる。

【0024】

そして、ヒートパイプ用内面溝付管1を作製するための、転造前の素材銅管の寸法としては、その外径がφ8mm～φ13mmのものを用いると好適である。素材銅管の外径がφ8mm未満であると、ヒートパイプ用内面溝付管1を作製した場合に形成される溝2が小さくなるために、溝加工の際に工具が欠損するなどの理由で量産が困難となる。また、素材銅管の外径がφ13mmを超えると、ヒートパイプ用内面溝付管1を作製した場合において、省スペース化を目的としたヒートパイプ10とすることができない。

10

また、ヒートパイプ用内面溝付管1を作製するための、転造前の素材銅管の底肉厚は、0.25mm～0.6mmとするのが好ましい。素材銅管の底肉厚が0.25mm以下であると、その肉厚が薄いために、ヒートパイプ用内面溝付管1を作製した場合に形成される溝2の加工が困難となり、素材銅管の底肉厚が0.6mmを超えると、ヒートパイプ用内面溝付管1を作製した場合における溝加工性の効率が悪くなるとともに、冷却性能が悪くなる。

【0025】

(ヒートパイプ)

次に、ヒートパイプ用内面溝付管1の作製方法と、それを用いたヒートパイプ10の作製方法について説明する。

20

ヒートパイプ用内面溝付管1の内周面の溝2は、例えば、転造加工法により形成することができる。具体的には、溝2やフィン3に対応した微細溝加工が施された図示しない溝付プラグを、所定の径の金属管(銅管)の内側に挿入する。当該銅管の外側を遊星回転するスチールボールで圧下しながら抽伸加工することで銅管の内周面に連続的に溝加工を行う。ボール圧下により回転することにより、溝付プラグが回転し、所定のリード角θをもってヒートパイプ用内面溝付管1を作製することが可能である。

なお、ヒートパイプ用内面溝付管1の内周面の溝2は転造加工法に限定されず、例えば圧延加工法によっても行うことができる。

【0026】

そして、このようにして作製されたヒートパイプ用内面溝付管1を所定の長さに切断後、その一端をTIG溶接により封止する。片側が封止されたヒートパイプ用内面溝付管1に所定量の作動液4(純水)を注入後、ヒートパイプ内を真空引きし、減圧状態に保持したままで、他端をTIG溶接によって封止する事で、当該ヒートパイプ用内面溝付管1の内部を真空に近い状態としたヒートパイプ10(コンテナとも称される)を作製することができる。なお、作動液4の注入量は、熱伝達率や最大熱輸送量を勘案すると、蒸発部12の内容積の20～35%程度とするのが好ましいがこれに限定されるものではない。

30

【0027】

このようにして作製されたヒートパイプ10は、図7に例示するように、ノート型パソコンの冷却装置100に好適に用いることができる。したがって、その一端はCPU104などの発熱体と当接してかかる部分の熱を吸熱し、他の他端は放熱部として小型の送風ファン102などによって冷却される。また、本発明の一実施形態として挙げたヒートパイプ10は、その他の電子機器、例えば、デスクトップ型パソコンや各種の家電製品等にも好適に用いることができる。

40

【実施例】

【0028】

次に、本発明で規定する条件を全て満たす発明例について、本発明で規定する条件のうちのいずれかを満たさない比較例と対比して具体的に検討する。

【0029】

発明例1から発明例3および比較例1のヒートパイプ用内面溝付管を長さ300mm強に切断し、その一端をTIG溶接によって封止した。そして、ヒートパイプの蒸発部とな

50

る部分の30%の容積分の純水を注入し、封止した一端側を加熱装置で急激に加熱して純水を突沸させた。突沸した瞬間に開口している他の他端をTIG溶接により封止してヒートパイプを作製した。

【0030】

そして、作製した発明例1から発明例3および比較例1のヒートパイプを図6に示すヒートパイプ性能評価装置にセットして熱伝達率および最大熱輸送量を測定した。

ここで、ヒートパイプ性能評価装置には、加熱部と、放熱部と、断熱部とが備えられている。

加熱部は、ヒートパイプの蒸発部を加熱するためのものであり、電源と、変圧器と、電力計と、ヒートパイプの蒸発部を加熱するシースヒータが備えられている。この変圧器によりシースヒータへの電力の供給を段階的に増加させることができる。

放熱部は、循環する冷却水によってヒートパイプの凝縮部を冷却するためのものであり、当該放熱部と、冷凍機とポンプとを内蔵した水槽と、流量計とを経由して冷却水が循環している。なお、この冷却水は常時、ヒートパイプの評価装置の断熱部側から放熱部の端部側に向かって流れるように設定されている。

断熱部は、加熱部と放熱部との間に一定温度(50)を保つことで、加熱部と放熱部との間で直接的な熱交換が起こらないようにしている。

【0031】

これらヒートパイプ性能評価装置の加熱部、断熱部および放熱部には、それぞれ複数の熱電対が接続されており、これら熱電対によって測定される各部の管壁温度平均値および伝熱面積を用いて熱伝達率を算出している。また、ヒートパイプがドライアウトする直前のヒーター入力値を最大熱輸送量としている。

ここで、熱伝達率は、熱輸送量 Q (W) = 伝熱面積 A (m^2) × 熱伝達率 h (W/ m^2 K) × 温度差 ΔT (K)の式を適用して求めることができる。

熱抵抗値 R は、加熱部の温度 T_E [K]と放熱部の温度 T_C [K]との温度差を熱源の熱量 Q [W]で除した値で求めることができる。すなわち、 $HR = (T_E - T_C) / Q$ で求めることができる。なお、熱抵抗 R の逆数が熱伝達率となる。また、最大熱輸送量 Q_{max} [W]は、ヒートパイプの蒸発部がドライアウトする直前の熱量 Q [W]を測定することで求めることができる。

【0032】

< 実施例1 >

実施例1では、発明例1から発明例3と比較例1について、本発明で規定する条件のうち、溝総断面積 S_m と流路断面積 S_r の比(表1中では「 S_m / S_r 比」と表示)、溝の底幅と最大内径の比、および、山頂角 δ の条件を変更して検討している。

実施例1の検討条件としては発明例1から発明例3および比較例1ともに、使用するヒートパイプ用内面溝付管として、無酸素銅(JISH3300に規定される合金番号C1020)を使用した。また、ヒートパイプ用内面溝付管の外径は $\phi 6$ mm、管の底肉厚は0.30mm、最大内径は5.4mm、リード角 θ は 0° とした。なお、溝数は発明例1が50個、発明例2、発明例3および比較例1は45個とした。

かかる条件下で発明例1から発明例3および比較例1の熱伝達率および最大熱輸送量を検討した。結果を表2に示す。なお、表2に示す熱伝達率および最大熱輸送量は、比較例1を100とした場合の相対値で表している。

【0033】

【表 1】

	溝数	溝深さ [mm]	山頂角 δ [°]	溝部総 断面積 Sm [mm ²]	流路 断面積 Sr [mm ²]	Sm/Sr 比	溝の 底幅 [mm]	最大 内径 [mm]	溝の底幅／ 最大内径
発明例 1	50	0.30	15	3.190	20.932	0.152	0.190	5.4	0.035
発明例 2	45	0.28	15	3.180	21.301	0.149	0.233	5.4	0.043
発明例 3	45	0.25	15	2.910	21.564	0.135	0.241	5.4	0.045
比較例 1	45	0.30	50	2.265	20.237	0.112	0.051	5.4	0.009

10

【0034】

【表 2】

	熱伝達率	最大熱 輸送量
発明例 1	125	130
発明例 2	118	128
発明例 3	112	118
比較例 1	100	100

20

【0035】

表 1 に示すように、発明例 1 から発明例 3 は、本発明で規定する条件を全て満たしている。本発明で規定する条件を満たしていない比較例 1 と比較して熱伝達率および最大熱輸送量ともに優れた成績であった。例えば、表 2 に示す発明例 1 の熱伝達率は比較例 1 より 25% も向上し、最大熱輸送量は比較例 1 より 30% も向上していた。

なお、同じ発明例であっても発明例 1 と発明例 3 とでは、溝総断面積と流路断面積の比、および、溝の底幅と最大内径の比が異なっているために熱伝達率および最大熱輸送量について差が生じていた。

30

また、比較例 1 は、溝総断面積と流路断面積の比、および、溝の底幅と最大内径の比が本発明の条件を満たさない他、山頂角 δ が発明例 1 から発明例 3 よりも大きいため、発明例 1 から発明例 3 と比較して熱伝達率や最大熱輸送量が著しく低かった。

これら発明例 1 から発明例 3 のうち、最も冷却性能に優れていた発明例 1 を対象に、さらに以下の検討を行った。

【0036】

< 実施例 2 >

実施例 2 では、溝総断面積と流路断面積の比、溝の底幅と最大内径の比、溝数、溝深さ、および山頂角 δ の各条件を前記の発明例 1 と同一とし、リード角 θ を種々変更した発明例 4 ~ 発明例 6、および、比較例 2 のヒートパイプを作製した。これら発明例 4 ~ 発明例 6、および、比較例 2 を用いてリード角 θ による熱伝達率および最大熱輸送量の検討を行った。リード角 θ の条件としては、表 3 に示すとおりである。すなわち、発明例 1 のリード角 θ は 0°、発明例 4 のリード角 θ は 10°、発明例 5 のリード角 θ は 20°、発明例 6 のリード角 θ は 30° であり、比較例 2 のリード角 θ は 40° とした。結果を表 4 に示す。なお、表 4 に示す熱伝達率および最大熱輸送量は、比較例 3 を 100 とした場合の相対値で表している。

40

【0037】

【表 3】

	リード角 θ [°]
発明例1	0
発明例4	10
発明例5	20
発明例6	30
比較例2	40

10

【0038】

【表 4】

	熱伝達率	最大熱 輸送量
発明例1	120	109
発明例4	114	106
発明例5	111	103
発明例6	108	101
比較例2	100	100

20

【0039】

表 4 に示すように、発明例 1、発明例 4 から発明例 6 は、本発明で規定するリード角 θ を満たしていたので、比較例 2 と比較して熱伝達率および最大熱輸送量ともに優れた成績であった。例えば、発明例 1 の熱伝達率は比較例 3 より 20 % も向上し、最大熱輸送量は比較例 2 より 9 % 向上していた。

【0040】

30

前記で説明した実施例 1 および実施例 2 の結果から、溝総断面積と流路断面積の比はなるべく大きい値とし、溝の底幅と最大内径の比はなるべく小さい値とし、リード角 θ および山頂角 δ はなるべく小さい値とした方が良いことが分かった。

【0041】

以上、本発明のヒートパイプ用内面溝付管およびヒートパイプに係る実施の形態や実施例について詳細に説明したが、本発明はこれに限定されることなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更することができる。

例えば、ヒートパイプ内面溝付管およびヒートパイプの横断面が楕円形や矩形を呈することとしてもよく、また、作動液をハイドロフルオロカーボンなどのフロン系冷媒を用いることとしてもよい。

40

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図 1】本発明に係るヒートパイプ用内面溝付管の管軸方向における断面説明図である。

【図 2】(a) は、図 1 の A - A 線における断面図であり、(b) は、(a) の要部拡大断面図である。

【図 3】本発明に係るヒートパイプ用内面溝付管の流路断面積を説明するための断面図である。

【図 4】(a) は、本発明に係るヒートパイプ用内面溝付管の溝に形成される作動液のメニスカスの形成状況を示す説明図であり、(b) は、(a) の要部拡大図である。

【図 5】本発明に係るヒートパイプ内部の作用を説明するための説明図である。

50

【図 6】本発明に係るヒートパイプ性能評価装置を説明する説明図である。

【図 7】ヒートパイプの使用形態の一例を示す模式図である。

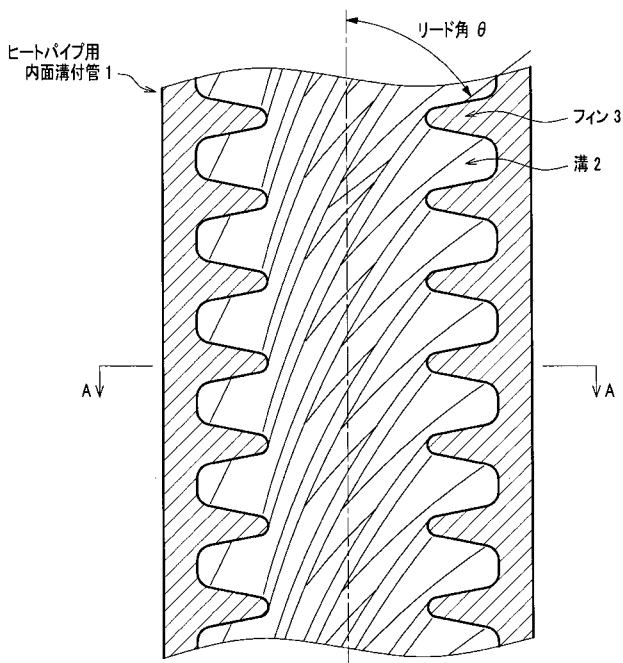
【符号の説明】

【 0 0 4 3 】

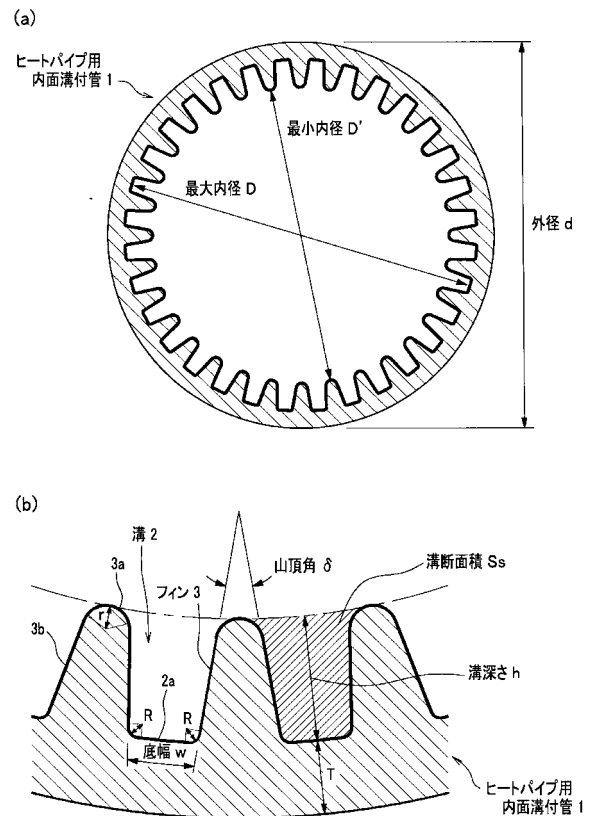
- 1 ヒートパイプ用内面溝付管
- 2 溝
- 3 フィン
- 4 作動液
- 1 0 ヒートパイプ
- 1 1 凝縮部
- 1 2 蒸発部
- S m 溝総断面積
- S r 流路断面積
- w 底幅

10

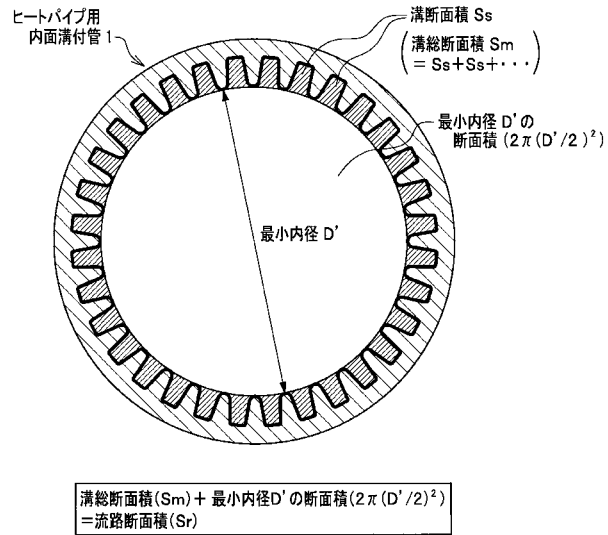
【図 1】



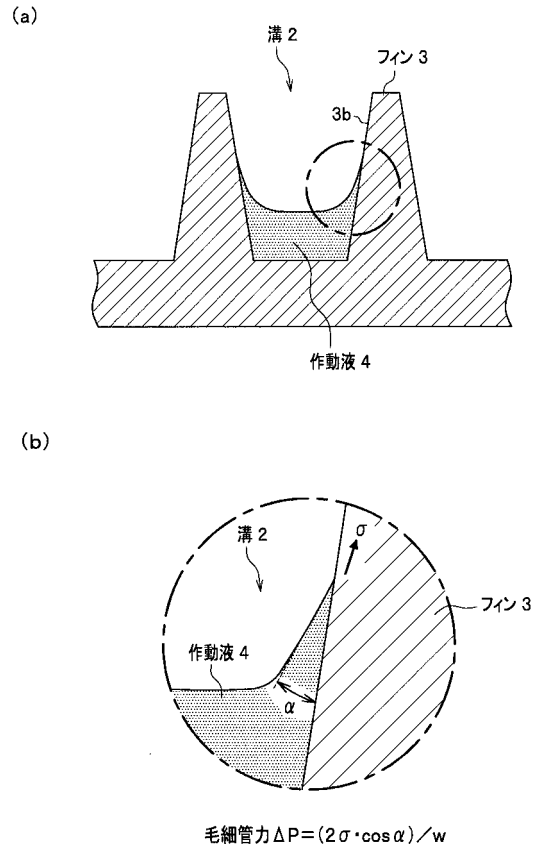
【図 2】



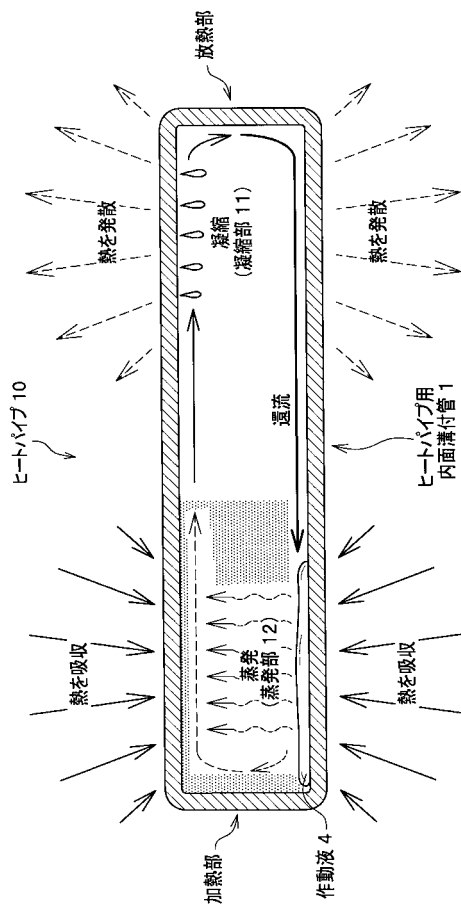
【図 3】



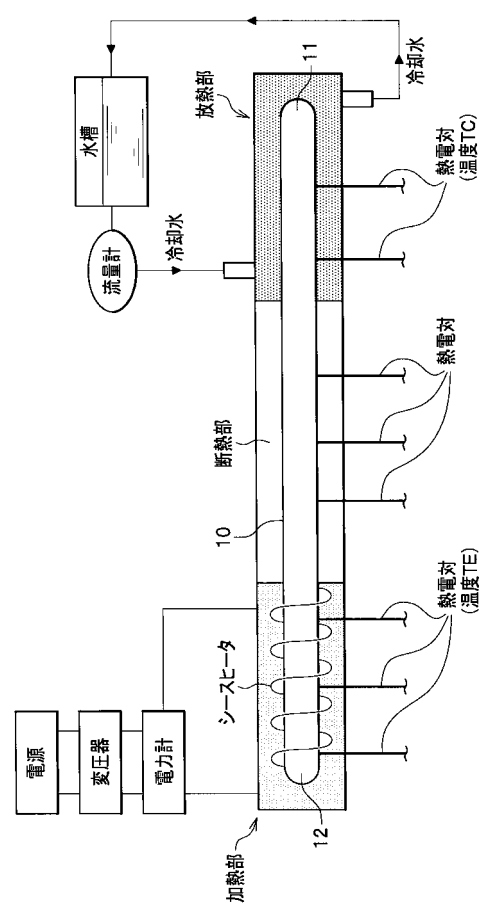
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【 図 7 】

