

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3993770号
(P3993770)

(45) 発行日 平成19年10月17日(2007.10.17)

(24) 登録日 平成19年8月3日(2007.8.3)

(51) Int. Cl.	F 1
F 2 8 F 1/00 (2006.01)	F 2 8 F 1/00 E
F 2 8 D 7/10 (2006.01)	F 2 8 D 7/10 Z
F 2 8 F 21/02 (2006.01)	F 2 8 F 21/02
F 2 8 F 21/06 (2006.01)	F 2 8 F 21/06
F 2 8 F 21/08 (2006.01)	F 2 8 F 21/08

請求項の数 5 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2002-23196 (P2002-23196)	(73) 特許権者	591160338
(22) 出願日	平成14年1月31日(2002.1.31)		株式会社技術開発総合研究所
(65) 公開番号	特開2003-130565 (P2003-130565A)		茨城県つくば市下広岡725-29
(43) 公開日	平成15年5月8日(2003.5.8)	(74) 代理人	100091823
審査請求日	平成17年1月25日(2005.1.25)		弁理士 榑 洸 昌之
(31) 優先権主張番号	特願2001-247144 (P2001-247144)	(74) 代理人	100101775
(32) 優先日	平成13年8月16日(2001.8.16)		弁理士 榑 洸 一江
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	本望 行雄
			茨城県つくば市下広岡725-29
		審査官	榑 洸 善一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱交換器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数本の金属製、樹脂製又はカーボン製の細管を燃ることで縄状基本素材を形成し、複数本の基本素材をさらに燃る、捻る、あるいは編むことにより構成され、各細管内に流路を形成してなる熱交換エレメントを備えたことを特徴とする熱交換器。

【請求項2】

複数本の金属製、樹脂製又はカーボン製の細管を燃ることで縄状基本素材を形成し、複数本の基本素材をさらに略同一面内で編むことにより構成され、各細管内に流路を形成してなる網状熱交換エレメントを備えたことを特徴とする熱交換器。

【請求項3】

前記網状熱交換エレメントを透明樹脂材等で挟んで構成したことを特徴とする請求項2記載の熱交換器。

【請求項4】

前記網状熱交換エレメントを多段に配置してなることを特徴とする請求項2記載の熱交換器。

【請求項5】

前記細管内の流路に熱媒体として気体を供給することを特徴とする請求項1乃至4のいずれか一項記載の熱交換器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、熱交換器の熱交換効率を向上させる技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

一般に、熱交換器における伝熱面積の増加を図るために、金属剛体内部にn個の多数の細い流路を設けること、伝熱面積の増加と乱流生成による温度境界層の低減のために、流路内面に螺旋溝を設けること、等の技術が知られている（例えば、特許第3040371号公報）。

【0003】

この技術によると、流路断面積が同じ平滑内壁の単管構造の熱交換エレメントに比し、
1 金属剛体内部に多数（n個）の細い流路を設けたことにより、「 n 」（ n の平方根）倍の伝熱面積増加があり、
2 螺旋溝を設けたことにより「 3 」倍の伝熱面積の増加があり、
3 螺旋溝の乱流効果により「最大3倍の熱伝達促進効果」があり、これら3つの積、すなわち、「 $9n$ 」倍、熱交換性能が優れた熱交換エレメントが提供されるとしている。

10

【0004】

例えば、流路本数が100本の場合、同流路面積の従来の単管に比して「 90 倍」の熱交換性能が得られ、流路本数が1000本の場合、「 285 倍」の熱交換性能が得られるとしている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来の構成では、多数の細い流路を金属剛体内部に形成しなければならず、その製造が極めて困難である。

20

【0006】

この種の従来の熱交換器では、酸やアルカリ等の液体を、媒体に使用する場合、耐食性の問題から、熱交換エレメントに金属材料を使用することができなくなる場合がある。この場合、金属材料以外の例えばテフロン樹脂（又はカーボン）等を熱交換エレメントに使用すると、テフロンの熱伝導率は約 0.2 （ $Kcal/m^2 \cdot h$ ）であるため、銅の $1/1700$ の熱伝導率しかなく、熱交換効率が大きく低下するという問題がある。

【0007】

そこで、本発明の目的は、簡単な構成によって、金属剛体内部に多数の細い流路を形成した場合と同等の効果が得られる熱交換器を提供すると共に、金属材料以外で熱交換エレメントを構成しても、高い熱交換効果を得ることができる熱交換器を提供することにある。

30

【0008】

【課題を解決するための手段】

請求項1記載の発明は、複数本の金属製、樹脂製又はカーボン製の細管を撚ることで縄状基本素材を形成し、複数本の基本素材をさらに撚る、捻る、あるいは編むことにより構成され、各細管内に流路を形成してなる熱交換エレメントを備えたことを特徴とする。

【0009】

請求項2記載の発明は、複数本の金属製、樹脂製又はカーボン製の細管を撚ることで縄状基本素材を形成し、複数本の基本素材をさらに略同一面内で編むことにより構成され、各細管内に流路を形成してなる網状熱交換エレメントを備えたことを特徴とする。

40

【0010】

請求項3記載の発明は、請求項2記載のものにおいて、前記網状熱交換エレメントを透明樹脂材等で挟んで構成したことを特徴とする。

【0011】

請求項4記載の発明は、請求項2記載のものにおいて、前記網状熱交換エレメントを多段に配置してなることを特徴とする。

【0012】

請求項5記載の発明は、請求項1乃至4のいずれか一項記載のものにおいて、前記細管

50

内の流路に熱媒体として気体を供給することを特徴とする。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施形態を添付の図面を参照して説明する。

【0014】

図1において、1は熱交換器を示す。この熱交換器1は管体3の内側に金属製の縄状熱交換エレメント5を配置して構成されている。この熱交換エレメント5は後述するように複数の流路を備え、この流路内を通る媒体Aと上記管体3の内側を通る媒体B間で熱交換が行われる。

【0015】

この縄状熱交換エレメント5は、図2に示すように、媒体Aが通る流路を備えたステンレス製の複数本(例えば6本)の細管11を撚って複数(例えば3つ)の基本素材13を形成し、各基本素材13をさらに撚って形成される。

【0016】

この製造方法によれば、多数の流路(細管11)を備えた縄状熱交換エレメント5を簡単に製造することができる。

【0017】

上記構成では、縄状熱交換エレメント5が、複数本の細管11を撚って形成された基本素材13をさらに撚って形成されるため、各細管11の流路を流れる媒体Aは熱交換エレメント5全体として見た場合、撚りの形状に応じ、熱交換エレメント5の外周部側と内周部側を交互に流れる。

【0018】

熱交換エレメント5の外周部側を流れる場合、媒体Aは、上記管体3の内側を流れる媒体Bとの間で熱交換され、媒体Bが加熱媒体であれば、媒体Bによって加熱され、媒体Bが冷却媒体であれば、媒体Bによって冷却される。この加熱され又は冷却された媒体Aが、熱交換エレメント5の内周部側を流れる場合、隣接する他の細管11の内周部側を流れる媒体Aとの間で熱交換し、これによって、各細管11内を流れる媒体Aは均質加熱される。

【0019】

本実施形態では、複数の細管11からなる基本素材13を撚って熱交換エレメント5を形成したが、媒体Aが熱交換エレメント5の外周部と内周部とを交互に流れ、その流れ方向で等価な熱伝達距離が得られる構成であれば、撚ることに限定されず、例えば、捻る、或いは編むことにより構成してもよい。また、複数の細管11を撚ることなく平行に束ねて、この束を複数集めて撚る、捻る、或いは編む構成としてもよい。さらに、細管11はステンレス製に限定されるものではなく、例えば、ステンレス製の細管を銅で被覆した細管であってもよく、銅製の細管等であってもよい。

【0020】

熱交換エレメント5は縄状又は棒状に形成してもよいし、板状等、任意の形状に形成してもよい。

【0021】

別の例として、図1に示す管体3の内側を例えば真空状態にし、図2を参照して、各基本素材13を構成する6本の細管11の内、例えば3本の細管11に加熱/冷却媒体を流し、残りの3本の細管11に被加熱/被冷却媒体を流して、各媒体間で熱交換させることも可能である。

【0022】

これによれば、真空中に設置された金属製の熱交換エレメント5の内部で熱交換が行われるため、極めて高い熱交換効率が得られる。なお、各細管11毎に流れる媒体の種類を変えた例を説明したが、これに限定されるものではなく、各基本素材13毎に流れる媒体の種類を変えることも可能である。

【0023】

10

20

30

40

50

また、金属製の熱交換エレメント 5 を真空中に配置する例を説明したが、これに限定されるものでないことは明らかである。

【 0 0 2 4 】

図 3 乃至図 5 は、編み方の例示である。

【 0 0 2 5 】

図 3 A ~ C に示すように、3 本の基本素材 1 3 を用いて編む、平打ち編み（二つ編み）、図 4 A ~ C に示すように、6 本の基本素材 1 3 を用いて編む、二重平打ち編み（三つ編み）、図 5 A ~ C に示すように、4 本の基本素材 1 3 を用いて編む、平打ち編み（四つ編み）等、種々の編み方が提案される。この縄状熱交換エレメント 5 を、そのまま熱交換エレメントとして使用してもよく、或いは縄状熱交換エレメント 5 を基本エレメント素材として、さらにこれを撚る、捻る、編む等により構成してもよい。また、縄状熱交換エレメント 5 を、圧延あるいは鍛造加工等により、一様外径を有する基本エレメント素材に加工してもよい。熱交換エレメント 5 が例えば板状の場合、圧延あるいは鍛造加工等により、任意の形状の基本エレメント素材に加工してもよい。

10

【 0 0 2 6 】

上記構成では、縄状熱交換エレメント 5 の外側に熱源流路を配置し、流路に同方向から流体 B を供給したが、これに限定されるものではない。例えば、図 6 に示すように、縄状熱交換エレメント 5 の内側に、電気ヒータ 1 5 或いは流体 B の通る熱源流路を構成する管路等を配置してもよい。

【 0 0 2 7 】

また、図 7 に示すように、縄状熱交換エレメント 5 を複数準備し、一つの縄状熱交換エレメント 5 A の外側に、放射状に複数の縄状熱交換エレメント 5 B を配置し、内側の縄状熱交換エレメント 5 A に加熱 / 冷却媒体を流し、外側の複数の縄状熱交換エレメント 5 B に被加熱 / 被冷却媒体を流し、各媒体間で熱交換するよう構成してもよい。さらに、図 7 で、内側の縄状熱交換エレメント 5 A を電気ヒータに変えることは可能である。

20

【 0 0 2 8 】

この構成によっても、縄状熱交換エレメント 5 B を構成する細管 1 1 の撚りの形状に応じ、縄状熱交換エレメント 5 B を流れる被加熱 / 被冷却媒体は、該熱交換エレメント 5 B の外周部側と内周部側を交互に流れるため、被加熱 / 被冷却媒体は均質加熱 / 均質冷却される。

30

【 0 0 2 9 】

「 n 個」の縄状熱交換エレメント 5 で構成する場合、例えば、その半分に熱源となる流体を供給し、残りの半分に、熱源を受ける流体を供給して、相互の流体間で熱交換する構成が可能である。

【 0 0 3 0 】

この場合、前述したように、熱交換エレメント 5 の内側あるいは外側に、熱源を配置した場合、熱源に近い流路には大きな熱量が供給される反面、遠い流路には熱量供給が少ないという欠点がある。

【 0 0 3 1 】

しかし、本実施形態では、熱交換エレメント 5 の流路が縄状に構成されていること、また、気体の熱伝導率を代表例の空気を「 1 」とした場合、液体の代表例の水が約「 2 3 倍」、金属では、アルミニウムが「 9 7 9 3 倍」、銅が「 1 6 7 2 2 」、ステンレスが「 6 2 2 倍」であり、固体の熱伝導率は気体、液体に比して極めて大きいため、熱源に対する流路位置を変化させることにより、熱伝導による温度の均質化を図ることができる。

40

【 0 0 3 2 】

しかも、縄状構成とすることにより、流路全体を考えた場合、各流路とも熱源に対して物理的に等しい熱伝達距離を確保できるため、前述したように、理論値である「 n 」倍の効果を得られる。

【 0 0 3 3 】

この結果、金属剛体内に「 n 個」の多数の流路が構成されたものと同様に有効な熱交換が

50

行われ、流路断面が同じ「単管構造の熱交換エレメント」に比して、「 n 」倍の「伝熱面積の増加」が図れる。

【0034】

細管11を縄状に曲げて構成するため、また、圧延や鍛造等により外径を一様に絞る加工を施すため、各流路の接触部分で流路断面に変化(=絞られ、狭くなる)が現れる。これによると、細管11内で剥離流や渦を生じ、内壁に「螺旋溝あるいは襞構造」を設けたことによる効果と同じ効果が期待される。この結果、同一流路断面の単管に比して「 $3n$ 」倍、熱交換性能が優れた熱交換エレメントを提供可能と考える。さらには、内壁を積極的に「螺旋溝あるいは、襞構造」とすることにより、「 3 」倍の「伝熱面積の増加」が期待されることから、同一流路断面の単管に比して「 $9n$ 」倍の熱交換性能が優れた熱交換エレメントを提供可能と考える。

10

【0035】

基本が単管で構成されるため剛性が高い。従って、原子力発電所や核融合炉等の極限状態での熱交換に有効である。

【0036】

一般に、熱交換器において、その熱交換効率を高めるには、熱交換面積の増加、壁面流速の増加(乱流)の2つが考えられる。特に、気体の場合、前述のように、金属等の固体に比して熱伝導度が小さいため、小型の熱交換器を可能とさせるには、如何にして「熱交換面積の増加」を増大させるかに依る。本提案の熱交換エレメントは、各流路を縄状に構成することにより、熱源に対する各流路の等価な熱交換距離を約束すると共に、「 n 個」の

20

【0037】

従来の管製造技術応用のため、安価に、超高性能の熱交換エレメントを提供することができる。また、最終工程で、縄状熱交換エレメントを加温しつつ、圧延あるいは鍛造することにより、自由な流路内径と自由な外径形状のエレメントを提供することができる等の効果が得られる。

【0038】

図8は、別の実施形態を示す。

【0039】

この実施形態では、複数本のステンレス製の細管11を略同一面内で、各細管内流路が互いに略直交するように編むことにより、網状に構成された熱交換エレメント21が形成されている。

30

【0040】

この網状熱交換エレメント21は、例えば、複数枚を重ねて使用されており、各熱交換エレメント21の一方の細管11A群には第一の流体が流され、これと直交する他方の細管11B群には第二の流体が流され、各細管11の隙間には第三の流体が流される。

【0041】

これに限定されず、例えば、網目ピッチを細かくして、第三の流体の流れない構造とすることは可能である。

【0042】

本構造は、道路への埋設、建物の外壁部への適用、屋根構造材料への提供等々が可能である。第一の流体と第二の流体を冷却水とし、当該熱交換エレメントを、局所火災中に配置する、即ち第三の流体を燃焼ガスとしてもよい。この場合、網状熱交換エレメントを構成する細管による熱伝導の他、図8において、交差部「A」から交差部「B」への流体の移動により、交差部「B」で熱の平均化が図られる。下流部の交差部「C」でも同様の熱の均質化が図られる。この作用により、局所的に過大な熱供給が生じても、各流路への熱拡散により極めて高効率の熱伝導が可能となる。従って、例えば高温燃焼炉の外壁部に埋め込み、燃焼温度の一部を吸収し、炉の熱破壊を防止する等の適用が可能である。また、流路を網状構成とすることにより、一種のプレート型熱交換器のように剛性を有した熱交換エレメントを提供できる。

40

50

【 0 0 4 3 】

細管を組み合わせて構成したため、例えば、10MPaを超える耐圧性能の熱交換エレメントを提供できる。

【 0 0 4 4 】

別の実施形態として、例えば、網状熱交換エレメントを透明樹脂材料等でサンドイッチ構造としてもよい。これによれば、太陽光の熱を吸収しながら一部の可視光を通す使用法が可能となる。

【 0 0 4 5 】

従来は単管の外周部に熱伝達面積の増加のために、フィンを設けていたが、適正な網目ピッチ構造とすることにより、これらフィンを不要とする可能性を有する。上記構成では、網状熱交換エレメントを多段構成としたが、単段構成であってもよいことは言うまでもない。

10

【 0 0 4 6 】

図9乃至図10は、網状熱交換エレメントの構造例を示す。図9において、Aは網目ピッチを細かくした四つ目組み、Eはその網目ピッチを粗くした格子組みである。Bは六つ目組みであり、網目ピッチ変更に適している。Cは変わり格子組みであり、各細管の幅が均一でなく、ステンレス製流路(太い部分)と銅製流路(細い部分)からなり、銅製流路の熱吸収部分が編みこまれ、その熱交換効率が高められる。Dは網代組みである。図10A~Dはザル組みの各変形例、図10E~Gは縄編み組みの各変形例である。

【 0 0 4 7 】

細管11を略同一面内で、各細管内流路が互いに略直交するように編むことに限定されるものではない。多数の細管11を略同一面内で、平行配置するだけの構成であってもよい。

20

【 0 0 4 8 】

本実施形態では、従来、必須であった「放熱フィン」が不要となる。この結果、剛性が高く、洗浄が容易な熱交換器を提供できる。「網目ピッチ」の変更により、網目部分を流れる流体との熱交換や、交差する流路間の熱交換を、極めて高効率で行うことができる。

【 0 0 4 9 】

従って、エアー・コンディショナーや冷凍機に適用可能である。例えば、網目ピッチを大きくし、各流路に蒸気や冷媒を供給し、網目部分を流れる空気と熱交換を行う構成が可能である。

30

【 0 0 5 0 】

網目ピッチを大きくして、道路や建物の屋上・屋根・壁等に埋設し、その補強材として活用しつつ、各流路に、水やアルコール等の熱媒体を供給して、太陽エネルギーの熱回収を行う熱収集エレメントとしても好適である。透明樹脂材料でサンドイッチし、網目部分から光を透過させつつ、太陽の赤外線エネルギーを吸収させる、建物屋根や窓に設けた、熱収集エレメントとして好適である。網目ピッチを大きくして、焼却炉の内壁に埋設し、内壁の熱破損の防止と熱回収を行う埋設熱交換器として好適である。網目ピッチを比較的小さくして、網目部分に「燃焼ガス」を、流路には「水」を流して熱交換する、瞬間湯沸器、風呂、焼却炉の熱交換器等として好適である。

40

【 0 0 5 1 】

網目ピッチをゼロとした場合、交差する流路に、「加熱(冷却)媒体」と「被加熱(冷却)流体」を供給して熱交換する構成とすれば、原子力発電所等の一次/二次冷却水熱交換器、エンジン・オイル/冷却水の熱交換器、等々の各種熱交換器に好適である。網目ピッチをゼロとして、各流路に「水やアルコール」等の冷媒を流し、この網状熱交換エレメントと金属体との間で熱交換を行う、各種機器の冷却器としても好適である。

【 0 0 5 2 】

つぎに、別の実施形態を説明する。

【 0 0 5 3 】

本実施形態では、内径dの細孔流路を有した、PTFE又はPFA等のテフロン樹脂製の

50

、 n 本の多数の細管を平行配置、撚る、捻る、あるいは編むことにより熱交換エレメントを構成し、各細管内に流路を形成した。

熱交換器の単位時間当たりの伝熱量 (dQ/dt) は、熱伝達率を h 、熱伝達面積を A 、熱伝導体/被熱伝導体の温度差を ΔT とすると、

$$(dQ/dt) = h \cdot A \cdot \Delta T \cdots (1)$$

で表される。従来、伝熱量の向上を図るため、1 渦流を起こして熱伝達率 h を増加させる、2 内外壁に襞等を設けて熱伝達面積 A を増加させる、3 温度差 ΔT を大きくする、等の手法が取られてきた。

【0054】

簡便な手法として、3 温度差 ΔT を大きくする手法を採用した場合、被伝導体に熱変性や焼け焦げ等を生じる。 10

【0055】

本実施形態では、内径 d の n 本の多数の細管で、熱交換エレメントを構成したため、同じ流路面積を有する内径 D の単管と比較した場合、

$$D^2/4 = n \cdot d^2/4 \cdots (2)$$

の関係性を有する。すなわち、 n 本の多数の細管から成る熱交換エレメントの、単管に対する流路全体の熱伝達面積の比 R は、

$$R = n \cdot d/D = n(d/D) \cdots (3)$$

で表される。式(3)に、式(2)より求められる「 $D = d \sqrt{n}$ 」の関係式を代入して整理すると、 20

$$R = \sqrt{n} \cdots (4)$$

が得られる。(4)式によると、流路本数を n 本に増加させることにより、単管の「 \sqrt{n} 」倍の熱交換が可能となる。

【0056】

1本当たりの流路内径を小さく、例えば、 0.0001 mmにして、これらを複数本束ねて、内径 12 mmの単管相当とした場合、(4)式によると、「 $R = 144000000 = 120000$ 」倍となる。水の熱伝導率は、銀等の金属に比べて、 $1/708$ であり、空気の熱伝導率は、 $1/18000$ であるが、本実施形態では、理論上「 $R = 144000000 = 120000$ 」倍となることから、水や空気の温調に大きな威力を発揮する。

【0057】

金属層と気体(或いは液体)層の間で等価な熱交換を実現させるためには、金属層側の(熱伝導率 \times 伝熱面積 A)と、気体層側の(熱伝導率 \times 伝熱面積 A)とを等しくすればよい。 30

【0058】

銀の場合、 20 における熱伝導率は $360 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h}$ 、電気銅の場合、 $340 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h}$ である。

【0059】

これに対し、水の場合、 $0.51 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h}$ 、空気の場合、 $0.02 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h}$ である。

【0060】

従って、水の場合、銀に対し $360/0.51 = 708$ 倍、空気の場合、銀の $360/0.02 = 18,000$ 倍の伝導面積 A が得られるように、細管「 n 」を増加すれば、金属と同等な熱交換効率を得ることができる。即ち、固体側を本技術による流路面積と等価な単管と考え、液体或いは気体側に、多数の細管流路を構成した場合、式(4)に示すように、平滑内壁の単管における「 $R = \sqrt{n}$ 」倍の熱伝達面積を得ることができることから、原理的には、水の場合、 $n = 708^2 = 501,264$ 本、空気の場合、 $n = 18000^2 = 324,000,000$ 万本とすれば、等価な熱交換効率を得ることができる。 40

【0061】

熱移送流体の流れを層流と考えると、熱媒(冷媒)としての性能は、粘性計数を ν とすると、「 $\sqrt{n} \cdot \nu$ 」の値が大きい方が優れている。 50

【0062】

温度等の条件により物性値が大きく異なるが、1 水の場合、「 $\rho \cdot \lambda$ 」は、「 $\rho \cdot \lambda = 4.2 \text{ (J/K} \cdot \text{g)} \times 10^3 \text{ (kg/m}^3\text{)} / 10^{-3} \text{ (Pa} \cdot \text{s)} = 4.2 \times 10^6 \text{ (J/K} \cdot \text{g)} \cdot \text{kg/m}^3\text{)} \cdot \text{(Pa} \cdot \text{s)}$ 」であり、2 空気の場合、「 $\rho \cdot \lambda$ 」は、「 $\rho \cdot \lambda = 1.4 \text{ (J/K} \cdot \text{g)} \times 1.29 \text{ (kg/m}^3\text{)} / 18.2 \times 10^{-6} \text{ (Pa} \cdot \text{s)} = 0.099 \times 10^6 \text{ (J/K} \cdot \text{g)} \cdot \text{(kg/m}^3\text{)} \cdot \text{(Pa} \cdot \text{s)}$ 」である。水の場合、空気熱伝導率「 $3.17 \times 10^{-2} \text{ (W/m} \cdot \text{K)}$ 」に比較して約7倍に相当する熱伝導率「 $21.2 \times 10^{-2} \text{ (W/m} \cdot \text{K)}$ 」を有する。3 水素の場合、「 $\rho \cdot \lambda$ 」は、「 $\rho \cdot \lambda = 1 \text{ (J/K} \cdot \text{g)} \times 0.09 \text{ (kg/m}^3\text{)} / 8.8 \times 10^{-6} \text{ (Pa} \cdot \text{s)} = 0.01 \times 10^6 \text{ (J/K} \cdot \text{g)} \cdot \text{(kg/m}^3\text{)} \cdot \text{(Pa} \cdot \text{s)}$ 」であるので、本技術にかかる熱交換エレメントの耐圧性能をいかして、当該気体を10 (MPa)の高圧流体とした場合、空気の場合、「 $\rho \cdot \lambda$ 」= $9.9 \times 10^5 \text{ (J/K} \cdot \text{g)} \cdot \text{(kg/m}^3\text{)} \cdot \text{(Pa} \cdot \text{s)}$ 、水素の場合、「 $\rho \cdot \lambda$ 」= $1 \times 10^5 \text{ (J/K} \cdot \text{g)} \cdot \text{(kg/m}^3\text{)} \cdot \text{(Pa} \cdot \text{s)}$ となる。この効果は、「 $\rho \cdot \lambda$ 」の中の、「 λ 」の効果によるものであり、気体の場合、粘性係数が圧力の影響を受けないこと、そして粘性係数が空気は水の「1/55」倍、水素は水の「1/114」倍であることから、水と同じ流路圧損となるように循環流量を合わせると、10 (MPa)の高圧流体とした場合、熱移送能力は、水を1とすると、空気が約13倍、水素が約2.7倍となる。

10

【0063】

即ち、10 (MPa)という超高圧状態での比較ではあるが、気体を用いて熱媒性能が「水」を越えることになる。

20

【0064】

このように、熱伝導と考えた場合に流路構成しなければならない流路数は極めて多いが、空気と等価な「32,400万本」の流路を現在製造可能な「流路内径 = 1 (μm)」の細管で、各流路との間隔を1 (μm)で構成した場合の外径 D は、 $D = (324000000 \times 0.0015^2) = 27 \text{ mm}$ となり、この外周部に、肉厚5mmの被覆を設けたとしての、当該熱交換器の外周部の径は、「40 (mm)相当」でしかない。

【0065】

この結果、環境負荷のない「空気」等の気体を、熱交換のための熱媒として使用することが可能となる。

30

【0066】

種々のエネルギーの中で、熱エネルギーは、力学的なエネルギーや電気エネルギーに比べ、利用価値の低い低級エネルギーといわれている(東京大学名誉教授小出昭一郎著「熱学」東京大学出版会)。熱エネルギーの利用価値は、环境温度との温度差に支配され、仮に、室内温度が25 °Cのときの地中温度が20 °Cであっても、この温度差5 °Cを利用した室内冷房は考えられない。従来の熱交換器では、伝熱量 (dQ/dt) が小さすぎるからである。

【0067】

本実施形態に係る熱交換器では、熱伝達面積が驚異的に大きいため、大きな伝熱量 (dQ/dt) を得ることができる。

40

【0068】

従って、例えば、本熱交換器を地中に埋設し、この熱交換器を利用して、冬期における5 °Cの外気エネルギーを地中に蓄熱し、この熱交換器を利用して、気温30 °Cの夏期の冷房に利用することが可能になる。

上記熱交換器の構成において、細管の内壁は、螺旋溝等の壁構造にすることが望ましい。例えば、自動車用エンジンのシリンダ内最高温度が3000 °C近傍で有りながら、その構成金属が溶融しないのは、壁面に温度境界層が形成され、熱伝達率が小さくなるからである。しかし、ノッキングによりこの温度境界層が破壊されると、ピストンあるいは排気弁等のノッキング発生部分の溶融を生じる。これと同様の理由によって、細管の内壁を螺旋溝構造とした場合、温度境界層が小さくなり、熱伝達率を格段に向上させることがで

50

きる。

本実施形態では、内壁の面積増加効果と合わせると、理論上「 $9n$ 」の効果を実現することが可能になる。

【0069】

本実施形態では、熱交換エレメントに、PTFEやPFA等のテフロン樹脂材料を使用している。このテフロンの熱伝導率は、銅の熱伝導率と比べた場合、 $1/1700$ 倍程度であるが、上記構成によって、伝熱量(dQ/dt)を驚異的に大きくできるため、大きな熱交換効果を期待できる。

【0070】

隣合う細管が互いに伝導流体用細管/被伝導流体用細管と成るように一体構成すれば、
 1 従来のように細管間に、液体窒素のような多量の冷媒充填が不要と成り、
 2 当該冷媒に拡散流を生成させることが不要と成り、
 3 外周部構成細管が保持容器外部への熱放散を防ぎ、
 4 「伝導流体/被伝導流体」が向流と成るために熱伝達率の一層の向上が期待され、
 5 細管固定用Oリング等の多数のシールが不要になる等の種々の効果を期待できる。

10

【0071】

本実施形態では、伝熱量(dQ/dt)を満足させた場合、 $\cdot A$ の向上により、熱交換に必要な T を小さくすることができる。

【0072】

この結果、PTFE(融点 327)、PFA(融点 310)等の材料を使用したテフロン製熱交換器を実現できる。

20

【0073】

一つの可能性として、例えば、寒風吹き荒ぶ冬期にあつては、その冷エネルギーを「蓄冷槽」に蓄え、夏季にあつては、その冷エネルギーを利用して、
 1 冷蔵事業、
 2 冷房、
 3 冷水供給等に活用し、炎暑の地方あるいは寒暖差の大きい地方にあつては、夏季の熱エネルギーを「蓄熱槽」に蓄え、
 1 給湯、
 2 冬期の暖房、
 3 年間を通じた温室栽培等に活用する事が可能となる。すなわち、従来考えられなかった「 Tm 」の小さなエネルギーが、室内空調利用や、農業分野での温室栽培、2種類の給水の温度管理等々にも利用することができる。

【0074】

30

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明では、金属剛体内部に多数の細い流路を形成した従来の熱交換器とほぼ同等の高い熱交換効率を、極めて簡単な構成によって得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による熱交換器の一実施形態を示す斜視図である。

【図2】縄状熱交換エレメントを示す斜視図である。

【図3】A～Cは、それぞれ3本の基本素材を用いて編む平打ち編み(二つ編み)を示す図である。

【図4】A～Cは、それぞれ6本の基本素材を用いて編む二重平打ち編み(三つ編み)を示す図である。

40

【図5】A～Cは、それぞれ4本の基本素材を用いて編む平打ち編み(四つ編み)を示す図である。

【図6】別の実施形態を示す図である。

【図7】別の実施形態を示す図である。

【図8】別の実施形態を示す図である。

【図9】Aは網目ピッチを細かくした四つ目組みを示し、Bは六つ目組みを示し、Cは変わり格子組みを示し、Dは網代組みを示し、EはAの四つ目組みの網目ピッチを粗くした格子組みを示す図である。

【図10】A～Dはザル組みの各変形例を示す図であり、E～Gは縄編み組みの各変形例

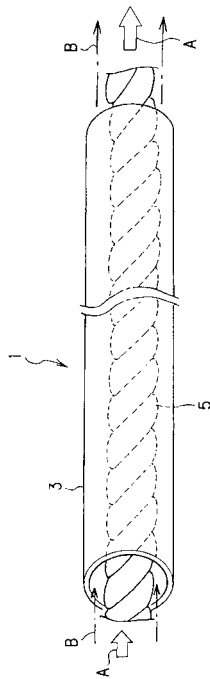
50

を示す図である。

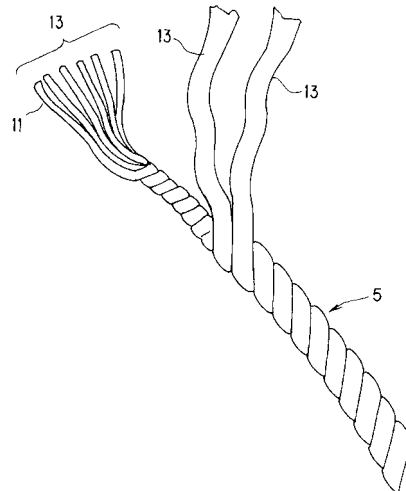
【符号の説明】

- 1 熱交換器
- 3 管体
- 5 縄状熱交換エレメント
- 11 細管
- 13 基本素材
- 15 電気ヒータ
- 21 網状熱交換エレメント

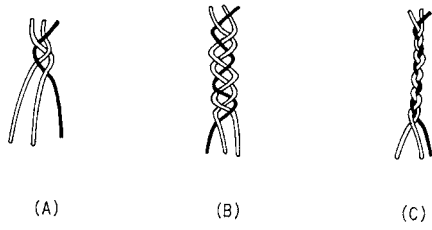
【図1】



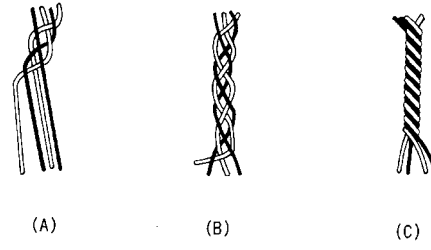
【図2】



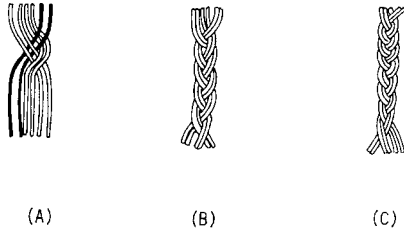
【 図 3 】



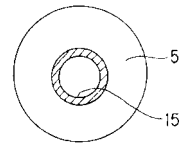
【 図 5 】



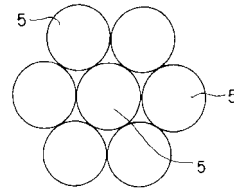
【 図 4 】



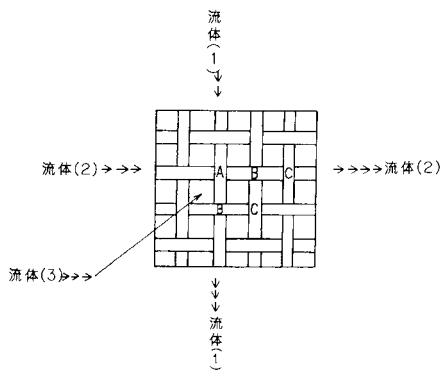
【 図 6 】



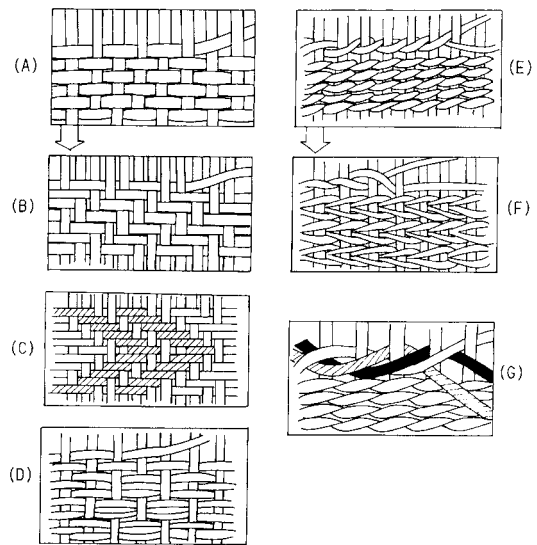
【 図 7 】



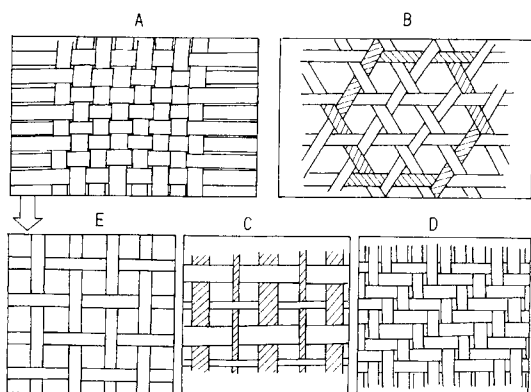
【 図 8 】



【 図 10 】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2000-329485(JP,A)
特開昭60-211286(JP,A)
特許第3040371(JP,B2)
実開平04-017281(JP,U)
特開平07-055369(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F28F 1/00
F28D 7/10
F28F 21/02
F28F 21/06
F28F 21/08