

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02006/103788

発行日 平成20年9月4日(2008.9.4)

(43) 国際公開日 平成18年10月5日(2006.10.5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F 2 8 F 13/12 (2006.01)	F 2 8 F 13/12 A	3 L 0 3 6
F 2 8 F 1/40 (2006.01)	F 2 8 F 1/40 A	3 L 1 0 3
F 2 8 D 1/06 (2006.01)	F 2 8 D 1/06 A	
F 2 8 D 7/02 (2006.01)	F 2 8 F 1/40 D	
F 2 4 H 9/00 (2006.01)	F 2 8 D 7/02	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 26 頁) 最終頁に続く

出願番号 特願2006-524145 (P2006-524145)	(71) 出願人 506259634 清華大学 中華人民共和国北京市海淀区清華▲園▼
(21) 国際出願番号 PCT/JP2005/008609	
(22) 国際出願日 平成17年5月11日(2005.5.11)	(71) 出願人 000002853 ダイキン工業株式会社 大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号 梅田センタービル
(31) 優先権主張番号 200510056765.8	
(32) 優先日 平成17年3月25日(2005.3.25)	(74) 代理人 100094145 弁理士 小野 由己男
(33) 優先権主張国 中国 (CN)	(74) 代理人 100111187 弁理士 加藤 秀忠
	(72) 発明者 李 志信 中華人民共和国北京市海淀区清華▲園▼ 清華大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 給湯用伝熱管

(57) 【要約】

本発明は、内部と外部との熱交換を行う給湯用伝熱管に関するものである。内部を流れる流体のレイノルズ数(Re)が7000未満の区間に位置する部分の内面の少なくとも一部に、突起の高さ(H1)が0.8mm~2.0mmの範囲内、または高さ(H1)が内径(D)の0.1~0.25倍である複数の突起が設けられている。その結果、簡単な構造で、低レイノルズ数域において伝熱性能の向上を図るとともに、管内の圧力損失が小さい。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内部と外部との熱交換を行う給湯用伝熱管であって、
前記内部を流れる流体のレイノルズ数 (Re) が 7000 未満の区間に位置する部分の内面の少なくとも一部に、高さ ($H1$) が 0.8 mm ~ 2.0 mm である複数の突起が設けられている、
給湯用伝熱管。

【請求項 2】

内部と外部との熱交換を行う給湯用伝熱管であって、
前記内部を流れる流体のレイノルズ数 (Re) が 7000 未満の区間に位置する部分の内面の少なくとも一部に、高さ ($H1$) が内径 (D) の 0.1 ~ 0.25 倍である複数の突起が設けられている、
給湯用伝熱管。

10

【請求項 3】

給湯器の熱交換器に用いられ、内部と外部との熱交換を行う伝熱管であって、
前記内部を流れる流体である水が流入する流入口の近傍に位置する部分の内面に、高さ ($H1$) が 0.8 mm ~ 2.0 mm である複数の突起が設けられている、
給湯用伝熱管。

【請求項 4】

給湯器の熱交換器に用いられ、内部と外部との熱交換を行う伝熱管であって、
前記内部を流れる流体である水が流入する流体入口の近傍に位置する部分の内面に、高さ ($H1$) が内径 (D) の 0.1 ~ 0.25 倍である複数の突起が設けられている、
給湯用伝熱管。

20

【請求項 5】

内部を流れる流体の流速が 0.1 m/s ~ 0.6 m/s である、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の給湯用伝熱管。

【請求項 6】

前記突起の任意の高さにおける断面形状は、円形、楕円形もしくは近似円形のような滑らかな曲線で構成されている、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の給湯用伝熱管。

【請求項 7】

前記流体が流出する流体出口の近傍に位置する部分の内面には、前記突起が設けられていない平滑部を有する
請求項 1 から 4 のいずれかに記載の給湯用伝熱管。

30

【請求項 8】

前記突起の高さ ($H1$) よりも溝深さの浅い溝が前記内面に形成されている、
請求項 1 から 4 のいずれかに記載の給湯用伝熱管。

【請求項 9】

前記複数の突起は、管軸の方向に平行して設けられている、
請求項 1 から 4 のいずれかに記載の給湯用伝熱管。

【請求項 10】

前記複数の突起は、螺旋状に設けられている、
請求項 1 から 4 のいずれかに記載の給湯用伝熱管。

40

【請求項 11】

前記複数の突起は、径方向の対向する位置で一对となるように設けられている、
請求項 1 から 4 のいずれかに記載の給湯用伝熱管。

【請求項 12】

前記複数の突起のピッチ (P) と内径 (D) との比は、0.5 ~ 10 である、
請求項 1 から 4 のいずれかに記載の給湯用伝熱管。

【請求項 13】

前記複数の突起間には、高さ ($H2$) が 0.8 mm 未満である小突起が設けられている

50

、
請求項 1 から 4 のいずれかに記載の給湯用伝熱管。

【請求項 1 4】

前記内面には、前記突起が設けられていない平滑部が存在する、
請求項 1 から 4 のいずれかに記載の給湯用伝熱管。

【請求項 1 5】

前記突起は、前記外部から力を加えることにより形成されるものであり、直線部には形成され、曲げ部には形成されない、
請求項 1 から 4 のいずれかに記載の給湯用伝熱管。

【請求項 1 6】

前記突起は、前記外部から力を加えることにより形成されるものであり、曲げ部においては、曲げられている面と交差する部分には形成されていない、
請求項 1 から 4 のいずれかに記載の給湯用伝熱管。

【請求項 1 7】

前記外部には、前記流体と熱交換を行う第 2 流体を流すための第 2 伝熱管が配置されており、

外面には、前記第 2 伝熱管が接触しており、

前記突起は、前記外面を凹ませることによって前記内面に形成されるものであって、前記第 2 伝熱管との接触部分以外の場所に形成されている、
請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の給湯用伝熱管。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、給湯器技術、特に管内を流れる流体のレイノルズ数 Re が 7000 未満の給湯用伝熱管に関する。

【背景技術】

【0002】

空気調和装置、給湯器などに用いられる熱交換装置においては、管内に水などの流体が流れるとともに管内外の温度差によって熱交換を行う伝熱管が設けられている。そして、伝熱管の伝熱性能を向上させるため、管内面に溝が形成された溝付管が使われることがある。また、伝熱管の内面に突起を設けて伝熱性能を向上させる技術も提案されている。

このように、伝熱管内部に突起を設けると、伝熱管の伝熱面積が大きくなるとともに、突起により流体が攪拌されることで、伝熱面における熱伝達率が増大され、伝熱性能が向上する。しかし、伝熱管内部に突起を設けると、突起によって管摩擦係数が増大し、管内の流れの圧力損失が大きくなる。そこで、伝熱管内部に高さが 0.45 mm ~ 0.6 mm の突起を設けて、冷媒との熱伝達を促進しつつ圧力損失を抑える技術が提案されている（特許文献 1）。

【特許文献 1】特公平 6 - 70556

【発明の開示】

【0003】

しかし、伝熱管内の流体の流速が非常に低く、管内における流体の流れが層流域から乱流域への遷移領域である場合、特許文献 1 で開示された高さ 0.45 mm ~ 0.6 mm の突起を設けても伝熱性能の向上は小さい。

例えば、図 1 に示すヒートポンプ式給湯器においては、電気代の安い夜間電力を効率的に利用するため、長い時間をかけて水を約 10 から約 90 まで一過式で沸かす。ここでは、製品のコンパクト化と高効率を確保するため、伝熱管内を流れる水の流量を非常に小さい値（例えば、0.8 L/min）に設定している。このように管内の水流量が小さい伝熱管においては、伝熱管の内径を小さくすることで管内の流速を高め、伝熱性能を向上させる方法を採用している。しかし、この場合でも管内の水流量が小さいため、管内に

10

20

30

40

50

おける水の流れは、流入口付近では層流域から乱流域への遷移領域 ($Re = 1500 \sim 3000$)、流出口付近でも乱流初期 ($Re = 7000$) 程度である。また、水の流入口付近の低温区間では、熱伝導率も小さいため、効率的な熱交換が期待できない。

本発明の目的は、上記背景技術の問題点を克服し、簡単な構造で、低レイノルズ数域において伝熱性能の向上を図るとともに、管内の圧力損失が小さい給湯用伝熱管を提供することにある。

【0004】

第1発明に係る給湯用伝熱管は、内部と外部との熱交換を行う給湯用伝熱管であって、内部を流れる流体のレイノルズ数 Re が 7000 未満の区間に位置する部分の内面の少なくとも一部に、高さ H_1 が $0.8\text{ mm} \sim 2.0\text{ mm}$ である複数の突起が設けられている。

10

層流域及び層流域から乱流域への遷移が発生する低レイノルズ数の区間では、管内に設けた突起の高さを従来のように低く設定すると伝熱性能の向上効果が得られない。

そこで、層流域及び層流域から乱流域への遷移が発生する低レイノルズ数の区間、すなわちレイノルズ数 Re が 7000 未満の区間に位置する部分の内面に、管内に向けて突出する高さが $0.8\text{ mm} \sim 2.0\text{ mm}$ の複数の突起を設けた。その結果、管内に設けた突起による熱伝達率の向上が図られるとともに、突起が管内の圧力損失に与える影響が小さく、給湯用伝熱管全体の性能が向上する。

【0005】

第2発明に係る給湯用伝熱管は、内部と外部との熱交換を行う給湯用伝熱管であって、内部を流れる流体のレイノルズ数 Re が 7000 未満の区間に位置する部分の内面の少なくとも一部に、高さ H_1 が内径 D の $0.1 \sim 0.25$ 倍である複数の突起が設けられている。

20

管内に突起が設けられた場合、管摩擦係数は、レイノルズ数 Re 及び相対粗度の関数となる。ここでは、管内突起による管摩擦係数への影響を表すため、管内に設けた突起の高さと管内径との比 (すなわち相対粗度) を用いている。層流域から乱流域への遷移が発生する低レイノルズ数の区間において、管内壁面の相対粗度を所定範囲内にすることにより、伝熱効果の向上を図るとともに圧力損失による影響を最小限に抑えることができる。

そこで、層流域及び層流域から乱流域への遷移が発生する低レイノルズ数の区間、すなわちレイノルズ数 Re が 7000 未満の区間に位置する部分の内面に、高さ H_1 が内径 D の $0.1 \sim 0.25$ 倍である複数の突起を設けた。その結果、管内に設けた突起による熱伝達率の向上が図られるとともに、突起が管内の圧力損失に与える影響が抑えられ、給湯用伝熱管全体の性能が向上する。

30

【0006】

第3発明に係る給湯用伝熱管は、給湯用熱交換器に用いられ、内部と外部との熱交換を行う伝熱管であって、内部を流れる流体である水が流入する流入口の近傍に位置する部分の内面に、高さ H_1 が $0.8\text{ mm} \sim 2.0\text{ mm}$ である複数の突起が設けられている。

給湯用熱交換器に用いられる伝熱管の流入口付近の水の流れは、層流域および/または層流域から乱流域への遷移領域に該当する。一方、伝熱管の流入口付近では水温が低く、熱伝達率も低い。そこで、本発明では、少なくとも水の流入口近傍に位置する部分の内面に、高さが $0.8\text{ mm} \sim 2.0\text{ mm}$ の複数の突起を設けて、管内に設けた突起による熱伝達率の向上を図っている。また、突起による熱伝達率の向上が図られるとともに、突起が管内の圧力損失に与える影響が小さく、給湯用伝熱管全体の性能が向上する。

40

【0007】

第4発明に係る給湯用伝熱管は、給湯用熱交換器に用いられ、内部と外部との熱交換を行う伝熱管であって、内部を流れる流体である水が流入する流体流入口の近傍に位置する部分の内面に、高さ H_1 が内径 D の $0.1 \sim 0.25$ 倍である複数の突起が設けられている。

給湯用熱交換器においては、伝熱管の流入口付近の水の流れは、層流域および/または層流域から乱流域への遷移領域に該当する。また、伝熱管の流入口付近では水温が低く、熱伝達率も低い。そこで、この給湯用熱交換器において、少なくとも水の流入口近傍に位

50

置する伝熱管の内面に、高さが伝熱管内径の0.1~0.25倍である複数の突起を設けている。その結果、管内に設けた突起による熱伝達率の向上が図られるとともに、突起が管内の圧力損失に与える影響が抑えられ、給湯用伝熱管全体の性能が向上する。

【0008】

第5発明に係る給湯用伝熱管は、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、内部を流れる流体の流速が0.1m/s~0.6m/sである。なお、給湯用伝熱管の内部を流れる流体の流速が0.2m/s~0.4m/sであることが好ましい。ここで、管内の流体の流速が0.1m/s未満である場合、伝熱管の熱伝達率が極めて低い。一方、管内の流体の流速が0.6m/sを超えると、管内の摩擦係数が大きくなり、管内の圧力損失が大きくなる。そこで、内部を流れる流体の流速範囲を0.1m/s~0.6m/sとする。その結果、管内に設けた突起による熱伝達率の向上が図られるとともに、突起が管内の圧力損失に与える影響が抑えられ、給湯用伝熱管全体の性能が向上する。

10

【0009】

第6発明に係る給湯用伝熱管は、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、突起の任意の高さにおける断面形状は、円形、楕円形もしくは近似円形のような滑らかな曲線で構成されている。

管内突起による管内流体の圧力損失への影響要素として、管内流体のレイノルズ数、速度、突起の高さなどのほか、突起の形状が挙げられる。突起の形状が鋭角状である場合、角を曲がる流れにより剥離渦が生じ、流体の圧力損失が高くなる。

そこで、突起の任意の高さにおける断面形状が、円形、楕円形もしくは近似円形のような滑らかな曲線で構成されているようにしている。すなわち、突起の外周面が滑らかな曲面で形成されているため、突起の形状が鋭角状であるものに比べて剥離渦の発生を抑えることができ、管内流体の圧力損失による影響が抑えられ、伝熱管全体の性能が向上する。

20

【0010】

第7発明に係る給湯用伝熱管は、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、流体が流出する流体流出口の近傍に位置する区間には、突起が設けられていない。

伝熱管の流体流出口部では、流体の温度が高く、例えば流体が水である場合、管内面にスケールが付着するおそれがある。このような区間に突起を設けると、突起によりスケールの付着が促進されるおそれがある。そこで、流体の温度が高い流体流出口近傍に位置する区間には、突起が設けられていない管、例えば平滑管を使用することにより、スケールの発生を抑える。

30

【0011】

第8発明に係る給湯用伝熱管は、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、突起の高さH1よりも溝深さの浅い溝が管内面に形成されている。

低レイノルズ数域においては、管内面に設けられた突起のうち、小さい突起より大きい突起の方が熱伝達率の向上に貢献する。そこで、管内に溝付き管の溝の深さより高い突起を設けることで伝熱効果の向上を図る。一方、高レイノルズ数域においては、突起の高さより深さの浅い溝の方が熱伝達率の向上に貢献する。そこで、高レイノルズ域においては、突起の高さより溝深さの浅い溝が内面に形成されている溝付き管を採用することにより、伝熱管の伝熱性能がさらに向上する。

40

【0012】

第9発明に係る給湯用伝熱管は、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、複数の突起は、管軸方向に平行して設けられている。

管軸方向に突起を設けることにより、伝熱促進が連続しておこなえる。また、流体の流れは管軸方向に直線的に流れるため、圧力損失の増加が小さく、伝熱管全体の性能が向上する。

【0013】

第10発明に係る給湯用伝熱管は、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、複数の突起は、螺旋状に設けられている。

50

螺旋状に突起を設けることにより、管内の流体の流れに旋回が発生し、流体の通過長さが長くなり、伝熱性能がさらに向上する。

【0014】

第11発明に係る給湯用伝熱管は、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、複数の突起は、伝熱管の径方向の対向する位置で対となるように設けられている。

径方向の対向する位置で対となるように突起を設けることにより、突起付近の断面積が減少し、流体の混合が促進され、伝熱性能がさらに向上される。

【0015】

第12発明に係る給湯用伝熱管は、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、複数の突起のピッチPと伝熱管内径Dとの比は0.5~10である。

突起のピッチPと伝熱管内径Dとの比が0.5以下の場合、伝熱促進効果は得られるが、上流側において突起の影響により圧力損失が大きくなる。また、突起のピッチPと伝熱管内径Dとの比が10以上の場合、伝熱促進効果が小さくなる。

そこで、突起のピッチPと伝熱管内径Dとの比を0.5~10にすることで、伝熱促進効果を維持しつつ、圧力損失の増加が小さく、伝熱管全体の性能が向上する。

【0016】

第13発明に係る給湯用伝熱管は、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、複数の突起間には、高さ(H2)が0.8mm未満の小突起が設けられている。

低レイノルズ数域においては、小さい突起より大きい突起の方が熱伝達率の向上に貢献するが、高レイノルズ数域においては、大きい突起より小さい突起(小突起)の方が熱伝達率の向上に貢献する。ここでは、大きな突起の間に小さな突起を設けることにより、レイノルズ数が低い区間では大きな突起により伝熱性能が向上され、レイノルズ数が高い区間では小さな突起による伝熱性能の向上の相乗効果が図られることにより、熱交換器全体の性能が向上する。

【0017】

第14発明に係る給湯用伝熱管は、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、伝熱管の内面には、突起が設けられていない平滑部が存在する。

突起のない平滑部において、伝熱管内の断面積は最大となる。すなわち、突起を設けている部分と突起を設けていない部分との間の内面形状の変化が最大となり、伝熱性能が向上する。一方、伝熱管内面に平滑部が存在しない場合は、伝熱管の内径が減少したものと同等効果となり、流体の流速が速くなること伝熱促進効果は得られるが、管内の圧力損失も大きくなる。

【0018】

第15発明に係る給湯用伝熱管は、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、突起は外部から力を加えることにより形成されるものであり、直線部には形成され、曲げ部には形成されない。

外部から力を加えることにより伝熱管の内面に突起を形成させる場合、外面が凹むともに対応する内面において管内に向け突起が形成されることが多い。また、一般的に、伝熱管に直線部と曲げ部を有している。曲げ部には、直線部における圧力損失に加えて曲げ部による付加的な圧力損失が存在する。ここで、曲げ部の内面にさらに突起を設けると、曲げ部における圧力損失がさらに増大されるおそれがある。また、曲げ作業過程で伝熱管外面の凹んだ部位に大きな変形が発生し、破損などが発生するおそれがある。そこで、直線部には突起を設け、曲げ部には突起を設けていない。

【0019】

第16発明に係る給湯用伝熱管は、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、突起は外部から力を加えることにより形成されるものであり、曲げ部においては、曲げられている面と交差する区間には形成されていない。

伝熱管の曲げ部において、曲げられている面と交差する部分の変形量がいちばん大きい

10

20

30

40

50

。そこで、伝熱管の曲げ部において、曲げられている面と交差する区間には突起を設けていない。例えば、伝熱管が水平面で曲げられている場合、曲げ部における水平面と交差する区間には突起を設けない。

【0020】

第17発明に係る給湯用伝熱管は、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、外部には流体に熱を供給する第2流体を流すための第2伝熱管が配置されており、外面には第2伝熱管が接触しており、突起は外面を凹ませることによって内面に形成されるものであって、第2伝熱管との接触部分以外の場所に形成されている。

ここでは、突起は外面を凹ませることによって内面に形成されるものであるため、内面に突起が形成された部位に対応する外面には凹みが形成されている。第2伝熱管と接触する部分に突起が形成される。すなわち外面に凹みが形成されると、伝熱管と第2伝熱管との接触が悪くなり、第2伝熱管からの伝熱効果が低下する。そこで、第2伝熱管との接触区間には突起を設けないようにすることで、第2伝熱管からの伝熱効果の低下を防ぐことができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】ヒートポンプ給湯器の模式図

【図2】水熱交換器の概略図。

【図3】伝熱管の平面図。

【図4】伝熱管の管内流れのレイノルズ数を表すグラフ。

【図5】(a)伝熱管の断面斜視図。(b)図5(a)のA-A矢視断面図。(c)図5(b)のB-B矢視断面図。

【図6】実験1の結果を示すグラフ図。

【図7】実験2の結果を示すグラフ図。

【図8】実験3の結果を示すグラフ図。

【図9】実験4に係る伝熱管の断面斜視図。

【図10】実験4の結果グラフ図。

【図11】実施例1に係る伝熱管の平面図。

【図12】(a)実施例2に係る伝熱管の平面図。(b)実施例2に係る伝熱管の斜視図。(c)実施例2のもう一つの伝熱管の斜視図。

【図13】実施例3に係る伝熱管の平面図。

【図14】実施例4に係る伝熱管の平面図。

【図15】実施例5に係る伝熱管の平面図。

【図16】実施例6に係る伝熱管の平面図。

【図17】実施例7に係る伝熱管の平面図。

【図18】実施例8に係る伝熱管の平面図。

【図19】(a)実施例9に係る伝熱管の平面図。(b)実施例9に係る伝熱管の斜視図。

【図20】実施例10に係る伝熱管の平面図。

【図21】(a)実施例11に係る伝熱管の平面図。(b)図21(a)のD-D矢視断面図。

【符号の説明】

【0022】

- 1 給湯サイクル
- 100 ヒートポンプ給湯器
- 2 冷媒サイクル
- 30 水熱交換器
- 31 伝熱管
- 311 水流入口
- 312 水流出口

10

20

30

40

50

3 1 3 , 4 1 3 , 5 1 3 , 6 1 3 突起

3 1 4 溝

3 1 5 小突起

3 2 冷媒管

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

本発明に係る給湯用伝熱管について、添付図及び実施例に基づいて説明する。

図1は、本発明の給湯用伝熱管を採用したヒートポンプ式給湯機の模式図である。ここで、ヒートポンプ式給湯機は、貯湯ユニット1とヒートポンプユニット2とを備えている。給湯ユニット1は、水道管11と、貯湯タンク12と、水循環用ポンプ13と、給水管3と、水熱交換器30を構成する伝熱管31と、温湯管16と、混合弁17と、給湯管18とが順に連結されている。ここでは、給水管11から貯湯タンク12に水道水が供給される。貯湯タンク12の底部から温度の低い水が水循環用ポンプ13より水熱交換器30の伝熱管31に供給され加熱される。加熱された温湯は、貯湯タンク12の上部に流入される。温湯管16を経て貯湯タンク12の上部から出湯される高温の温湯は、混合弁17により混合水管19の冷水と混合される。この混合弁17により給湯の温度が調節され、給湯管18によりユーザに供給される。

10

次に、ヒートポンプユニット2は冷媒循環回路を備え、この冷媒循環回路は、圧縮機21と、水熱交換器30と、膨張弁23と、空気熱交換器24とを、冷媒管32により順に接続して構成される。冷媒は圧縮機21により高圧に圧縮された後、水熱交換器30に送られる。水熱交換器30において熱交換された冷媒は、膨張弁23を通過し、空気熱交換器24へ供給される。冷媒は、周囲からの熱を吸収して圧縮機21に還流される。

20

図2は、ヒートポンプ給湯機における水熱交換器30の概略図である。図2に示すように、水熱交換器30は、伝熱管31と冷媒管32とによって構成されている。伝熱管31は、同一平面上において長円形状となるように渦巻き形状に形成され、水通路Wを形成している。冷媒管32は、伝熱管31の外周に螺旋状に巻き付けられ、冷媒通路Rを形成している。そして、伝熱管31における渦巻きの外周側を水流入口311、伝熱管31における渦巻きの中心側を水流出口312としている。水熱交換器30において、冷媒管32内の冷媒は、冷媒流入口322においてA22方向から流入し放熱する。その後、冷媒流出口321においてA21方向から流出する。水流入口311においてA11方向から供給された水道水はこの熱により加熱され、温湯となって水流出口312においてA12方向に流出する。

30

次に、伝熱管31について説明する。図3に示すように、伝熱管31の管内面には、高さがH1の複数の突起313が、管軸方向において20mmピッチ(図3のP参照)で上下対称に設けられている。図3においては、紙面方向から見て上方に設けられた突起313のみが表示されている。本実施例では、伝熱管31の水流入口311における水温は約10、水流出口312における水温は約90と設定されている。ここで、伝熱管における水の流量は約0.8L/minである。また、伝熱管の外径が8mm~14mm(内径が6mm~12mm)であることが好ましい。

伝熱管31の管内流のレイノルズ数 Re を、図4に表している。図4で示すように、伝熱管31の水流入口311におけるレイノルズ数 Re は約2000であり、管内の流れは層流域である。水の流れが進むにつれ、流入口311から流入された水は、図2に示す冷媒管32との熱交換を行い水温が高くなる。水温上昇により、水の粘性係数が小さくなり、レイノルズ数 Re は段々大きくなる。図4において、水流出口312におけるレイノルズ数 Re は約7000であって、管内流は層流から乱流への遷移領域に位置する。ここで、伝熱管31の管内面に設けられた複数の突起313が、伝熱性能の向上に与える影響及び圧力損失に与える影響を調べるため、以下の実験を行った。

40

【0024】

(1) 実験1

図5(a)は伝熱管31の断面斜視図である。実験1においては、内径Dが8mmの管

50

内面に、高さ H_1 が1.0mmの突起を、管軸方向のピッチ P が20mmになるように上下対称に設けている。図5(b)は、図5(a)のA-A矢視断面図であり、図5(c)は、図5(b)のB-B矢視断面図である。図5(a)及び図5(b)から分るように、突起313は伝熱管の外面を凹ませることによって内面に形成されるようになっている。また、図5(c)から分るように、突起313の横断面図の形状は楕円形になるように形成されている。ここで、伝熱管31の内面には、突起が設けられていない平面部31aが存在する。図6(a)は、管内の流れが層流域及び層流域から乱流域への遷移が発生する低レイノルズ数の区間の各レイノルズ数 Re において、突起を設けていない平滑管を採用した場合と、高さ H_1 が1mmの突起313を、管軸方向のピッチ P が20mmになるように上下対称に設けた場合の伝熱性能を表したものである。ここで、横軸はレイノルズ数 Re の値を表している。縦軸は、突起313を設けた伝熱管31のヌセルト数 Nu と、突起を設けていない平滑伝熱管のヌセルト数 Nu_0 との比(Nu/Nu_0)を表している。ここで、ヌセルト数は、固体壁から流体への熱の伝わりやすさの指標としての熱伝達率値を無次元化したものであり、その値が大きいほど、固体壁から流体へ熱が伝わりやすくなる。従って、 Nu/Nu_0 の値が大きいほど、突起による伝熱管の伝熱性能の向上が大きい。図6(a)から分るように、レイノルズ数 Re が4000以下の場合、高さ H_1 が1mmの突起313による伝熱性能の向上は明らかである。一方、レイノルズ数 Re が4000以上の場合、管内に設けた突起313による伝熱性能の向上は緩やかである。

図6(b)は、管内の流れが、層流域及び層流域から乱流域への遷移が発生する低レイノルズ数の区間の各レイノルズ数 Re において、突起を設けていない平滑管を採用した場合と、高さ H_1 が1mmの突起313を、管軸方向のピッチ P が20mmになるように上下対称に設けた伝熱管31を採用した場合の管内圧力損失の推移を表したものである。ここで、横軸はレイノルズ数 Re の値を表している。縦軸は、突起313を設けた伝熱管31のファニングの摩擦係数 f と突起を設けていない平滑管のファニングの摩擦係数 f_0 との比(f/f_0)を表している。ここで、ファニングの摩擦係数は、管内流れの圧力損失を表す無次元数であり、その値が大きいほど、管内流れの圧力損失は大きくなる。したがって、 f/f_0 の値が大きいほど、管内の水圧損失は大きくなる。図6(b)から分るように、レイノルズ数 Re が約2000である場合、すなわち管内の流れが層流域である場合は、突起313を設けた伝熱管31の管内圧力損失が突起を設けていない平滑管内の圧力損失と同等となっている。一方、レイノルズ数 Re が大きくなり、管内の流れが層流域から乱流域へ遷移するにつれ、管内面に設けた突起313による管内圧力損失が大きくなり、レイノルズ数 Re が4000以上の場合、ほぼ一定している。

【0025】

(2) 実験2

実験2においては、突起313の高さ H_1 が伝熱性能及び管内流れの圧力損失に与える影響を調べるため、管内面に設けた突起313の高さ H_1 を変更させながら実験を行った。図7(a)は、内径 D が8mmの伝熱管に、高さ H_1 が異なる突起を、管軸方向のピッチ P が20mmになるように上下対称に設けた場合の伝熱性能を表したものである。ここで、横軸は突起313の高さ H_1 の値を表している。縦軸は、突起313を設けた伝熱管31のヌセルト数 Nu と突起を設けていない平滑伝熱管のヌセルト数 Nu_0 との比(Nu/Nu_0)を表している。実線はレイノルズ数 Re が4000である場合、点線はレイノルズ数 Re が2000である場合の実験結果を表わしている。図7(a)から分るように、レイノルズ数 Re が4000及び2000の場合ともに、突起313の高さ H_1 が高くなるほど伝熱性能は向上する。また、図7(a)の点線から分るように、レイノルズ数 Re が2000の状態では、突起313の高さ H_1 が0.5mm以下の場合突起313による伝熱性能の向上はほとんど見られない。突起313の高さ H_1 が0.8mm以上になって、はじめて伝熱性能の向上効果が現れる。

図7(b)は、内径 D が8mmの伝熱管に、高さ H_1 が異なる突起を20mm(管軸方向)ピッチで上下対称に設けた場合の伝熱管全体の性能を表したものである。すなわち、伝熱性能の向上と圧力損失の抑制を総合的に考慮した性能を表す。ここで、横軸は突起の

10

20

30

40

50

高さの値を表している。縦軸は、突起を設けた伝熱管のヌセルト数 Nu と突起を設けていない平滑伝熱管のヌセルト数 Nu_0 との比 (Nu/Nu_0) を、突起を設けた伝熱管のファニングの摩擦係数 f と突起を設けていない平滑伝熱管のファニングの摩擦係数 f_0 との比 (f/f_0) で割った値を表している。上述したように、 Nu/Nu_0 の値が大きいほど伝熱性能が向上され、 f/f_0 の値が大きいほど管内の水圧損は大きくなる。したがって、 Nu/Nu_0 の値を f/f_0 の値で割った値が大きいほど、伝熱性能の向上が図れるとともに、突起が管内の圧力損失に与える影響が抑えられ、伝熱管全体の性能が向上したことになる。

図7(b)において、実線はレイノルズ数 Re が4000である場合、点線はレイノルズ数 Re が2000である場合の実験結果を表わしている。図7(b)から分るように、レイノルズ数 Re が2000及び4000の状態ともに、伝熱管内に設けられた突起の高さが0.8mmである場合、 Nu/Nu_0 の値を f/f_0 の値で割った値が一番大きく、突起の高さが2.0mmを超えるとその値は顕著に小さくなる。すなわち、低レイノルズ数区間では、突起の高さが0.8mm~2.0mmの範囲内である場合、伝熱管全体の性能向上が図れる。特に、突起の高さが0.9mm~1.2mmの範囲内であることが好ましい。

【0026】

(3) 実験3

実験3においては、突起313の高さ H_1 をそのまま指標とするのではなく、相対粗度 (H_1/D) を指標としている。この相対粗度 (H_1/D) が伝熱性能及び管内流れの圧力損失に与える影響を調べるため、相対粗度 (H_1/D) を変更させながら実験を行った。図8(a)は、レイノルズ数 Re が2000である状態及び4000である状態で、突起を設けていない平滑管を採用した場合と、相対粗度 (H_1/D) が異なる場合の伝熱性能を表したものである。ここで、横軸は相対粗度 (H_1/D) の値を表している。縦軸は、突起313を設けた伝熱管31のヌセルト数 Nu と突起を設けていない平滑伝熱管のヌセルト数 Nu_0 との比 (Nu/Nu_0) を表している。図8(a)から分るように、突起の相対粗度 (H_1/D) の値が大きいほど伝熱性能は向上する。また、図8(a)の点線から分るように、レイノルズ数2000の状態では、相対粗度 (H_1/D) の値が0.1以下では突起による伝熱性能の向上はほとんど見られない。

図8(b)は、突起を設けていない平滑管を採用した場合と、突起の相対粗度 (H_1/D) が異なる場合の伝熱管全体の性能を表したものである。ここで、横軸は相対粗度 (H_1/D) の値を表している。縦軸は、突起を設けた伝熱管のヌセルト数 Nu と突起を設けていない平滑伝熱管のヌセルト数 Nu_0 との比 (Nu/Nu_0) を、突起を設けた伝熱管のファニングの摩擦係数 f と突起を設けていない平滑伝熱管のファニングの摩擦係数 f_0 との比 (f/f_0) で割った値を表している。上述したように、 Nu/Nu_0 の値が大きいほど伝熱性能が向上され、 f/f_0 の値が大きいほど管内の水圧損は大きくなる。したがって、 Nu/Nu_0 の値を f/f_0 の値で割った値が大きいほど、熱伝達率の向上を図るとともに、突起が管内の圧力損失に与える影響を抑え、伝熱管全体の性能が向上したことになる。図8(b)から分るように、レイノルズ数 Re が2000、及び4000の状態ともに、伝熱管内に設けられた突起の相対粗度 (H_1/D) が0.1である場合、 Nu/Nu_0 の値を f/f_0 の値で割った値が一番大きく、突起の相対粗度 (H_1/D) が0.25を超えるとその値は顕著に小さくなる。すなわち、低レイノルズ数 Re の区間では、突起の相対粗度 (H_1/D) が0.1~0.25の範囲内である場合は、伝熱管全体の性能向上が図れる。特に、突起の相対粗度 (H_1/D) が0.11~0.15の範囲内であることが好ましい。

【0027】

(4) 実験4

実験4においては、図9に示す伝熱管41と図5に示す伝熱管31との比較を行った。ここで、図9に示す伝熱管41は、内径 D が8mmの管内面に、深さが0.2mmの溝42が設けられたものである。ここで、溝42は線で表わしている。一方、図5に示すよう

10

20

30

40

50

に伝熱管 3 1 は、高さが H 1 の複数の突起 3 1 3 が、ピッチ P が 2 0 mm になるように上下対称に設けたものである。図 1 0 (a) は、管内の流れが層流域及び層流域から乱流域への遷移が発生する低レイノルズ数の区間の各レイノルズ数 Re において、伝熱管 4 1 を採用した場合と、伝熱管 3 1 を採用した場合の伝熱性能を表したものである。ここで、横軸はレイノルズ数 Re の値を表している。縦軸は、伝熱管 3 1 及び伝熱管 4 1 のヌセルト数 Nu と突起を設けていない平滑伝熱管のヌセルト数 Nu_0 との比 (Nu / Nu_0) を表している。ここで、実線は伝熱管 3 1 を採用した際の実験データであり、点線は伝熱管 4 1 を採用した際の実験データである。図 1 0 (a) から分るように、レイノルズ数 Re が 7 0 0 0 未満の場合、突起 3 1 3 が設けられた伝熱管 3 1 による伝熱性能の向上が、溝 4 2 が設けられた伝熱管 4 1 による伝熱性能の向上より顕著である。一方、レイノルズ数 Re が 7 0 0 0 以上の場合、溝 4 2 が設けられた伝熱管 4 1 による伝熱性能の向上が、突起 3 1 3 が設けられた伝熱管 3 1 による伝熱性能の向上より顕著である。

図 1 0 (b) は、管内の流れが層流域及び層流域から乱流域への遷移が発生する低レイノルズ数の区間の各レイノルズ数 Re において、伝熱管 4 1 を採用した場合と、伝熱管 3 1 を採用した場合の管内圧力損失を表したものである。ここで、横軸はレイノルズ数 Re の値を表している。縦軸は、伝熱管 3 1 及び伝熱管 4 1 のファニングの摩擦係数 f と突起を設けていない平滑伝熱管のファニングの摩擦係数 f_0 との比 (f / f_0) を表している。ここで、実線は伝熱管 3 1 を採用した際の実験データであり、点線は伝熱管 4 1 を採用した際の実験データである。図 1 0 (b) から分るように、伝熱管 3 1 においては、レイノルズ数 Re が約 2 0 0 0 である場合、すなわち管内の流れが層流域である場合は、平滑管内の圧力損失と同等となっている。一方、レイノルズ数 Re が大きくなり、管内の流れが層流域から乱流域へ遷移するにつれ、管内面に設けた突起 3 1 3 による管内圧力損失が大きくなる。一方、伝熱管 4 1 においては、管内の流れが層流域および / または層流域から乱流域へ遷移領域のすべての区間において、管内圧力損失が平滑管内の圧力損失より大きくなっている。また、管内の流れが層流域および / または層流域から乱流域へ遷移領域のすべての区間において、伝熱管 4 1 における管内圧力損失が伝熱管 3 1 における管内圧力損失より高くなっている。上記実験データから分るように、伝熱管 3 1 の伝熱管全体の性能が伝熱管 4 1 より高い。

本発明に係る給湯用伝熱管の異なる構造については、下記の実施例でさらに説明する (下記の実施例における内径 D 、突起の高さ $H 1$ 、 $H 2$ 、ピッチ及び溝の深さなどの値は単に例示したものであり、実施例において特許請求の範囲に記載された各パラメータの数値範囲及び上記各実験で用いた値を用いることも可能である。)

【 0 0 2 8 】

< 実施例 1 >

実施例 1 では、内径 D が 8 mm の管内面に、高さ $H 1$ が 1 mm の突起を、管軸方向のピッチ P が 2 0 mm になるように上下対称に設けている伝熱管 3 1 を使用した。実施例 1 の伝熱管 5 1 では、図 1 1 で示すように、高さ $H 1$ が 1 . 0 mm の突起 5 1 3 の間には、高さ $H 2$ が 0 . 3 mm の小突起 5 1 5 を設けている。低レイノルズ数域においては、小さい突起より大きい突起の方が熱伝達率の向上に貢献するが、高レイノルズ数域においては、大きい突起より小さい突起の方が熱伝達率の向上に貢献する。そこで、高さ $H 1$ が 1 . 0 mm の突起 5 1 3 の間に、高さ $H 2$ が 0 . 3 mm の小突起 5 1 5 を設けることにより、レイノルズ数が低い区間では突起 5 1 3 により伝熱性能が向上され、レイノルズ数が高い区間では小突起 5 1 5 による伝熱性能の向上の相乗効果が図られることにより、熱交換器全体の性能が向上する。

【 0 0 2 9 】

< 実施例 2 >

図 1 2 に示すように、実施例 2 で採用した伝熱管 6 1 は、管内面上螺旋 $C 1$ に沿って突起 6 1 3 を設けている。図 1 2 (a) は、伝熱管 6 1 の平面図であり、図 1 2 (b) は伝熱管 6 1 の斜視図である。ここで、突起 6 1 3 の高さ $H 1$ は 1 . 0 mm、円周方向のピッチ $P 1$ は 6 mm、管軸方向のピッチ $P 2$ は 6 mm である。

図12(c)に示す伝熱管62は、高さH1が1.0mmの突起623の間に、高さH2が0.3mmの小突起625を設けたものである。ここで、円周方向のピッチP3は2mm、管軸方向のピッチP4は2mmである。

【0030】

<実施例3>

図13に示すように、実施例3で採用した伝熱管63は、突起633が設けられている区間63aと、突起が設けられていない区間63bを有する。ここで、突起が設けられていない区間63bは、水の流出口632近傍に位置する区間である。伝熱管63の流出口632近傍では、流体である水の温度が高く、管壁にスケールが付着するおそれがある。このような区間に突起部を設けた場合、スケールの付着が促進される場合がある。そこで、水温が高い水流出口632近傍に位置する区間63bには、突起を設けられないことにより、スケールの発生が抑えられる。

10

【0031】

<実施例4>

図14に示すように、実施例4で採用した伝熱管64は、深さが0.2mmの溝644が設けられた溝付き管に高さH1が1.0mmの突起643を、管軸方向のピッチPが20mmになるように上下対称に設けている。ここで、溝644は線で表わしている。ここでは、溝644が設けられている管に突起643を設けることで、溝644と突起643による伝熱管全体の相乗効果が計られる。

【0032】

<実施例5>

図15に示すように、実施例5で採用した伝熱管65は、区間65a、区間65bより構成されている。水流出口652の近傍に位置する区間65bには平滑管を採用し、その他の区間65aには、深さが0.2mmの溝654が設けられた溝付き管に高さH1が1.0mmの突起653を設けている。溝654は線で表わしている。溝654と突起653による伝熱管全体の相乗効果が計られるとともに、水温が高い水流出口652近傍に位置する区間65bにおけるスケールの発生が抑えられる。

20

【0033】

<実施例6>

図16に示すように、実施例6で採用した伝熱管66は、区間66a、区間66b、区間66cの3区間から構成されている。水流入口661から管内のレイノルズ数Reが4000までの区間66aには、深さが0.2mmの溝664が設けられた溝付き管に高さH1が1.0mmの突起663を設けたものを採用し、水流出口662の近傍に位置する区間66cには溝も突起も設けていない平滑管を採用し、区間66aと区間66cの間には溝664の深さが0.2mmの溝付き管66bを採用している。ここで、溝664は線で表わしている。ここでは、レイノルズ数が低い区間では突起663と溝664により伝熱性能が向上され、レイノルズ数が高い区間では溝664による伝熱性能の向上の相乗効果が図られることにより、熱交換器全体の性能が向上する。また、水温が高い水流出口662近傍に位置する区間66cにおけるスケールの発生が抑えられる。

30

【0034】

<実施例7>

図17に示すように、実施例7で採用した伝熱管67は、区間67a、区間67b、区間67cの3区間から構成されている。水流入口671から管内のレイノルズ数Reが4000までの区間67aには、高さH1が1.0mmの突起673を設けたものを採用し、水流出口662の近傍に位置する区間67cには平滑管を採用し、区間67aと区間67cの間には溝674の深さが0.2mmの溝付き管67bを採用している。ここで、溝674は線で表わしている。ここでは、レイノルズ数が低い区間では突起673により伝熱性能が向上され、レイノルズ数が高い区間では溝674による伝熱性能の向上の相乗効果が図られることにより、熱交換器全体の性能が向上する。また、水温が高い水流出口672近傍に位置する区間67cにおけるスケールの発生が抑えられる。

40

50

【 0 0 3 5 】

< 実施例 8 >

図 1 8 に示すように、実施例 8 で採用した伝熱管 6 8 は、直線部 6 8 4 には突起 6 8 3 を設けているが、曲げ部 B 1 ~ B 7 には突起を設けていない。曲げ部 B 1 ~ B 7 の内面に突起を設けることによる管内圧力損失の増大を回避し、また曲げ作業過程における大きな変形、破損などの発生を回避できる。

【 0 0 3 6 】

< 実施例 9 >

図 1 9 (a) は、実施例 9 で採用した伝熱管 6 9 の平面図を示したものであり、図 1 9 (b) は、伝熱管 6 9 の斜視図を示したものである。ここで、直線部 6 9 4 には突起 6 9 3 が設けられているが、曲げ部 C - C において、曲げられている面 S 1 と交差する区間 6 9 5 には突起を設けていない。

10

【 0 0 3 7 】

< 実施例 1 0 >

図 2 0 に示すように、実施例 1 0 で採用した伝熱管 7 0 は、伝熱管の外面 7 1 と冷媒管 7 2 との接触部位には突起を設けていない。冷媒管 7 2 が巻かれる部位に対応する管外面に凹みが設けられると、冷媒管 7 2 と伝熱管外面 7 1 との接触が悪くなり、冷媒管 7 2 からの伝熱効果が低下するおそれがある。そこで、冷媒管 7 2 が巻き付けられていない部位に突起 7 1 3 を設けることで、冷媒管 7 2 からの伝熱効果の低下を防ぐことができる。

【 0 0 3 8 】

< 実施例 1 1 >

図 2 1 (a) は、実施例 1 1 で採用した伝熱管 8 0 の平面図を示したものであり、図 2 1 (b) は、図 2 1 (a) の D - D 矢視断面図である。図 2 1 (a) に示すように、高さ H 1 が 1 . 0 mm の突起 8 1 3 は、管軸方向のピッチ P 1 が 2 0 mm、円周方向のピッチ P 2 が約 6 mm になるように上下左右対称に設けている。

20

【 0 0 3 9 】

< 発明の効果 >

以上の説明で述べたように、本発明によれば、以下の効果が得られる。

第 1 発明では、内部を流れる流体のレイノルズ数 Re が 7 0 0 0 未満の区間に位置する部分の内面の少なくとも一部に、高さ H 1 が 0 . 8 mm ~ 2 . 0 mm である複数の突起を設けている。これにより、管内の流れが層流域及び層流域から乱流域への遷移が発生する低レイノルズ数の区間でも、管内に設けた突起による熱伝達率の向上が図られるとともに、突起が管内の圧力損失に与える影響が抑えられ、伝熱管全体の性能が向上する。特に、突起の高さが 0 . 9 mm ~ 1 . 2 mm の範囲内であることが好ましい。また、伝熱管は外径が 8 mm ~ 1 4 mm (内径が 6 mm ~ 1 2 mm) であることが好ましい。

30

【 0 0 4 0 】

第 2 発明では、内部を流れる流体のレイノルズ数 Re が 7 0 0 0 未満の区間に位置する部分の内面の少なくとも一部に、高さ H 1 が内径 D の 0 . 1 ~ 0 . 2 5 倍である複数の突起を設けている。これにより、管内の流れが層流域及び層流域から乱流域への遷移が発生する低レイノルズ数の区間でも、管内に設けた突起による熱伝達率の向上が図られるとともに、突起が管内の圧力損失に与える影響が抑えられ、伝熱管全体の性能が向上する。特に、突起の相対粗度 ($H 1 / D$) が 0 . 1 1 ~ 0 . 1 5 の範囲内であることが好ましい。

40

【 0 0 4 1 】

第 3 発明では、給湯用熱交換器に用いられる伝熱管において、内部を流れる流体である水が流入する流入口の近傍に位置する部分の内面に、高さ H 1 が 0 . 8 mm ~ 2 . 0 mm である複数の突起を設けている。その結果、管内に設けた突起による熱伝達率の向上が図られるとともに、突起が管内の圧力損失に与える影響が抑えられ、伝熱管全体の性能が向上する。特に、突起の高さが 0 . 9 mm ~ 1 . 2 mm の範囲内であることが好ましい。

【 0 0 4 2 】

第 4 発明では、給湯用熱交換器に用いられる伝熱管において、内部を流れる流体である

50

水が流入する流体流入口の近傍に位置する部分の内面に、高さ H_1 が内径 D の $0.1 \sim 0.25$ 倍である複数の突起を設けている。これにより、管内に設けた突起による熱伝達率の向上が図られるとともに、突起が管内の圧力損失に与える影響が抑えられ、伝熱管全体の性能が向上する。特に、突起の相対粗度(H_1/D)が $0.11 \sim 0.15$ の範囲内であることが好ましい。

【0043】

第5発明では、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、内部を流れる流体の流速が $0.1 \text{ m/s} \sim 0.6 \text{ m/s}$ である。ここで、管内の流体の流速が 0.1 m/s 未満である場合、伝熱管の熱伝達率が極めて低い。一方、管内の流体の流速が 0.6 m/s を超えると、管内の摩擦係数が大きくなり、管内の圧力損失が大きくなる。そこで、内部を流れる流体の流速範囲を $0.1 \text{ m/s} \sim 0.6 \text{ m/s}$ とする。その結果、管内に設けた突起による熱伝達率の向上が図られるとともに、突起が管内の圧力損失に与える影響が抑えられ、給湯用伝熱管全体の性能が向上する。

10

【0044】

第6発明では、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、突起の任意の高さにおける断面形状は、円形、楕円形もしくは近似円形のような滑らかな曲線で構成されている。

ここでは、突起の外周面が滑らかな曲面で形成されているため、突起の形状が鋭角状であるものに比べて剥離渦の発生を抑えることができ、管内流体の圧力損失による影響が抑えられ、伝熱管全体の性能が向上する。

20

【0045】

第7発明では、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、流体が流出する流体流出口の近傍に位置する区間には、突起が設けられていない。

伝熱管の流体流出口部では、流体の温度が高く、例えば流体が水である場合、管内面にスケールが付着するおそれがある。このような区間に突起を設けると、突起によりスケールの付着が促進される場合がある。そこで、流体の温度が高い流体流出口近傍に位置する区間には、突起が設けられていない管、例えば平滑管を使用することにより、スケールの発生を抑える。

【0046】

第8発明では、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、突起の高さ H_1 よりも溝深さの浅い溝が内面に形成されている。

30

低レイノルズ数域においては、管内面に設けられた突起のうち、小さい突起より大きい突起の方が熱伝達率の向上に貢献する。そこで、管内に溝付き管の溝の深さより高い突起を設けることで伝熱効果の向上を図る。一方、高レイノルズ数域においては、突起の高さより深さの浅い溝の方が熱伝達率の向上に貢献する。そこで、高レイノルズ域においては、突起の高さより溝深さの浅い溝が内面に形成されている溝付き管を採用することにより、伝熱管の伝熱性能がさらに向上する。

【0047】

第9発明では、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、複数の突起は、管軸方向に平行して設けられている。

40

管軸方向に突起を設けることにより、伝熱促進が連続しておこなえる。また、流体の流れは管軸方向に直線的に流れるため、圧力損失の増加が小さく、伝熱管全体の性能が向上する。

【0048】

第10発明では、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、複数の突起は、螺旋状に設けられている。

螺旋状に突起を設けることにより、管内の流体の流れに旋回が発生し、流体の通過長さが長くなり、伝熱性能がさらに向上する。

【0049】

第11発明では、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、複

50

数の突起は、伝熱管の径方向の対向する位置で一对となるように設けられている。

径方向の対向する位置で一对となるように突起を設けることにより、突起付近の断面積が減少し、流体の混合が促進され、伝熱性能がさらに向上される。

【0050】

第12発明では、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、複数の突起のピッチPと伝熱管内径Dとの比は0.5～1.0である。

突起のピッチPと伝熱管内径Dとの比を0.5～1.0にすることで、伝熱促進効果を維持しつつ、圧力損失の増加が小さく、伝熱管全体の性能が向上する。特に、伝熱管の突起ピッチPと伝熱管内径Dとの比を0.8～4にしたほうが好ましい。

【0051】

第13発明では、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、複数の突起間には、高さH2が0.8mm未満の小突起が設けられている。

低レイノルズ数域においては、小さい突起より大きい突起の方が熱伝達率の向上に貢献するが、高レイノルズ数域においては、大きい突起より小さい突起の方が熱伝達率の向上に貢献する。ここでは、大きな突起の間に小さな突起（小突起）を設けることにより、レイノルズ数が低い区間では大きな突起により伝熱性能が向上され、レイノルズ数が高い区間では小突起による伝熱性能の向上の相乗効果が図られることにより、熱交換器全体の性能が向上する。

【0052】

第14発明では、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、伝熱管の内面には、突起が設けられていない平面部が存在する。

突起を設けていない平面部が存在することにより、伝熱管の内面形状の変化が最大となり、伝熱性能が向上する。

【0053】

第15発明では、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、突起は外部から力を加えることにより形成されるものであり、直線部には形成され、曲げ部には形成されない。

外部から力を加えることにより伝熱管の内面に突起を形成させる場合、外面が凹むとともに対応する内面において管内に向け突起が形成されることが多い。また、一般的に、伝熱管は直線部と曲げ部を有している。曲げ部には、直線部における圧力損失に加えて曲げ部による付加的な圧力損失が存在する。ここで、曲げ部の内面にさらに突起を設けると、曲げ部における圧力損失がさらに増大されるおそれがある。また、曲げ作業過程で伝熱管外面の凹まれた部位に大きな変形が発生し、破損などが発生するおそれがある。そこで、直線部には突起を設け、曲げ部には突起を設けていない。

【0054】

第16発明では、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、突起は外部から力を加えることにより形成されるものであり、曲げ部においては、曲げられている面と交差する区間には形成されていない。

伝熱管の曲げ部において、曲げられている面と交差する部分の変形量がいちばん大きい。そこで、伝熱管の曲げ部において、曲げられている面と交差する区間には突起を設けていない。例えば、伝熱管が水平面で曲げられている場合、曲げ部における水平面と交差する区間には突起を設けない。

【0055】

第17発明では、第1発明から第4発明のいずれかに記載の給湯用伝熱管において、外部には流体に熱を供給する第2流体を流すための第2伝熱管が配置されており、外面には第2伝熱管が接触しており、突起は外面を凹ませることによって内面に形成されるものであって、第2伝熱管との接触部分以外の場所に形成されている。

ここでは、突起は外面を凹ませることによって内面に形成されるものであるため、内面に突起が形成された部位に対応する外面には凹みが形成されている。第2伝熱管と接触する部分に突起が形成される、すなわち外面に凹みが形成されると、伝熱管と第2伝熱管と

10

20

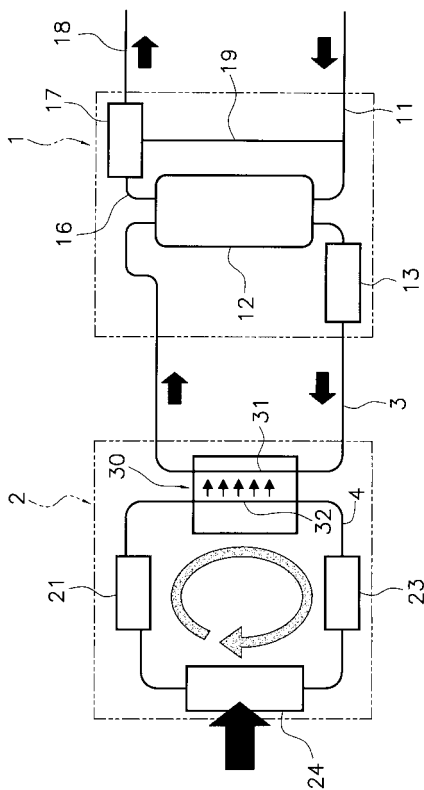
30

40

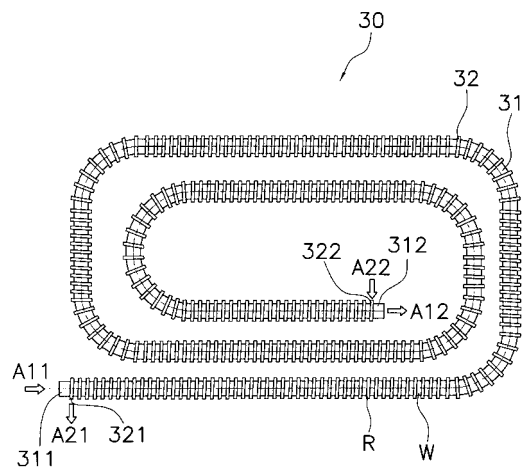
50

の接触が悪くなり、第2伝熱管からの伝熱効果が低下する。そこで、第2伝熱管との接触区間には、突起を設けないようにすることで、第2伝熱管からの伝熱効果の低下を防ぐことができる。

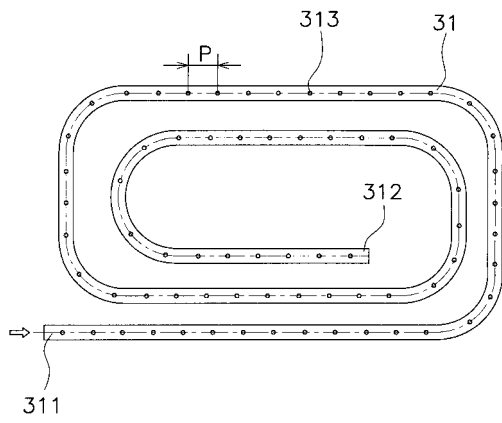
【図1】



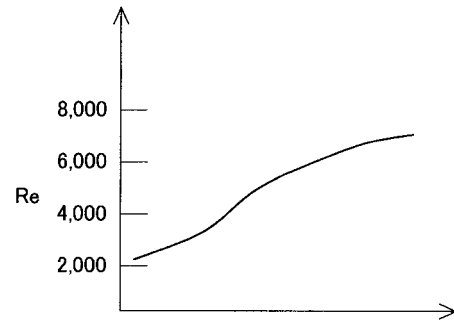
【図2】



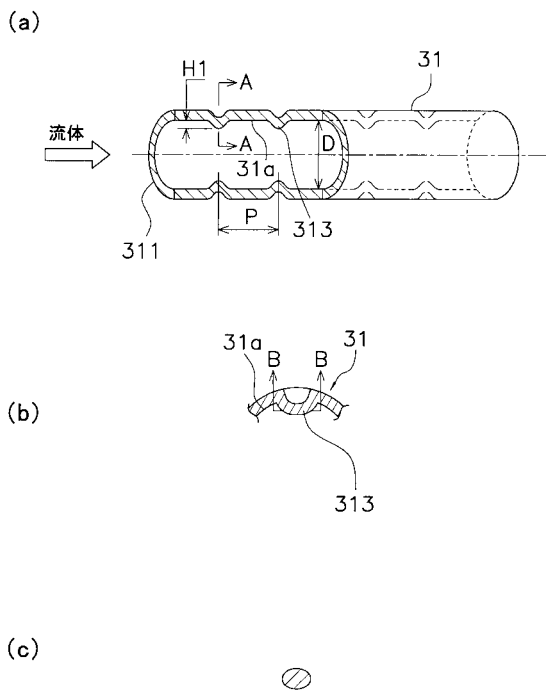
【 図 3 】



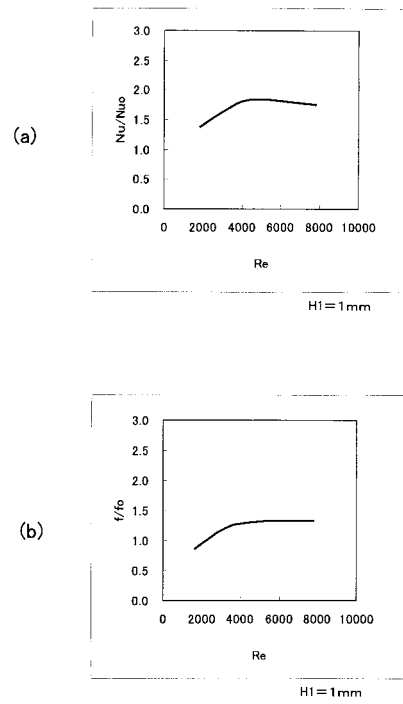
【 図 4 】



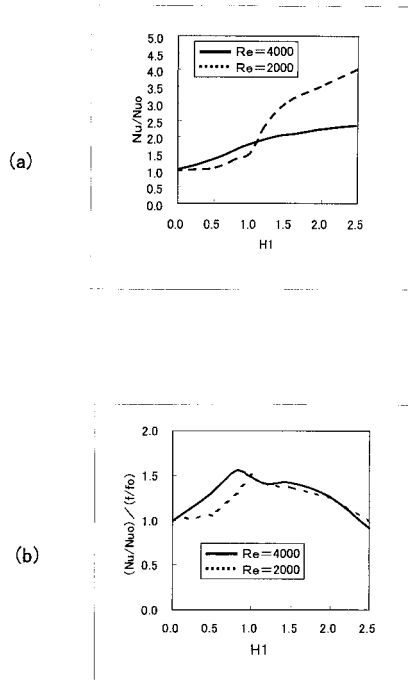
【 図 5 】



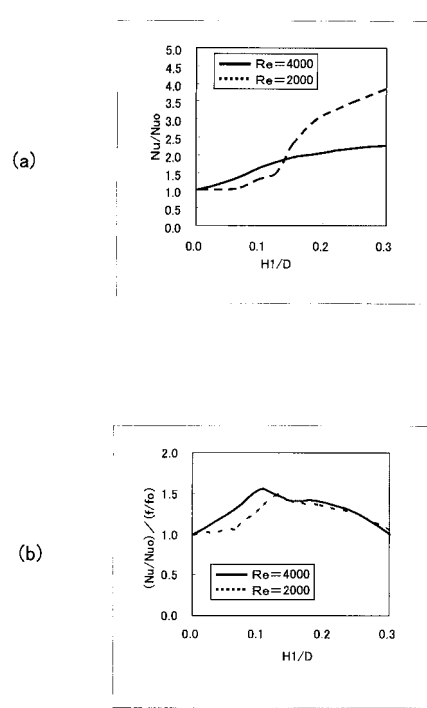
【 図 6 】



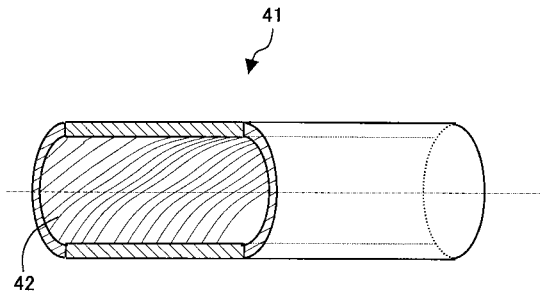
【 図 7 】



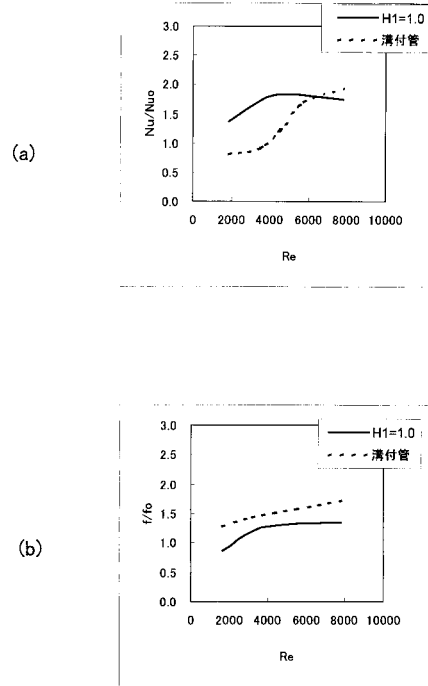
【 図 8 】



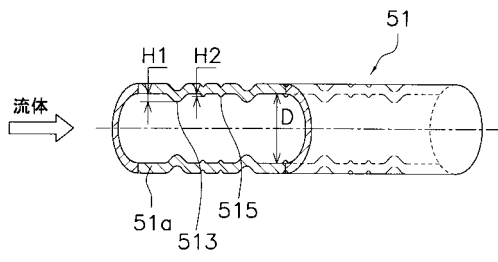
【 図 9 】



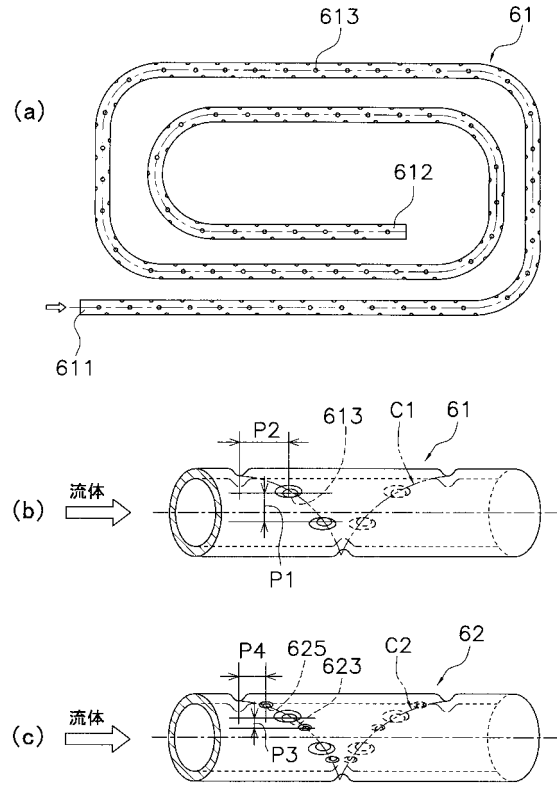
【 図 10 】



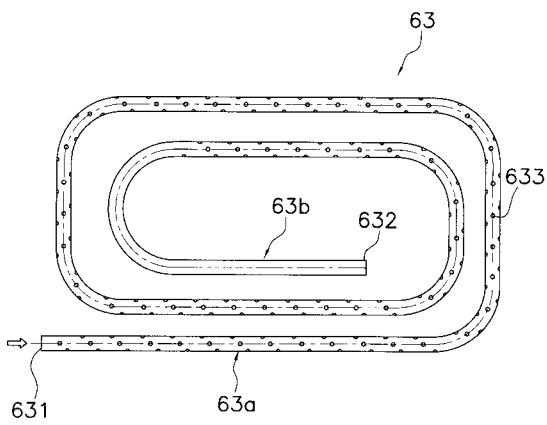
【 図 1 1 】



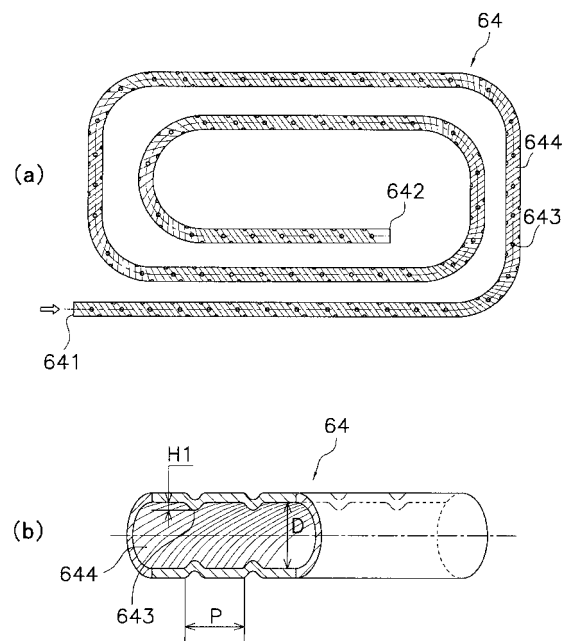
【 図 1 2 】



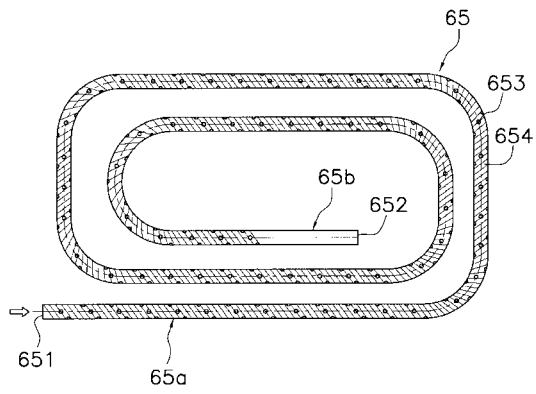
【 図 1 3 】



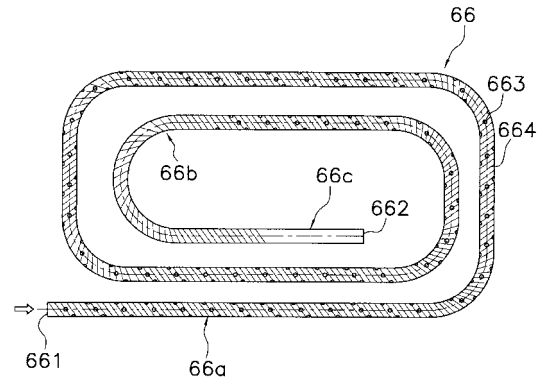
【 図 1 4 】



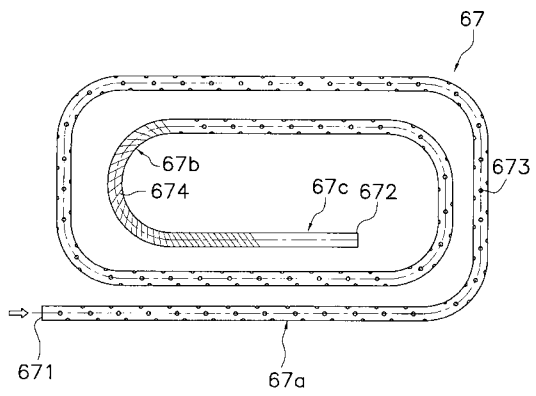
【 図 1 5 】



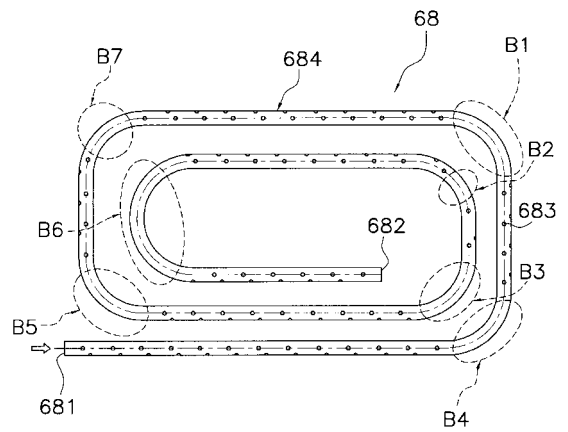
【 図 1 6 】



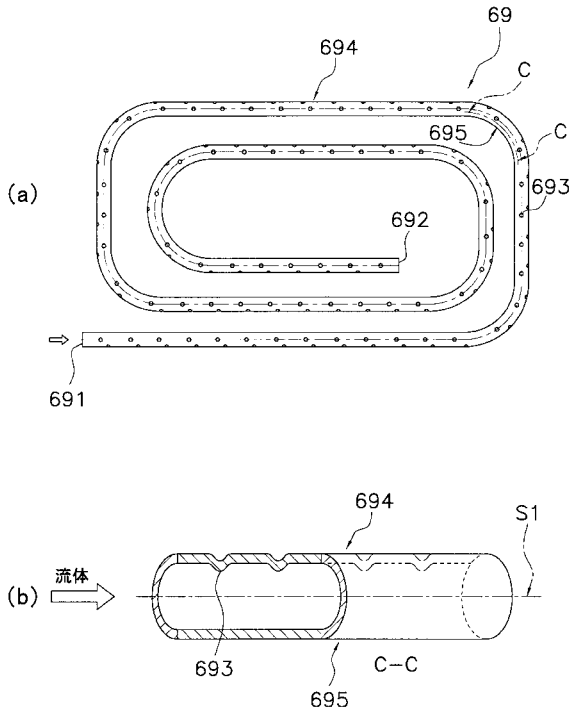
【 図 1 7 】



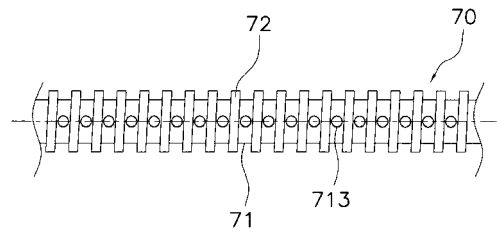
【 図 1 8 】



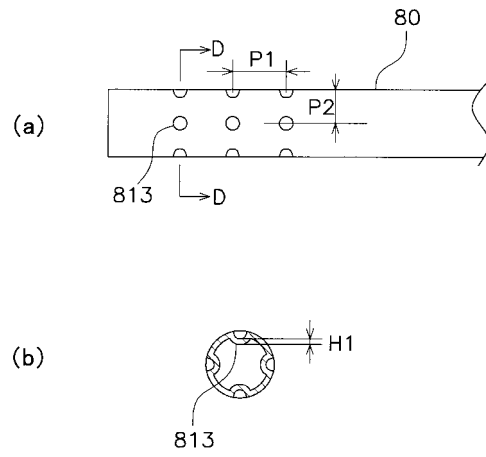
【 図 1 9 】



【 図 2 0 】



【 図 2 1 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2005/008609
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl ⁷ F28F1/10, F28F13/12, F28D7/02 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl ⁷ F28F1/10, F28F13/12, F28D7/02 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-009833 A (Hitachi Cable, Ltd.), 13 January, 2005 (13.01.05), Page 3, line 27 to page 4, line 48; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-16
Y	JP 61-289293 A (Hitachi, Ltd.), 19 December, 1986 (19.12.86), Page 2, upper right column, line 17 to lower left column, line 11; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-16
Y	JP 2003-056995 A (Komatsu Electronics Kabushiki Kaisha), 26 February, 2003 (26.02.03), Page 3, column 3, lines 30 to 34; page 6, column 9, lines 2 to 44; Figs. 9 to 11 (Family: none)	3-4, 7, 14-16
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 04 August, 2005 (04.08.05)		Date of mailing of the international search report 23 August, 2005 (23.08.05)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/008609

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 09-243284 A (Kubota Corp.), 19 September, 1997 (19.09.97), Page 5, column 7, line 11 to column 8, line 22; Figs. 6 to 8 (Family: none)	8-9, 11

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2005/008609									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. ⁷ F28F 1/10, F28F 13/12, F28D 7/02											
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. ⁷ F28F 1/10, F28F 13/12, F28D 7/02											
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2005年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2005年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2005年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2005年	日本国実用新案登録公報	1996-2005年	日本国登録実用新案公報	1994-2005年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2005年										
日本国実用新案登録公報	1996-2005年										
日本国登録実用新案公報	1994-2005年										
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)											
C. 関連すると認められる文献											
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号									
Y	JP 2005-009833 A (日立電線株式会社) 2005.01.13 第3ページ 第27行目-第4ページ 第48行目、図1-図3 (ファミリーなし)	1-16									
Y	JP 61-289293 A (株式会社日立製作所) 1986.12.19 第2ページ 右上欄 第17行目-左下欄 第11行目、第1図-第4図 (ファミリーなし)	1-16									
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。									
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献											
国際調査を完了した日 04.08.2005		国際調査報告の発送日 23.8.2005									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 荻司 英史 電話番号 03-3581-1101 内線 3377	3M 9530								

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2005/008609
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2003-056995 A (小松エレクトロニクス株式会社) 2003.02.26 第3ページ 第3欄 第30行目-第34行目、第6ページ 第9欄 第2行目-第44行目、図9-図11 (ファミリーなし)	3-4、7、 14-16
Y	J P 09-243284 A (株式会社クボタ) 1997.09.19 第5ページ 第7欄 第11行目-第8欄 第22行目、図6-図8 (ファミリーなし)	8-9、11

フロントページの続き

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード(参考)
F 2 8 D	7/00	(2006.01)	F 2 4 H 9/00	A
			F 2 8 D 7/00	A

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72) 発明者 孟 継安

中華人民共和国北京市海淀区清華園 清華大学内

(72) 発明者 沼田 光春

日本国大阪府堺市金岡町1304番地 ダイキン工業株式会社 堺製作所 金岡工場内

(72) 発明者 笠井 一成

日本国大阪府堺市金岡町1304番地 ダイキン工業株式会社 堺製作所 金岡工場内

Fターム(参考) 3L036 AA06

3L103 AA35 AA37 BB43 CC02 CC30 DD05 DD06 DD09 DD36

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。